

3. M. AGENO, G. CORTELLESA, R. QUERZOLI. — **Misura del raggio nucleare di alcuni elementi.**

Riassunto. — Con un metodo discusso in un precedente lavoro, si determinano, in buone condizioni geometriche, le sezioni d'urto totali per neutroni di 14 MeV di un gruppo di nove elementi e se ne deducono i raggi nucleari efficaci.

Non si osserva nessuna deviazione sistematica dalla nota legge di dipendenza lineare dei raggi nucleari dalla radice cubica del numero di massa e si conclude che nei limiti della precisione delle misure (2%) la teoria statistica di Feshbach e Weisskopf è in accordo coi risultati sperimentali.

Résumé. — Par une méthode décrite dans un travail précédent, on détermine, dans de bonnes conditions géométriques, les sections totales pour des neutrons de 14 MeV d'un groupe de neuf éléments et on en déduit les rayons nucléaires efficaces.

On n'observe aucune déviation systématique de la loi connue de dépendance linéaire des rayons nucléaires de la racine cubique du nombre de masse et l'on conclut que, dans les limites de précision des mesures (2%), la théorie statistique de Feshbach et Weisskopf est en accord avec les résultats expérimentaux.

Summary. — By the use of a method described in a previous work, the total cross section for 14 MeV neutrons of a group of nine elements is determined under good geometric conditions and the effective nuclear radii are then deduced from this.

No systematic deviation from the known laws of linear dependence of nuclear radii from the cube root of the mass number was noted and so the authors conclude that, within the limits of accuracy of the measurements (2%), Feshbach and Weisskopf's statistical theory is in accord with the experimental results.

Zusammenfassung. — Vermittels einer in einer vorhergehenden Arbeit beschriebenen Methode werden die Gesamtwirkungsquerschnitte für Neutronen von 14 MeV einer Gruppe von neun Elementen bestimmt und deren wirksame Kernradien daraus abgeleitet.

Es wird keinerlei systematische Abweichung von dem bekannten Gesetz der linearen Abhängigkeit der Kernradien von der Kubikwurzel der Massenzahl beobachtet und der Schluss gezogen, dass innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Messungen (2%) die statistische Theorie von Feshbach und Weisskopf mit den Versuchsergebnissen übereinstimmt.

In un precedente lavoro ⁽¹⁾ abbiamo discusso nei suoi particolari un metodo per la misura del raggio nucleare di un dato elemento, basato sulla determinazione della sezione d'urto totale di detto elemento per neutroni di energia intermedia, dell'ordine di 10-20 MeV. Tale metodo aveva soprattutto lo scopo di correggere in modo attendibile i dati di trasmissione, per tener conto dei neutroni diffusi in tutto l'ambiente e rallentati negli urti contro le pareti e contro gli oggetti circostanti la targhetta del tubo acceleratore.

Vogliamo ora riferire brevemente sui risultati ottenuti nella determinazione con tale metodo, dei raggi nucleari di un gruppo di nove elementi. Parte dei risultati in questione sono stati da noi presentati al XXXVIII Congresso della Società Italiana di Fisica, a Bergamo, il 26 settembre u. s. ⁽²⁾. Riportiamo, per chiarezza, nella fig. 1 lo schema del

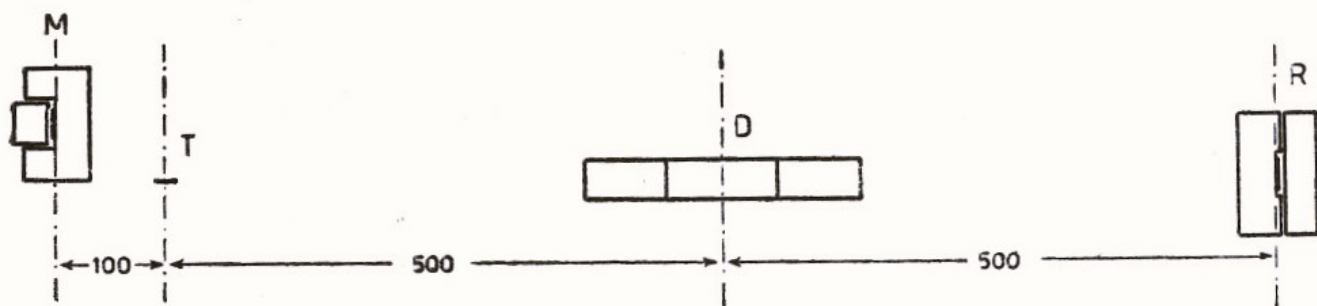


FIG. 1. - Schema del dispositivo sperimentale.

