

46. GLI SPETTRI γ E X DEI DERIVATI DEL RADON NELLA REGIONE DA 700 A 1300 U. X.

1. - I processi normalmente utilizzati per lo studio degli spettri γ non sono applicabili nel caso di una radiazione molto molle (dell'ordine di 1000 U.X.). Infatti, a causa di difficoltà di carattere tecnico, i metodi basati sull'analisi dello spettro β o sull'effetto Compton non sono mai stati applicati a energie così basse; d'altra parte il metodo d'assorbimento non può dare che indicazioni approssimative poichè si ha a che fare con una zona spettrale particolarmente ricca di righe.

È a causa di ciò che questa regione dello spettro γ non è stata studiata finora altro che con il metodo della spettrografia cristallina. Le prime ricerche si devono a Rutherford e Andrade ⁽¹⁾ e a Rutherford e Wooster ⁽²⁾. Io ho intrapreso qualche anno fa ⁽³⁾ uno studio sistematico dello spettro dei raggi γ e X emessi dal radon e dai suoi discendenti nella regione da 700 a 1300 U.X.; però la piccola quantità di emanazione di cui potevo allora disporre non mi ha permesso di procedere nella ricerca. Non è che di recente e grazie ai grandi mezzi del Laboratorio di Fisica dell'Istituto di Sanità Pubblica, che ho potuto ultimare questa analisi.

Hulubei e Cauchois hanno pubblicato nel 1939 i risultati di uno studio simile ⁽⁴⁾ di cui la conclusione più importante era l'esistenza di un elemento a numero atomico 85 fra i prodotti originati dal radon.

Si vedrà più oltre come le nostre ricerche hanno permesso di confermare la conclusione di Hulubei e Cauchois e di constatare inoltre fra i prodotti provenienti dal radon un nuovo elemento: quello a numero atomico 87.

2. - In una prima nota abbiamo descritto il metodo spettrografico usato, come pure le condizioni sperimentali. Aggiungo soltanto che la distanza cristallo-sorgente ha variato da 27 a 50 cm. e che per lo studio delle righe più deboli si è dovuto ridurre l'apertura del fascio incidente

sul cristallo, ciò che, per conseguenza, riduce il velo generale sulle lastre: naturalmente anche la regione spettrale studiata viene notevolmente ridotta, di modo che in certe prove si poteva studiare appena una regione di 10 U.X. Si procedeva allora nel modo seguente: si faceva una lunga posa per la regione che si desiderava studiare ed una piccola posa per una regione che possedesse una riga forte, in modo da avere sulla stessa lastra una riga campione oltre alle righe da misurare. Osserviamo che poichè certe pose sono state molto lunghe (fino a 13 giorni) non abbiamo potuto per mancanza di tempo, studiare tutta la regione spettrale con la stessa profondità. Ci si può pertanto attendere che in questa regione spettrale esistano anche altre righe della stessa intensità di quelle che noi indichiamo come molto deboli.

Poichè durante l'inverno la superficie del cristallo di salgemma si guastava molto spesso, siamo stati obbligati a coprire il cristallo con un sottile strato di vasellina. Benchè certi autori consiglino di preparare la superficie del cristallo sfregandola su di un pezzo di carta o di pelle di camoscio bagnata con acqua contenente in soluzione del cloruro sodico, abbiamo potuto constatare che l'acqua deve essere il più pura possibile; quando infatti si adopera una soluzione salina, la superficie ottenuta pre-

TABELLA I.

