

DISTRIBUZIONE STATISTICA DELLE PARTICELLE  $\alpha$   
RACCOLTE SU UNA LASTRA FOTOGRAFICA  
IN FUNZIONE DELLA PROIEZIONE DEL PERCORSO  
NELL'EMULSIONE

G. IMBÒ - L. CASERTANO

1. — Per lo studio della radioattività delle lave vesuviane conviene seguire il metodo delle lastre fotografiche con emulsioni nucleari, particolarmente per la debole attività del materiale.

In ricerche analoghe <sup>(1)</sup>, per il calcolo del rapporto in peso della concentrazione del torio ( $C_{Th}$ ) rispetto a quella dell'uranio ( $C_U$ ) è stato applicato il metodo di Curie <sup>(2)</sup>, basato sul fatto che nell'emulsione le tracce aventi una lunghezza maggiore a un percorso equivalente nell'aria di cm 7 sono dovute esclusivamente a particelle  $\alpha$  derivanti dal  $ThC'$ , e quelle invece con un percorso equivalente nell'aria compreso fra cm 7 e cm 5.8 sono dovute a particelle  $\alpha$  del  $ThC'$ , del  $RaC'$  e dell' $AcA$ .

Il rapporto considerato si ricava da una formula stabilita dalla Curie <sup>(2)</sup> e che può mettersi anche sotto la seguente forma:

$$\frac{C_U}{C_{Th}} = 0.30 \frac{n_1}{n_2} - 0.24$$

dove  $n_1$  e  $n_2$  sono il numero di tracce, contate sulla stessa superficie, con percorso equivalente nell'aria rispettivamente maggiore di cm 7 e compreso fra cm 7 e cm 5.8.

Tenendo presente la difficoltà (e l'impossibilità per le particelle che entrano nell'emulsione in direzione normale alla lastra) di misurare la lunghezza effettiva del percorso — per la qual cosa la Curie stessa attribuisce ai risultati significato soltanto indicativo — si è voluto ricorrere ad altro metodo, usando le proiezioni dei percorsi, nell'emulsione, delle particelle  $\alpha$ .

Per poter fare ciò era necessario conoscere la distribuzione statistica delle particelle  $\alpha$  raccolte su una lastra fotografica in funzione appunto delle proiezioni sul piano della lastra del percorso nell'emulsione.

In questo primo studio ci proponiamo di trovare tale distribuzione, fermandoci a considerare l'emissione di particelle  $\alpha$  dalle tre famiglie separatamente. In seguito si darà conto del metodo che si vorrà seguire per la soluzione del problema proposto, del quale metodo però se ne potrà, nelle linee generali, prevedere lo sviluppo già da quanto si andrà dicendo adesso.

2. — Si abbia una sostanza radioattiva, emittente un solo tipo di particelle  $\alpha$ , a contatto con la lastra fotografica con emulsione speciale. Dalla sostanza si ha l'emissione di particelle in tutte le direzioni.

Considerando nullo l'eventuale effetto sensibile di rifrazione per il passaggio di una particella  $\alpha$  dalla sostanza radioattiva nell'emulsione, uguale cioè la sua velocità nei due mezzi, la proiezione del cammino nell'emulsione di tale particella  $\alpha$ , emessa da  $A$  in direzione  $AF$ , sarà data da  $GE$  (v. fig. 1).

