

## 12. DISTRIBUZIONE ANGOLARE DEI RAGGI $\gamma$ EMESSI NELLA REAZIONE ${}^1\text{H} + {}^7\text{Li} = {}^8\text{Be} + \gamma$ .

Nel corso di alcune ricerche in cui diversi elementi venivano irradiati con i raggi  $\gamma$  di 17,5 MV prodotti nella reazione (1):



ci siamo trovati di fronte al problema di conoscere l'intensità di questa radiazione in funzione dell'angolo  $\theta$  fra la direzione dei protoni incidenti sul Li e la direzione di osservazione.

Non esistendo ancora alcun dato sperimentale sull'argomento, abbiamo ritenuto opportuno misurare, per diversi valori dell'angolo  $\theta$ , l'intensità della radiazione emessa nella reazione nucleare (1).

1. - I raggi  $\gamma$  emessi dal Li per giungere al rivelatore, qualunque questo sia, debbono attraversare le pareti di metallo dell'estremità inferiore del tubo e uno strato di acqua che serve per il raffreddamento della targhetta, aventi diverso spessore nelle diverse direzioni.

Per evitare di essere costretti ad introdurre delle correzioni relativamente grandi per tener conto dell'assorbimento che subiscono i raggi  $\gamma$  in questi materiali, abbiamo costruito l'estremità inferiore del tubo in alluminio.

La targhetta di litio si veniva così a trovare sul fondo di un tubo di alluminio di 48 mm. di diametro esterno avente fondo e pareti spesse 4 mm. Abbiamo poi avuto cura che il raffreddamento fosse fatto da uno strato di acqua relativamente sottile e il più possibile di spessore uniforme nelle diverse direzioni. Le condizioni realizzate nella esperienza erano tali che i raggi  $\gamma$ , oltre all'alluminio della parete, dovevano attraversare uno spessore di circa 1 cm. di acqua e 0,5 mm. di vetro in tutte le direzioni. Dato che tali spessori provocano complessivamente una diminuzione dell'intensità dei raggi  $\gamma$  di circa il 5 % non è stato necessario correggere i risultati delle nostre misure per tener conto del diverso spessore di materiale attraversato nelle diverse direzioni.

Per rivelare i raggi  $\gamma$  ci siamo serviti di tre contatori in coincidenza che registravano gli elettroni secondari, emessi sotto l'azione dei raggi  $\gamma$ , da un opportuno diffusore. I contatori aventi 17 mm. di diametro e 50 mm. di lunghezza utile, erano costituiti da un tubo di alluminio di 0,5 mm. di spessore rinchiuso in un tubo di vetro di 0,7 mm. di spessore ed erano stati riempiti con 10 cm. di Hg di argon e 1,5 cm. di Hg di alcool.

I tre contatori, connessi ad un dispositivo che permetteva di registrare le coincidenze triple, erano stati montati su di un braccio girevole attorno ad un'asse giacente nello stesso piano della superficie del Li bombardato con i protoni. Dalla fig. 1 risultano le distanze dei contatori fra loro e di questi dalla targhetta.

Allo scopo di eliminare le radiazioni molli prevenienti dalla estremità inferiore del tubo abbiamo disposto davanti ai contatori uno strato di Pb di 1 cm. di spessore. Fra questo ed i contatori abbiamo inserito uno strato di alluminio dello spessore di 1 cm. sul quale i raggi  $\gamma$  generavano gli

elettroni secondari che venivano registrati dai contatori. Allo scopo di eliminare elettroni di energia inferiore a circa 7 MV, abbiamo inserito fra il 2° ed il 3° contatore uno strato di piombo di 2 mm. di spessore.

Con questo dispositivo abbiamo eseguito le seguenti misure:

1) abbiamo misurato l'intensità della radiazione emessa in avanti ( $\theta = 0^\circ$ ) in funzione della tensione applicata al tubo. Abbiamo così ritrovato la ben nota risonanza del processo (1) per 0,44 MV di energia dei protoni incidenti (2). Le misure successive sono state fatte con una ten-

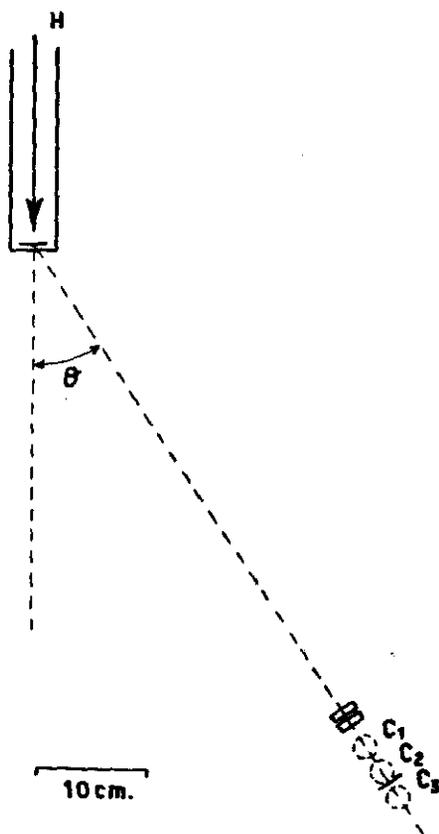


Fig. 1.

sione applicata al tubo di 500 KV, in modo che la intensità delle radiazioni emesse nel processo di risonanza in esame fosse la più grande possibile (lo strato di Li usato era spesso rispetto al percorso dei protoni incidenti).