Riga in U.X.	Intensità	Ordine dello spettro	Riga in U.X.	Intensità	Ordine del'o spettro	Riga in U.X.	Intensità	Ordine dello spettro
714,0	m. d.	—	921	m.	primo	1056,0	d.	—
760,0	d.	—	924	m.	»	1082,0	m. d.	—
765,0	m.	primo	928	m. d.	—	1111,3	m.	primo
776,0	m. d.	—	933	d.	—	1119,0	d.	—
785,0	d.	—	937	m.	primo	1123,0	d.	—
789,0	f.	primo	946	d.	»	1141,5	f.	primo
794,0	m.	»	950	f.	»	1153,0	m.	»
811,4	f.	»	952	f.	»	1164,0	d.	superiore
820,0	d.	»	960	d.	—	1172,0	d.	primo
825,0	d.	»	963	d.	—	1184,0	m. d.	—
838,0	m.	»	967	d.	—	1197,0	m. d.	—
865,0	m. d.	—	975	m.	primo	1206,0	m. d.	—
875,0	m. d.	—	980	m. d.	—	1238,0	m. d.	—
880,0	m. d.	—	985	m. d.	—	1257,0	m. d.	—
892,0	m. d.	—	992	d.	—	1282,0	m. d.	—
897,0	d.	—	1006	m. d.	—	1293,0	m.	primo
907,0	m. d.	—	1023	m. d.	—	1302,0	d.	»
917,0	d.	—	1027	m. d.	—	1314,0	m.	»

senta un potere di riflessione molto più debole. Inoltre, e sempre allo scopo di diminuire l'azione dell'umidità atmosferica sul cristallo, abbiamo messo nella sala dove era montato lo spettrografo, una grande quantità di calce viva.

3. - Presentiamo nella Tabella I le righe osservate nella regione spettrale da 700 a 1300 U.X. Per quel che concerne l'intensità delle righe, le abbiamo classificate sotto le designazioni: forte (f) media (m), debole (d) e molto debole (md); tuttavia la classificazione delle righe secondo la loro intensità, per ragioni che abbiamo indicato nel nostro precedente lavoro, è molto incerta, soprattutto quando si tratta di confrontare regioni spettrali lontane fra loro. In ogni caso si può dire che le righe deboli e molto deboli hanno una intensità inferiore all'1 % della riga più intensa di tutto lo spettro $L\alpha_1$ (83) 1141,5 U.X.

Le lunghezze d'onda delle righe forti e medie sono state determinate con l'aiuto di microfotogrammi e l'errore della misura non deve sorpassare una unità X; per le righe deboli e molto deboli l'errore può arrivare a 2 o 3 U.X.

Nei lavori precedenti gli autori non si sono mai occupati del fatto di sapere se le righe osservate erano di primo ordine o di ordine superiore. Noi abbiamo tenuto a fare questo studio, tanto più che la zona spettrale da 350 a 700 U.X. non è stata finora che parzialmente studiata (⁶). Per studiare l'ordine dello spettro abbiamo usato il metodo seguente: si copre una parte della lastra fotografica con una foglia di alluminio e si confronta l'intensità delle righe nella regione coperta dal metallo con quella delle stesse righe nella parte libera della lastra.

Per esempio: per la regione di 1000 U.X. si prende uno schermo di 0,2 mm. d'alluminio che produce per questa radiazione un assorbimento dell'ordine del 56 %, assorbimento che sarà perfettamente visibile sulla lastra; invece se si tratta dello spettro di ordine superiore di una radiazione più dura (500 U.X.: — spettro di secondo ordine 1000 U.X.) l'assorbimento sarà soltanto del 10 % e per conseguenza quasi trascurabile. Il metodo si è rilevato molto buono per le righe forti e medie; per le righe molto deboli è talvolta incerto. Inoltre non abbiamo avuto il tempo di fare la prova per tutte le righe; sulla tabella abbiamo indicato soltanto l'ordine delle righe che abbiamo potuto determinare in maniera certa.

4. - Passiamo ora all'analisi dello spettro osservato allo scopo di classificare le radiazioni nella categoria dei raggi X, di fluorescenza, o dei raggi γ .