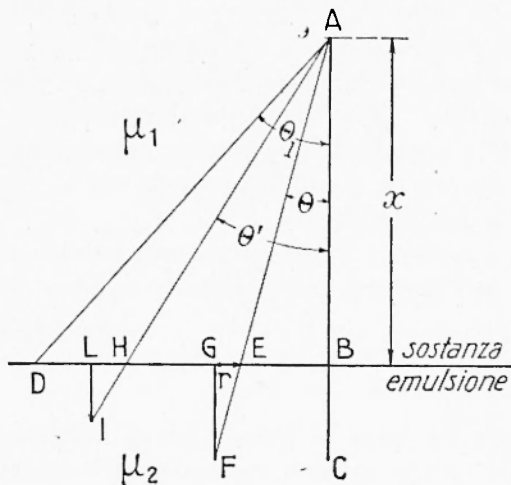


Fig. 1

Indicando con  $R$  il range nell'aria, e con  $R_1$  e  $R_2$  rispettivamente quello nella sostanza e nell'emulsione, con  $\mu_1 = \frac{R_1}{R}$  e  $\mu_2 = \frac{R_2}{R}$  il coefficiente di frenamento, inverso del potere di arresto, della sostanza e dell'emulsione, la proiezione ( $GE = r$ ) in funzione della distanza  $x$  dall'emulsione di  $A$  e dell'angolo  $\vartheta$  che la direzione di emissione forma con la normale alla superficie della lastra, considerando che è:

$$\frac{AE}{\mu_1} + \frac{EF}{\mu_2} = R,$$

è data da:

$$\frac{r}{\mu_2} = R \sin \vartheta - \frac{x}{\mu_1} \operatorname{tag} \vartheta \quad [1]$$

La soluzione della [1] rispetto a  $\vartheta$ , che è il parametro che interessa per risolvere il nostro problema analogamente a quanto fatto da Evans (3) per le lunghezze effettive dei percorsi, non presenta difficoltà analitiche insormontabili; ma l'espressione che si ricava non è tale che possa permettere in modo relativamente semplice e preciso la ulteriore conduzione dei calcoli.

Per tale ragione si è preferito scegliere tutt'altra strada.

3. — Si è considerato che delle particelle  $\alpha$ , emesse da un elemento di volume in  $A$ , hanno la proiezione prima definita ridotta a un punto, sia quelle dirette secondo  $AB$  (in modo che è  $\cos \vartheta = 1$ ) sia quelle dirette lungo la semiretta  $AD$ , per le quali è  $AD = R_1$  (in modo che è  $\cos \vartheta = \frac{x}{\mu_1 R}$ ; valore limite dell'angolo che si indica con  $\vartheta_1$ ). Per  $\vartheta$  variabile nei campi determinati da:

$$0 \leq \vartheta \leq \vartheta_m \quad \text{e} \quad \vartheta_1 \geq \vartheta \geq \vartheta_m$$

dove  $\vartheta_m$  si ricava da:

$$\cos \vartheta_m = \left( \frac{x}{\mu_1 R} \right)^{1/3},$$

$r$  varia da  $\vartheta$  fino ad un valore massimo  $r_m$ , corrispondente all'angolo di emissione  $\vartheta_m$ , e dato da:

$$r_m = \mu_2 R \left[ 1 - \left( \frac{x}{\mu_1 R} \right)^{2/3} \right]^{3/2}$$

Quindi del totale delle particelle  $\alpha$ , emesse dal cubetto elementare considerato, il numero delle particelle aventi la proiezione del percorso nell'emulsione compresa fra  $O$  e un valore  $r < r_m$  è dato dalla somma dei numeri di quelle aventi direzioni di propagazione comprese:

a) nell'angolo solido determinato dalla superficie conica avente come asse la semiretta  $AB$  e come generatrice la semiretta  $AF$  rappresentante la direzione di emissione che dà  $GE = r$ ;

b) nell'angolo solido  $\Omega_1 = \Omega - \Omega'$  con  $\Omega$  e  $\Omega'$  determinati dalle due superfici coniche aventi come asse sempre la semiretta  $AB$  e come generatrici rispettivamente la semiretta  $AD$  e l'altra  $AI$ , che rap-

presentano, la prima la direzione limite di cui già si è parlato, e, la seconda, la direzione di emissione, con  $\vartheta > \vartheta_m$ , per cui si ha ancora  $LH = r$ .