2) con i contatori nella direzione  $\theta = 0^\circ$  abbiamo eseguito una curva di assorbimento della radiazione rivelata dal nostro dispositivo. A tale scopo venivano contate le coincidenze triple disponendo diversi spessori di ottone a contatto dell'estremità inferiore del tubo.

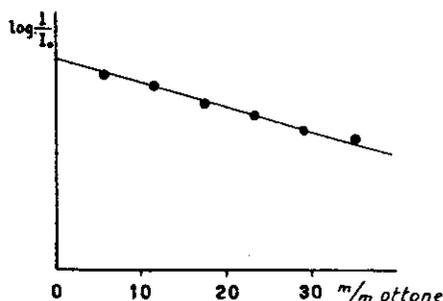


Fig. 2.

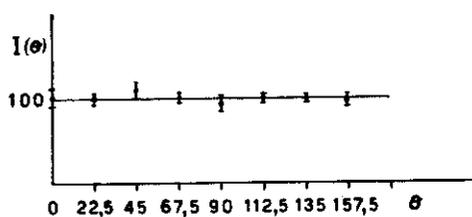


Fig. 3.

Nella fig. 2 riproduciamo, in un grafico logaritmico, i risultati di questa esperienza.

Come si vede da tale figura il coefficiente di assorbimento della radiazione studiata risulta pari a  $0,27 \text{ cm}^{-1}$  in ottimo accordo con il valore teorico calcolato per raggi  $\gamma$  di 17,5 MV di energia <sup>(3)</sup>;

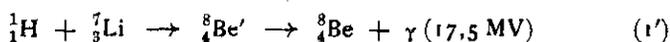
3) abbiamo misurato in funzione dell'angolo  $\theta$  tra la direzione dei protoni incidenti e la direzione di osservazione, il numero di coincidenze triple. I risultati di queste figure sono riprodotti nella fig. 3.

Come si vede la distribuzione angolare dei raggi  $\gamma$  in esame risulta isotropa.

2. - Vediamo allora di discutere, nel quadro delle nostre conoscenze sul processo (1), quali indicazioni ci fornisca il fatto che la radiazione  $\gamma$  emessa sia isotropa. A tale scopo dobbiamo qui riportare dati ed argomenti già esposti da vari autori <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>.

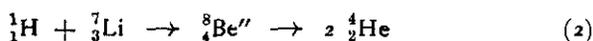
Come è noto lo stato fondamentale del  ${}^7_3\text{Li}$  è un livello  ${}^2P_{3/2}$ . In seguito al bombardamento con protoni si forma un nucleo composto  ${}^8_4\text{Be}$  eccitato che può subire due diversi processi:

a) il processo (1) ossia transizione allo stato fondamentale del  ${}^8_4\text{Be}$  con emissione di un quanto  $\gamma$ ; tale processo è rappresentato, meglio che dalla (1), dalla equazione (1')



dove con  ${}^8_4\text{Be}'$  abbiamo indicato lo stato eccitato del  ${}^8_4\text{Be}$ ;

b) disintegrazione del  ${}^8_4\text{Be}''$  eccitato in due particelle  $\alpha$  ossia:



Dato che il processo di emissione di raggi  $\gamma$  presenta, a differenza del processo di disintegrazione in particelle  $\alpha$ , una risonanza assai stretta (11 KV) si è costretti a concludere che i livelli eccitati del  ${}^8_4\text{Be}$  che danno luogo ai due suddetti processi siano diversi e che esista una proibizione che impedisce al livello eccitato indicato con  ${}^8_4\text{Be}'$ , che dà luogo alla emissione  $\gamma$ , di disintegrarsi in due particelle  $\alpha$ .

Ricordiamo inoltre che da considerazioni fondate sulle proprietà intrinseche delle particelle  $\alpha$  (statistica, spin, parità interna) si conclude che lo stato  ${}^8_4\text{Be}''$  deve essere pari con quanto totale pari ( $^{\circ}$ ). A tale stato si è inoltre condotti ad assegnare quanto totale nullo dato che nel processo (2) le particelle  $\alpha$  vengono emesse isotropicamente.

È quindi ragionevole precisare che lo stato  ${}^8_4\text{Be}'$  che dà luogo alla emissione  $\gamma$  sia dispari, o abbia quanto totale dispari, o tutte due le cose.