La classificazione si fa secondo le lunghezze d'onda e le intensità relative delle righe. Conoscendo gli spettri di raggi X degli elementi 82 e 83, si può, applicando la legge di Moseley, calcolare quelli degli altri elementi a numero atomico superiore. Per quanto riguarda le intensità relative delle diverse righe dello spettro di un elemento, il problema è già stato studiato da noi in maniera particolareggiata: ci limitiamo a ricordare che in certi casi la riga più intensa sarà α_1 , mentre che in altri sarà β_3 a seconda dell'energia dei quanti γ emessi.

Certe righe possono appartenere contemporaneamente agli spettri di due elementi; così, per esempio, le righe γ_1 82 e γ_5 83 possiedono rispettivamente le lunghezze d'onda 838,0 e 837,7 U.X. e, nelle condizioni spettrografiche nelle quali abbiamo lavorato, queste due righe si sovrappongono.

Elemento 83. — Lo spettro di raggi X di fluorescenza di questo elemento è il più intenso, ciò che è d'accordo con il fatto che l'emissione più intensa di radiazione si ha nella trasmutazione:



La tabella II contiene la lunghezza d'onda delle righe che abbiamo osservato ed i valori di I_{dei} per lo spettro di raggi X del Bi (83) (').

TABELLA II.

Riga	Spettro del Bi (83)	RaB→RaC (83)	Riga	Spettro del Bi (83)	RaB→RaC (83)
γ_4	759,3	760,0	β_3	936,7	937,0
γ_4	760,5	760,0	β_1	950,0	950,0
γ_6	788,7	789,0	β_2	953,2	952,0
γ_3	789,5	789,0	β_4	975,0	975,0
γ_2	794,0	794,0	β_6	991,3	992,0
γ_1	811,4	811,4	η	1056,5	1056,0
γ_5	837,7	838,0	α_1	1141,5	1141,5
β_9	896,0	897,0	α_2	1153,0	1153,0
β_5	923,6	924,0	1	1313,7	1314,0
β_7	933,0	933,0			

Tutte queste righe erano state già osservate da Hulubei e Cauchois ad eccezione della β_0 e della « 1 » che si trova in una regione che non è stata da questi autori.

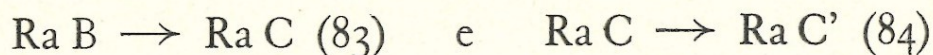
Elemento 84. — Benchè lo spettro di questo elemento sia più debole di quello dell'elemento 83, si può ancora osservare un gran numero di righe. Le lunghezze d'onda delle righe dello spettro di raggi X sono calcolate per interpolazione ad eccezione di $L\alpha_1$, α_2 , β_1 , β_2 e γ_1 determinate sperimentalmente da Hulubei, Cauchois e Cotelles studiando lo spettro di raggi X del polonio (84) (8). I valori delle lunghezze d'onda calcolati ammettono un errore di 1 U.X.

TABELLA III.

Riga	Spettro dell' 84	RaC→RaC' (84)	Riga	Spettro dell' 84	RaC→RaC' (84)
γ_6	763,0	765,0	β_4	946,0	946,0
γ_3	764,0	765,0	β_6	964,0	963,0
γ_1	785,9	785,0	η	1024,0	1023,0
β_5	897,0	897,0	α_1	1111,5	1111,3
β_3	908,0	907,0	α_2	1123,3	1123,0
β_1	919,9	921,0	1	1281,0	1282,0
β_2	927,4	928,0			

Poichè non esisteva fin'ora altro che una misura sperimentale della lunghezza d'onda di $L\alpha_1$ 84 ci siamo messi a determinare con precisione la lunghezza d'onda di questa radiazione; abbiamo trovato il valore 1111,3 U.X., che è in buon accordo con il numero 1111,5 dato dagli autori citati.

Il rapporto di intensità fra gli spettri degli elementi 83 e 84 è, come abbiamo già mostrato, proprio quello che ci si doveva aspettare dalla conoscenza degli spettri γ e β emessi nelle trasmutazioni:



Elemento 82. — Si osservano le righe principali dello spettro di questo elemento che deve venire emesso nella trasmutazione $\text{Ra C'} \rightarrow \text{Ra D (82)}$ dato che non si conosce alcuna struttura fine nello spettro alfa e, di conseguenza, alcuna emissione gamma, nella trasmutazione $\text{Ra A} \rightarrow \text{Ra B (82)}$.