dispositivo sperimentale. T è la targhetta di litio del tubo acceleratore, che veniva bombardata con deutoni di 750 MeV, con che l'energia media dei neutroni effettivamente utilizzati per le nostre misure di sezione d'urto risulta di 13,4 MeV. D è il diffusore costituito dalla sostanza in esame. R è il rivelatore, costituito da un dischetto di rame del diametro di 3,5 cm., circondato da uno schermo di B_2O_3 contenente circa 1 gr. cm^2 di B, avente lo scopo di ridurre l'effetto dei neutroni lenti diffusi. L'attività del periodo di 10^m indotta in tale rivelatore di rame veniva misurata subito dopo l'irraggiamento con un contatore di Geiger a parete frontale di mica, di tipo convenzionale. M è un dischetto di rame del diametro di 2 cm (monitor), pure schermato con B_2O_3 e posto in posizione fissa, che è stato ogni volta irraggiato e misurato assieme al rivelatore, allo scopo di normalizzare tutte le misure ad uno stesso valore dell'intensità neutronica.

(1) M. AGENO, G. CORTELLESA, R. QUERZOLI: Rend Ist. Sup. Sanità XV-555-1952.
 (2) M. AGENO, G. CORTELLESA, R. QUERZOLI: Rend. Acc. Lincei XIII-fasc. 5-1952.

Il procedimento di misura consiste nel misurare successivamente:

1) le attività (normalizzate) N_0 ed N del rivelatore di rame, senza e con diffusore;

2) le attività (normalizzate) M_0 e M di un rivelatore di rodio schermato con B_2O_3 , posto nella stessa posizione del rivelatore di rame. Questo rivelatore si attiva praticamente solo per effetto dei neutroni lenti diffusi;

Dalle attività M_0 e M del rivelatore di rodio si deducono quindi:

3) le attività L_0 e L che si avrebbero nelle stesse condizioni sperimentali con un rivelatore di rame, che si attivi però solo per effetto dei neutroni lenti. E': $L_0 = \alpha \cdot M_0$, $L = \alpha \cdot M$, essendo α il rapporto misurato una volta per tutte tra le attività del rame e del rodio schermati, posti successivamente nella posizione del rivelatore, quando praticamente tutti i neutroni veloci siano stati eliminati, mediante un diffusore di ottone della lunghezza di 25 cm.

La trasmissione del diffusore in esame è allora data da:

$$T = \frac{N - L}{N_0 - L_0}$$

e, la sezione d'urto relativa è:

$$\sigma = \frac{1}{nx} \ln \left(\frac{1}{T} \right)$$

ove n è il numero di atomi per cm^3 ed x lo spessore del diffusore espresso in centimetri.

Le sezioni d'urto sono state infine corrette col metodo di AMALDI⁽³⁾, per tener conto dei neutroni che pur avendo subito un urto nel diffusore, a causa della geometria non ideale raggiungono ancora il rivelatore. Questa correzione risulta nelle nostre condizioni geometriche sempre inferiore al 3%.

Tutti i risultati da noi ottenuti sono riassunti nella tabella I. In tale tabella le prime tre colonne contengono il simbolo dell'elemento studiato, la radice cubica del relativo numero di massa, lo spessore di gr. cm^2 del campione di cui è stata misurata la trasmissione. Tale spessore è stato, per quanto possibile, scelto in modo che la trasmissione, tenuto conto del fondo, avesse un valore prossimo a quello optimum che

(3) E. AMALDI, D. BOCCIARELLI, B. N. CACCIAPUOTI, G. C. TRABACCHI: Nuovo Cimento 3-15-1946; 3-203-1946.

TABELLA I

Elemento	$A^{1/3}$	Spessore gr cm ⁻²	T^{-1}	$\sigma \times 10^{24}$	$\sigma_{\text{corr}} \times 10^{24}$	$R' \times 10^{13}$	Misure precedenti
Al	3.00	16.21	1.94 ± 0.07	1.83 ± 0.07	1.86 ± 0.07	5.44 ± 0.10	5.54 ± 0.13
Al ₂ O ₃		14.85	2.03 ± 0.05	8.63 ± 0.22	8.77 ± 0.22		
O	2.52				1.68 ± 0.09	5.16 ± 0.14	
P	3.14	21.72	2.51 ± 0.05	2.18 ± 0.05	2.22 ± 0.05	5.94 ± 0.07	
S	3.18	21.85	2.21 ± 0.09	1.97 ± 0.10	2.00 ± 0.10		
—		28.73	7.27 ± 0.55	2.09 ± 0.08	2.12 ± 0.08		
—					2.06 ± 0.07	5.71 ± 0.10	5.02 ± 0.16
Cu	3.99	53.64	4.67 ± 0.28	3.03 ± 0.12	3.09 ± 0.12	7.01 ± 0.14	6.75 ± 0.18
Au	5.82	40.53	1.83 ± 0.03	4.89 ± 0.14	5.06 ± 0.14	8.97 ± 0.12	8.65 ± 0.83
Hg	5.85	65.81	2.77 ± 0.06	5.16 ± 0.11	5.34 ± 0.11	9.22 ± 0.09	9.50 ± 0.20
Pb	5.92	41.10	1.96 ± 0.04	5.62 ± 0.17	5.82 ± 0.17	9.63 ± 0.14	9.00 ± 0.13
Bi	5.93	67.92	2.74 ± 0.08	5.16 ± 0.14	5.35 ± 0.14	9.22 ± 0.12	9.03 ± 0.15