Vediamo dunque di discutere le varie possibilità:

1) stato pari, quanto totale nullo; è da escludersi perchè si disintegrerebbe, come si è già detto, in due particelle  $\alpha$ ;

2) stato pari, quanto totale dispari; è da escludersi perchè la distribuzione angolare dei raggi  $\gamma$  sarebbe anisotropa. Infatti per poter dar luogo ad un  ${}^8_4\text{Be}'$  pari, dato che lo stato fondamentale del  ${}^7_3\text{Li}$  è dispari e che l'autofunzione intrinseca del protone è pari, sarebbe necessario ammettere che l'onda del moto relativo protone-litio, fosse dispari ossia per esempio un'onda p. Tale ipotesi sembra da rigettarsi per l'isotropia della emissione  $\gamma$ .

È bene però notare che questo argomento non è decisivo.

È infatti possibile immaginare un livello pari, per esempio con quanto totale 1, che dia luogo ad una emissione pressochè isotropa dei raggi  $\gamma$ .

Per avere questo sarebbe necessario combinare con opportune ampiezze le tre autofunzioni parziali corrispondenti ai tre valori possibili del quanto magnetico 1, 0, —1 in modo da dar luogo ad una autofunzione pressochè isotropa. Questa possibilità va tenuta presente per quanto sembri ragionevole ritenerla a priori estremamente poco probabile.

Possiamo quindi concludere che, con grande probabilità, il livello  ${}^8_4\text{Be}'$  è dispari e che l'onda incidente è un'onda s.

Secondo i calcoli di Wigner e Feenberg (<sup>2</sup>) oltre allo stato fondamentale del  ${}^8_4\text{Be}$ , che sarebbe uno stato  ${}^1\text{S}$  vi sarebbe un livello  ${}^1\text{D}$  corrispondente ad una energia di eccitazione di 3 MV. Dato che non si sa con certezza se la radiazione di 17,5 MV sia monocromatica oppure se abbia una struttura complessa, si può pensare che essa sia emessa in una transizione dallo stato  ${}^8_4\text{Be}'$  allo stato fondamentale  ${}^1\text{S}$  oppure ad entrambi i suddetti stati  ${}^1\text{S}$   ${}^1\text{D}$ ; poichè questi sono entrambi pari, si è costretti a concludere che in tali transizioni la radiazione può essere emessa solo per dipolo elettrico dato che transizioni fra livelli di diversa parità sono proibite sia per dipolo magnetico che per quadrupolo.

Infine dal fatto che in una transizione dovuta a dipolo elettrico, il quanto totale varia di  $\pm 1$  ( $\Delta J = 0$  è da escludersi perchè  $J = 0 \rightarrow J = 0$  è proibito) segue che il quanto totale dello stato  ${}^8_4\text{Be}'$  deve essere uguale ad 1 in modo da poter combinare con lo stato  ${}^1\text{S}$  ed eventualmente anche con lo stato  ${}^1\text{D}$ .

In conclusione il livello eccitato del  ${}^8_4\text{Be}'$  che dà luogo alla emissione di raggi  $\gamma$  di 17,5 è, con grande probabilità, un livello dispari con quanto totale pari ad 1 in accordo con quanto era stato supposto da altri autori che disponevano di un minor numero di dati sperimentali.

Ringraziamo il Dr. B. Ferretti per numerose discussioni su questo argomento.

#### RIASSUNTO

Viene misurata la distribuzione angolare dei raggi  $\gamma$  di 17,5 MV emessi dal litio bombardato con protoni. Introducendo, nel quadro delle nostre conoscenze sulla reazione nucleare in questione, il fatto che la radiazione gamma emessa è isotropa, si stabilisce che il livello del  ${}^8_4\text{Be}$  che dà luogo a tale emissione è un livello dispari con quanto totale 1.

SUMMARIUM

Dimensi sunt Auctores angularem distributionem radiorum  $\gamma$  17,5 MV, quos protonibus ictus lithius emittit. Cum ita ad ea, quae de huiusmodi nucleari reactione cognita erant prius, illud additum, sit radiationem  $\gamma$  (*gamma*) inde emissam isotropon esse, iure statuitur, libellam  ${}^8_4\text{Be}$ , ex qua emissio oritur, libellam esse disparem cum quanta totalix 1.

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

BIBLIOGRAFIA

- (<sup>1</sup>) H. R. CRANE, L. A. DELSASSO, FOWLER, LAURITSEN, Phys. Rev., 46, 531 (1934).
  - (<sup>2</sup>) L. R. HAFSTAD, N. P. HEIDENBURG, M. A. TUVE, Phys. Rev., 50, 504 (1937).
  - (<sup>3</sup>) W. HEITLER, « Quantum Theory of Radiation », Oxford 1937, p. 216, fig. 21.
  - (<sup>4</sup>) M. S. LIVINGSTON, H. A. BETHE, Rev. Mod. Phys., 9, 310 (1937).
  - (<sup>5</sup>) E. C. CREUTZ, Phys. Rev., 55, 819 (1939).
  - (<sup>6</sup>) R. D. MYERS, Phys. Rev., 54, 361 (1938).
- 
- 
-