TABELLA IV.

Riga	Spettro del Pb (82)	RaC→RaD (82)	Riga	Spettro del Pb (82)	RaC→RaD (82)
γ_2	819,2	820	β_1	1005,6	1006
β_2	979,9	980	α_1	1172,6	1172
β_1	980,8	980	α_2	1184,1	1184

Osserviamo inoltre che nelle condizioni sperimentali alle quali abbiamo lavorato, queste righe non possono essere originate dal piombo che canalizzava le radiazioni.

Elemento 85. — Hulubei e Cauchois hanno osservato le righe 1082,6 e 892 U.X. che essi hanno attribuito, per le loro lunghezze d'onda, a un elemento di numero atomico 85 ($L\alpha_1$, β_1). Noi abbiamo trovato, oltre a queste due righe quelle di 917, 880 e 875 che possono essere classificate come β_4 , β_3 e β_5 dell'85. Due di queste righe, β_3 e β_4 , hanno presso a poco la medesima intensità delle α_1 e β_1 , ma questo fatto è ben comprensibile se si ammette che nella trasmutazione che conduce all'85, la maggior parte della radiazione γ emessa ha una energia compresa fra il lavoro di estrazione fotoelettrico per lo strato K e quello per il livello L.

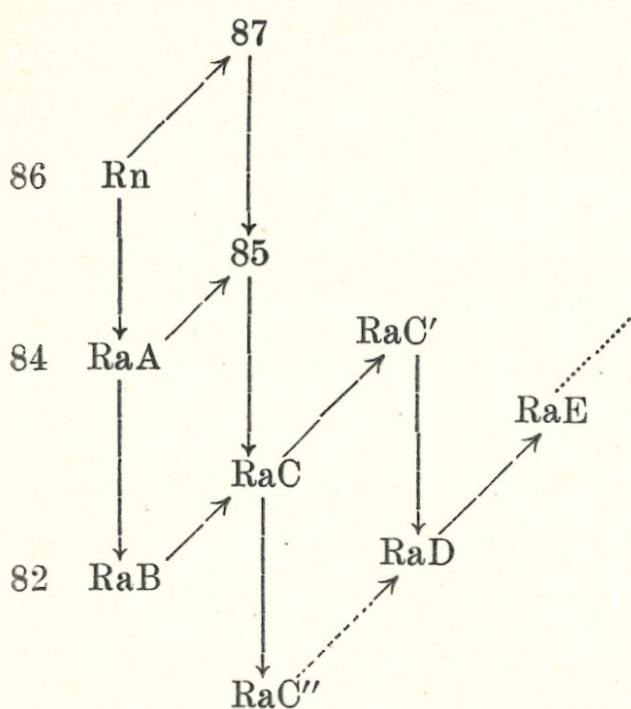
Aggiungiamo che la riga γ_1 (85) coincide con la riga osservata γ_4 83 e in conseguenza non possiamo dire se essa esiste o no.

Elemento 87. — Noi troviamo due righe 825 e 865 U.X. che possono essere considerate come le righe β_3 e β_4 di un elemento a numero atomico 87. Queste due righe devono essere le più intense dello spettro di fluorescenza quando si ha emissione di quanti γ di energia inferiore al lavoro di estrazione degli elettroni dello strato K. Su di una delle nostre lastre più intense abbiamo trovato delle tracce di una riga a 1027 U.X. che potrebbe essere identificata con la α_1 87. Aggiungiamo che la riga 714 può essere la riga γ_1 87; tuttavia, dato che questa riga è già lontana dalla riga campione 811 la misura è meno precisa. La riga β_1 dell'elemento 87 coincide con la riga osservata γ_5 83.