Poiché il numero delle particelle  $\alpha$  emesse in un angolo solido è proporzionale al valore dell'angolo solido stesso, è possibile trovare la distribuzione statistica che ci interessa per le particelle  $\alpha$  emesse da uno strato di sostanza radioattiva, di spessore infinitamente sottile, posto alla distanza  $x$ .

L'unica difficoltà che si incontra, e cioè la mancata conoscenza del valore del segmento  $LI$ , viene superata volta per volta graficamente.

Per seguire il metodo ideato da uno di noi (Casertano), si è innanzitutto calcolata la distribuzione per due strati infinitamente sottili posti rispettivamente alle distanze limiti per cui si ha  $\frac{x_1}{\mu_1} = 0$  e  $\frac{x_1}{\mu_2} = R$ . (Il contributo del secondo viene considerato in linea esclusivamente teorica, essendo in effetti nullo).

derato in linea esclusivamente teorico, essendo in effetti nullo).

È stata poi considerata la distribuzione che si ottiene con l'interporre un terzo strato alla distanza che dà  $\frac{x_2}{\mu_1} = \frac{1}{2} R$ , e così quella complessiva ottenuta via via che si infittiscono gli strati con opportuni criteri.

La distribuzione cercata per una sostanza di spessore  $x > R_1$  non può che essere quella che si ottiene per un numero infinito di strati sottili, dei quali i limiti sono i primi due strati considerati.

Per trovare la distribuzione per infiniti strati sottili si sono infittiti gli strati fino ad arrivare al numero di 161. Nei grafici delle fig. 2 e fig. 3 sono riportati i valori ottenuti per 11, 21, 41, 81, e 161 strati.

Nella fig. 2 le ordinate, indicate con  $n$ , rappresentano il percento delle particelle  $\alpha$  aventi la proiezione nell'emulsione comprese fra  $O$  e il valore dell'ascissa corrispondente. Nella fig. 3, invece, si indicano con  $\Delta n$ , e rappresentano il numero di particelle  $\alpha$ , sempre su un totale di cento, con proiezione corrispondente al valore dell'ascissa.

Si vede nella fig. 2 che la distribuzione per 161 strati può considerarsi come limite, e che essa non viene a essere che impercettibilmente modificata quando nella fig. 3 si prende come limite quella

più marcata. Quest'ultima si è ottenuta molto facilmente tenendo conto delle variazioni che vanno man mano subendo quelle derivanti da un numero sempre maggiore di strati.

I valori numerici delle due curve limiti, sono riportati nella tabella I.