rende minimo l'errore statistico della sezione d'urto (4). Nella quinta colonna della tabella sono raccolti i valori del reciproco della trasmissione, corretti per i neutroni lenti, con i relativi errori. Quinta e sesta colonna contengono i valori delle sezioni d'urto che derivano direttamente dai dati di trasmissione e quelli corretti per la geometria non ideale. Infine, nelle ultime due colonne sono i raggi nucleari efficaci dedotti dai valori delle sezioni d'urto mediante la formula:

$$R' = \left(\frac{\sigma}{2\pi} \right)^{1/2} \quad (1)$$

e, per confronto, quando esistono, i valori di tali raggi precedentemente determinati da altri Autori.

La sezione d'urto dell'Ossigeno è stata dedotta dal confronto delle trasmissioni dell'allumina e dell'alluminio metallico. Il nostro valore, si accorda assai bene entro gli errori con le recentissime determinazioni americane, dovute una a POSS, SALANT, SNOW e YUANG (5) che dai valori delle sezioni d'urto totali dell'acqua e dell'idrogeno deducono:

$$\sigma_0 = 1.64 \pm 0.04 \text{ barn}$$

e le altre a MEYER e NYER (6) che dalle sezioni d'urto dell'acqua e dell'acido formico rispettivamente deducono:

$$\sigma_0 = 1.62 \pm 0.04 \text{ barn}$$

$$\sigma_0 = 1.60 \pm 0.04 \text{ barn}$$

Il nostro risultato relativo allo zolfo è stato già discusso nel precedente lavoro (1). Si può qui aggiungere che lo scarto dell'andamento medio trovato in questo caso da altri Autori si può probabilmente attribuire ad incompleta correzione per i neutroni lenti, dato che, al contrario di ciò che avviene per quasi tutti gli altri elementi, la sezione di urto totale dello zolfo per neutroni lenti è più piccola di quella per neutroni veloci (7).

Anche il gruppo degli elementi pesanti: Au, Hg, Pb, Bi sembra accordarsi abbastanza bene con l'andamento medio, almeno nei limiti del nostro errore statistico. In complesso, come risulta anche dal grafico

(4) M. E. ROSE, M. M. SHAPIRO: Phys. Rev. 74-1853-1948.

(5) H. L. POSS, E. O. SALANT, G. A. SNOW, L. C. L. YUANG Phys. Rev. 87-11-1952.

(6) D. I. MEYER, W. NYER: Los Alamos Report n. 1279-1951 (citato nel lavoro precedente).

(7) R. K. ADAIR: Rev. Mod. Phys. 22-249-1950.

della figura 2 che raccoglie le misure nostre e di altri, sembra di poter concludere che l'andamento previsto dalla teoria statistica di FESHBACH e WEISSKOPF si verifica sperimentalmente, nei limiti entro cui, secondo lo stesso WEISSKOPF, ci si può aspettare che tale teoria schematica sia valida.