5. - Se l'analisi dello spettro osservato spinge ad ammettere l'esistenza degli elementi 85 e 87 fra i prodotti discendenti del radon, essa non ci fornisce però alcuna indicazione sulla filiazione di questi elementi. Sembra tuttavia interessante mettere a confronto i nostri risultati

con le conclusioni alle quali è arrivato recentemente Turner in uno studio teorico (⁹). Questo autore ha concluso che l'emanazione del radio ed il

radio A si devono poter disintegrare sia per via α che per via β . I prodotti discendenti del radon saranno allora rappresentati dallo schema.



Secondo i calcoli di Turner la trasmutazione $86 \rightarrow 87$ sarebbe l'1‰ di quella $86 \rightarrow 84$ e la trasmutazione $84 \rightarrow 85$ un po' più del 5‰ di quella $84 \rightarrow 82$.

Tutte le righe che noi abbiamo osservato sia per l'elemento 85 che per l'87 hanno una intensità inferiore all'1‰ della $L\alpha_1$ 83. Rileviamo perciò che poichè si ignora il numero di

quanti γ emessi nelle trasmutazioni che conducono agli elementi 85 e 87, non si può calcolare quali dovrebbero essere le intensità delle righe degli spettri degli elementi 85 e 87 riferite a quelle dello spettro dell'elemento 83. Noi ci limitiamo a dire che lo schema proposto da Turner interpreterebbe molto bene i risultati sperimentali ai quali siamo arrivati.

Questo lavoro è stato realizzato all'Istituto di Sanità Pubblica.

Ringrazio il suo Direttore Generale, Prof. Domenico Marotta per tutte le facilitazioni che mi ha voluto cortesemente accordare per il mio soggiorno all'Istituto. Tengo ad esprimere la mia viva riconoscenza al Prof. Giulio Cesare Trabacchi, Capo del Laboratorio di Fisica, per tutti i consigli che non ha cessato di prodigarmi nel corso di queste ricerche. Durante il mio soggiorno in Italia ho usufruito di mezzi forniti dallo Stato Portoghese (Istituto para e Alta Cultura).

RIASSUNTO

L'autore dà la lista delle righe dello spettro emesso dai derivati del radon nella regione da 700 a 1300 U.X.

Dalla loro lunghezza d'onda e dalla loro intensità si stabilisce che la maggior parte delle righe deve essere considerata come appartenente

agli spettri di fluorescenza degli elementi di numero atomico 82, 83, 84, 85 e 87.

Si presenta uno schema che può interpretare la derivazione degli elementi 85 e 87 da elementi della famiglia del radio.

SUMMARIUM

Derivata ab eo quod est « radon », in regione ab 700 ad 1300 U.X., spectra emittunt quorum lineolas Auctor enumerat. Idem, uniuscuiusque dimensus et undarum longitudinem et vehementiam, statuit lineolarum plerasque referendas esse ad fluorescentiae spectra elementorum quorum numeri atomici sunt 82, 83, 84, 85, 87.

Ratio quoque instituitur unde argui potest elementa 85 et 87 ortum capere ab elementis ordinis, si verbo liceat uti, « radiano ».

Roma. — Istituto di Sanità Pubblica - Laboratorio di Fisica.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) Phil. Mag., 27, 854 (1914); 28, 262 (1914).
 - (²) Proc. Camb. Phil. Soc., 22, 834 (1925).
 - (³) C. R., 206, 744 (1938).
 - (⁴) C. R., 209, 39 (1939).
 - (⁵) Rend. R. Acc. d'Italia, 2, 351 (1940); questi Rendiconti, 3, 953 (1940).
 - (⁶) Tesi, Parigi, 1933.
 - (⁷) Sci. Rev. Tohoku Imp. Univ., 19, 59 (1930).
 - (⁸) C. R., 207, 1204 (1938).
 - (⁹) Phys. Rev., 57, 950 (1940).
-