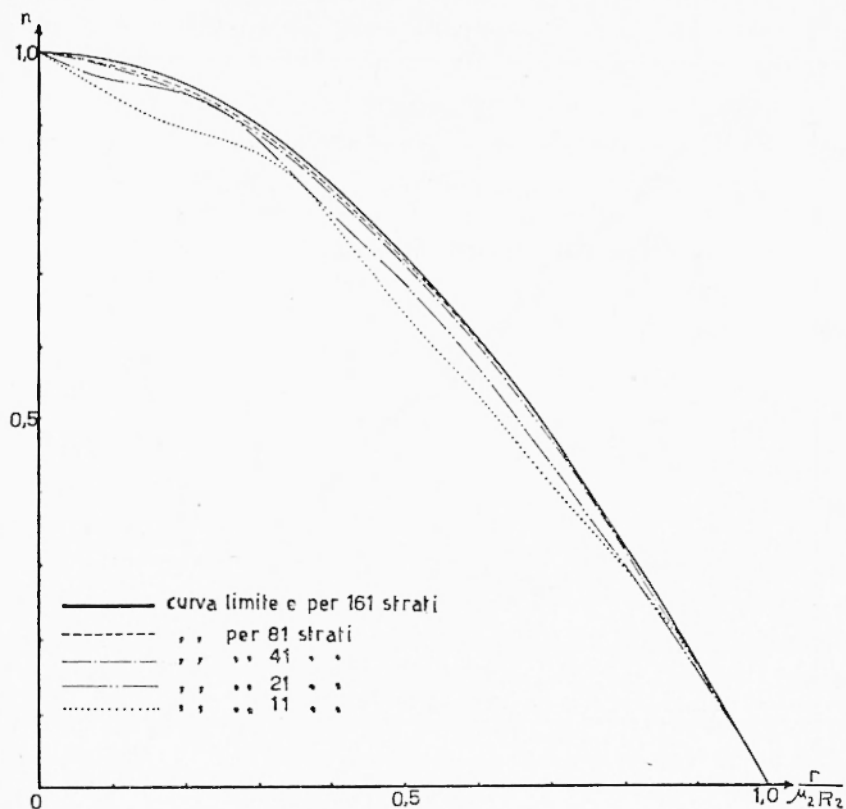


Fig. 2

4. — Nel paragrafo precedente è stata studiata la distribuzione che si ottiene da una sostanza emittente un solo tipo di particelle  $\alpha$ . Si vuole adesso esaminare il caso di una famiglia con tutti gli elementi in equilibrio radioattivo.

Poiché in tale condizione i singoli elementi emettono, nell'unità di tempo, lo stesso numero di particelle, e ognuno contribuisce, al totale raccolto su una lastra fotografica, con uno spessore di sostanza uguale al *range* nella sostanza in esame, possono facilmente ricavarsi i contributi dei vari elementi.

Supponendo raccolte, per ognuna delle tre famiglie separatamente, 100 particelle  $\alpha$ , il numero di quelle derivanti dai singoli elementi delle famiglie è riportato nella tabella II.

In base ai risultati del paragrafo precedente per ogni membro di una famiglia può trovarsi la distribuzione delle particelle  $\alpha$  rac-

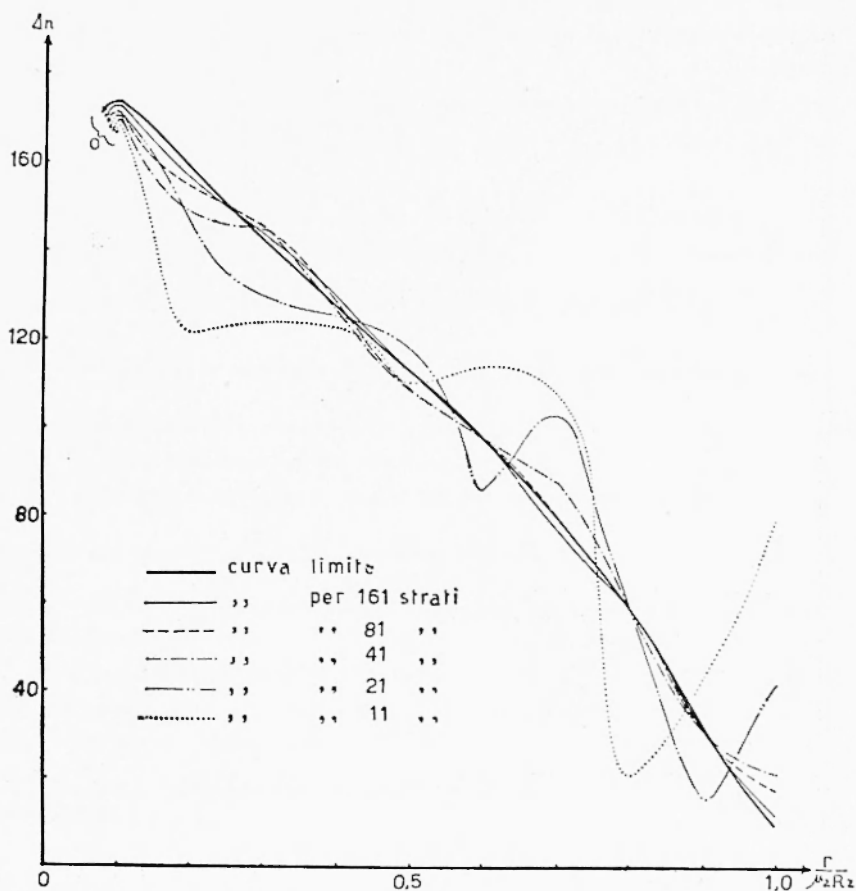


Fig. 3

colte in funzione del percorso nell'emulsione, e quindi la distribuzione complessiva per ogni famiglia, indipendentemente l'una dall'altra.