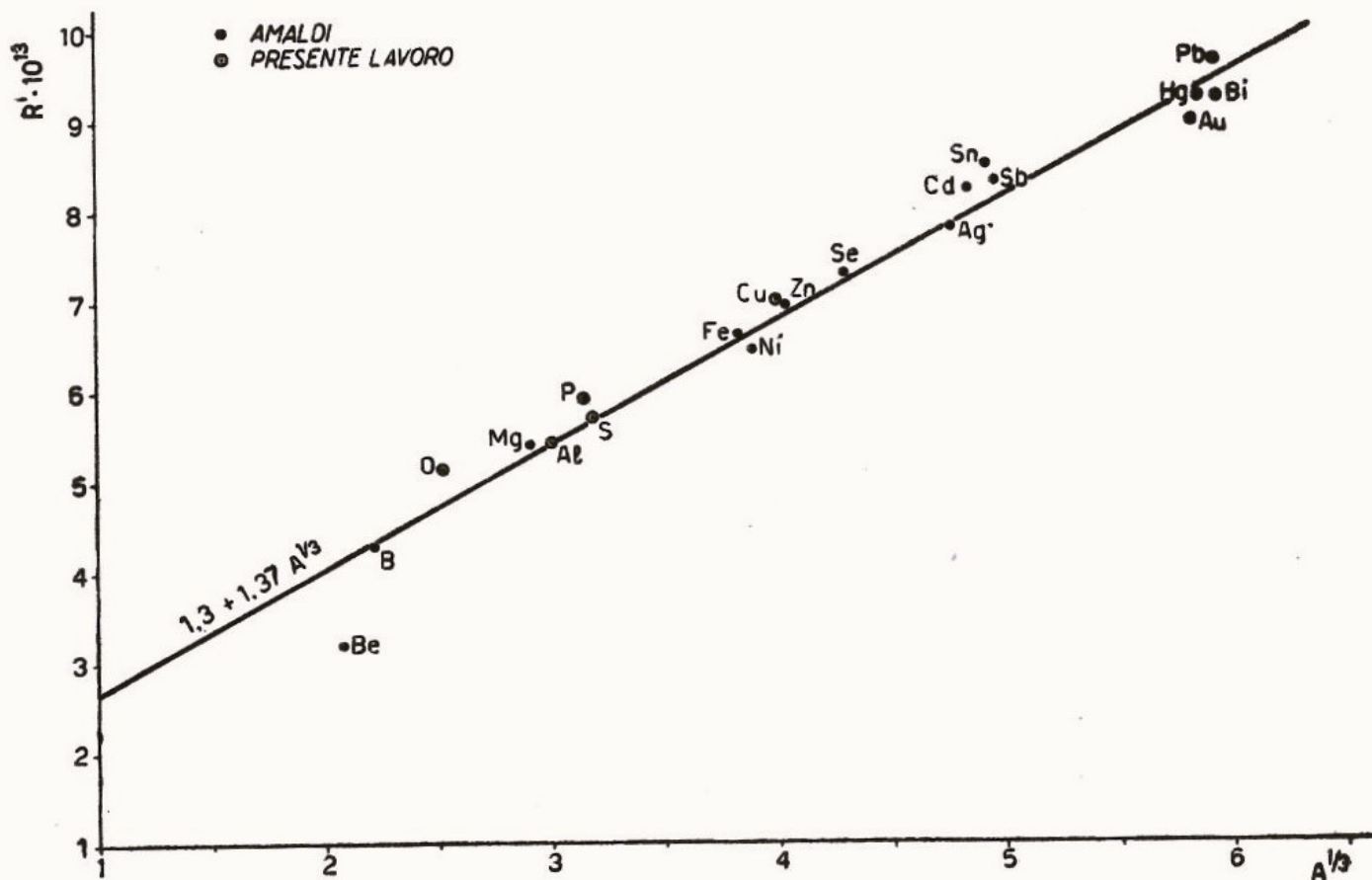


FIG. 2. - Raggi nucleari efficaci in funzione di $A^{1/3}$.

Quando le misure descritte in questo lavoro erano ultimate e il lavoro stesso ormai pronto per la stampa, ci è pervenuto il fascicolo del 1° novembre della Physical Review, contenente il lavoro di COON, GRAVES e BARSHALL (8), in cui questi Autori danno, con una precisione dello stesso ordine della nostra, le sezioni d'urto totali per neutroni di 14 MeV di circa 50 elementi. I loro risultati sono tutti largamente in accordo entro gli errori sperimentali coi nostri e anch'essi giungono alla conclusione che non v'è nessun effetto apprezzabile sull'andamento del raggio nucleare in funzione del numero di massa della struttura interna dei nuclei. L'unica cosa che non abbiamo compreso in questo lavoro è il confronto che gli Autori discutono tra l'andamento dei raggi nucleari

(8) J. H. COON, E. R. GRAVES, H. H. BARSHALL: Phys Rev. 88-562-1952.

efficaci calcolati con la (1) in funzione di $A^{1/3}$ e la retta che, secondo WEISSKOPF, dovrebbe rappresentare l'andamento medio dei raggi nucleari effettivi, grandezze queste che non coincidono affatto con quelle definite dalla (1).

Desideriamo infine esprimere la nostra gratitudine ai nostri tecnici Corindo Felici e Rocco Orlando, per il loro aiuto valido e appassionato nella preparazione dell'esperienza e in tutto il corso delle misure.

Roma - Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di Fisica.