Nella tabella III sono riportati i valori ottenuti dai calcoli, e riprodotti nei grafici delle fig. 4 e fig. 5.

5. — Abbiamo ottenuto così la distribuzione statistica percentuale

TABELLA I

$\frac{r}{\mu_1 R_2}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
n	17.4	33.4	47.7	60.5	71.8	81.5	89.5	95.4	98.9	100.0
$\Delta n$	17.4	16.0	14.3	12.8	11.3	9.7	8.0	5.9	3.5	1.1

TABELLA II

URANIO		ATTINIO		TORIO	
Elemento	Numero	Elemento	Numero	Elemento	Numero
UI	8.4	AcU	8.6	Th	9.1
III	10.1	Pa	10.6	RTh	13.8
Io	9.8	RAc	14.3	ThX	14.9
Ra	10.3	AcX	13.1	Tn	17.4
Rn	12.8	An	17.3	ThA	19.6
RaA	14.7	AcA	19.6	ThC	5.8
RaC'	21.8	AcC	16.5	ThC'	19.4
Po	12.1				
Totale	100.0	Totale	100.0	Totale	100.0

TABELLA III

URANIO			ATTINIO			TORIO		
r in cm	n in %	$\Delta n$ in %	r in cm	n in %	$\Delta n$ in %	r in cm	n in %	$\Delta n$ in %
0.69	29.3	29.3	0.65	23.8	23.8	0.86	29.8	29.8
1.38	53.6	24.3	1.29	43.9	20.1	1.71	53.0	23.2
2.07	72.7	19.1	1.94	61.2	17.3	2.57	72.7	19.7
2.76	85.4	12.7	2.58	74.8	13.6	3.43	85.5	12.8
3.45	92.2	6.8	3.23	85.0	10.2	4.29	92.7	7.2
4.14	95.7	3.5	3.87	92.1	7.1	5.14	96.2	3.5
4.83	97.7	2.0	4.52	96.5	4.4	6.00	98.0	1.8
5.53	99.0	1.3	5.17	98.8	2.3	6.86	99.1	1.1
6.22	99.8	0.8	5.81	99.8	1.0	7.71	99.8	0.7
6.91	100.0	0.2	6.46	100.0	0.2	8.57	100.0	0.2

Le proiezioni nell'emulsione sono espresse in percorsi equivalenti in cm nell'aria; per ogni famiglia si è scelto un intervallo corrispondente a 1/10 del più lungo range della famiglia stessa.

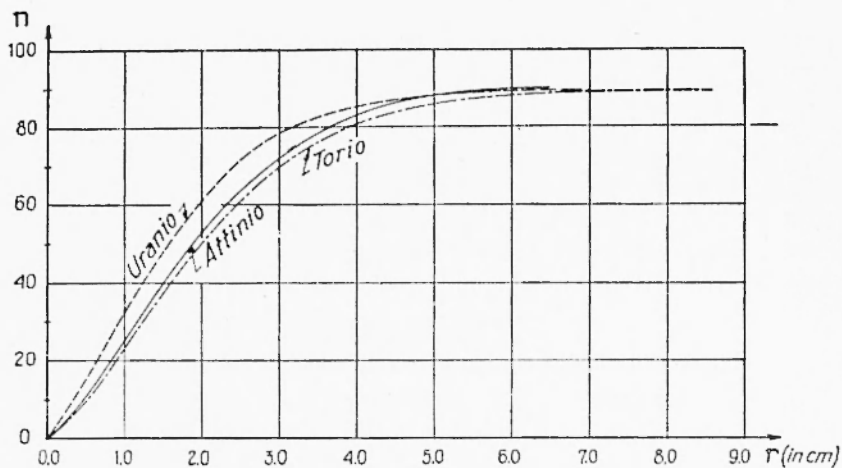


Fig. 4

delle particelle  $\alpha$  raccolte su una lastra per ricerche radioattive, quando le particelle sono emesse:

- a) da una sola specie di nucleo radioattivo;
- b) dagli elementi di una sola famiglia in equilibrio radioattivo.

Si nota facilmente che il metodo non è esclusivo per il tipo di ricerche esaminato, e che può essere applicato anche con altri contatori che permettano la misura della proiezione del percorso nell'interno del contatore di ogni singola particella  $\alpha$ .

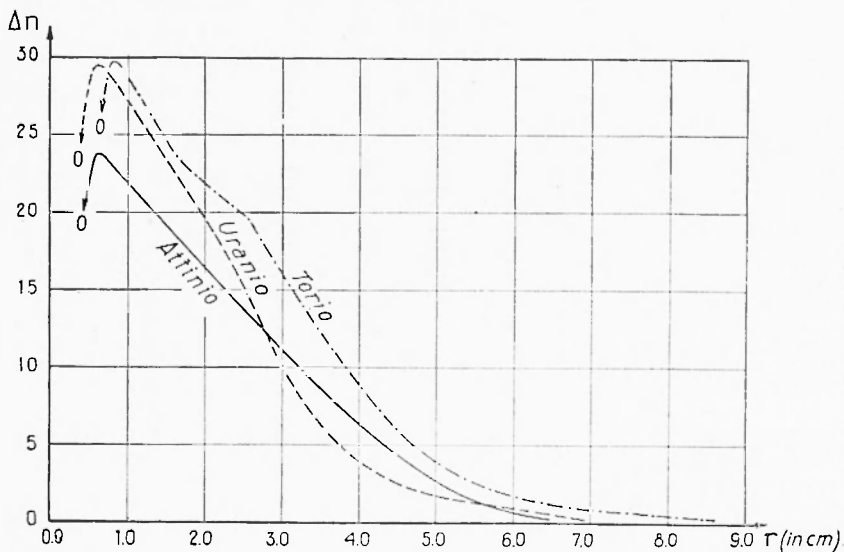


Fig. 5

Successivamente si farà vedere come dalla distribuzione statistica ottenuta sperimentalmente per particelle  $\alpha$  provenienti da una sostanza contenente gli elementi delle tre famiglie si può risalire non solo al valore del rapporto  $C_{\text{Th}}/C_{\text{U}}$ , ma anche a quello della percentuale di questi due elementi.

*Napoli — Istituto di fisica terrestre dell'Università — Ottobre 1950.*

### RIASSUNTO

*Allo scopo di poter successivamente determinare il tenore dei singoli elementi radioattivi nelle rocce, si deducono le curve di distribuzione delle particelle  $\alpha$ , raccolte su una lastra fotografica con emulsione speciale per ricerche radioattive, in funzione della proiezione orizzontale del percorso delle particelle nell'emulsione.*

*Oltre allo studio per elementi che emettono un solo tipo di particelle  $\alpha$  sono prese in considerazione anche distribuzioni relative alle singole famiglie radioattive in equilibrio.*

### BIBLIOGRAFIA

- (1) COPPENS, *Journal de Phys.* XI-21-1950. In questo articolo l'autore dà conto di varie note pubblicate la maggior parte sui «Comptes Rendus».
- PICCIOTTO, *Bull. Soc. belge de Géol.* LVIII-76-1949.
- (2) J. CURIE, *Journal de Phys.* VII-313-1946.
- (3) EVANS, *Physical Rev.* 45-25-1934.