

14. Mario AGENO. — Radioattività provocata nello zirconio da bombardamento di neutroni veloci.

Lo studio sistematico degli isotopi radioattivi ottenibili in laboratorio mediante bombardamento dei diversi elementi con particelle pesanti presenta ancor oggi non poche lacune per quanto riguarda sia il riconoscimento e la misura dei periodi di dimezzamento, sia l'attribuzione dei periodi noti agli isotopi corrispondenti.

Lacune ed incertezze si ritrovano ad esempio nelle nostre conoscenze relative agli isotopi radioattivi ottenibili dallo zirconio mediante bombardamento di neutroni. I periodi sino ad ora noti con la loro attribuzione più probabile sono rappresentati schematicamente nella figura 1, nella quale è indicata altresì l'abbondanza percentuale dei vari isotopi stabili ⁽¹⁾.

Lo studio della radioattività provocata nello zirconio è stato ripreso nel laboratorio fisico dell'Istituto Superiore di Sanità, usando il generatore di neutroni connesso all'impianto a 1.000 kv. dell'Istituto stesso ⁽²⁾. Tale studio comprende sinora un'accurato esame delle curve di decadimento dell'attività ottenuta con diversi periodi di irraggiamento e delle misure eseguite sugli spettri degli elettroni di disintegrazione di taluni isotopi radioattivi eseguite per mezzo della camera di Wilson ⁽³⁾.

ANALISI DELLE CURVE DI DECADIMENTO.

Dopo alcune misure orientative, che hanno permesso di stabilire i tempi di irraggiamento più convenienti e di riconoscere l'ordine di grandezza dei periodi di dimezzamento presenti, tre dischi di zirconio metallici del diametro di 2 cm e dello spessore di un millimetro sono stati irradiati per tre ore coi neutroni prodotti nella reazione $D + Li$. L'energia di questi neutroni si estende, com'è noto fino a 14 MEV.

L'attività indotta è stata quindi misurata mediante una camera di

⁽¹⁾ J. MALTAUCH e S. FLÜGGE, « Kernphysikalische Tabellen », Springer, Berlin (1942).

⁽²⁾ E. AMALDI, D. BOCCIARELLI, F. RASETTI, G. C. TRABACCHI, *Ricerca Sci.*, 10, 623, (1939).

⁽³⁾ D. BOCCIARELLI, questi Rendiconti, 5, 634, (1942).

ionizzazione a pressione (tre atmosfere di CO_2) connessa ad un elettrometro a filo tipo Edelman, e seguita continuamente per 140^h.

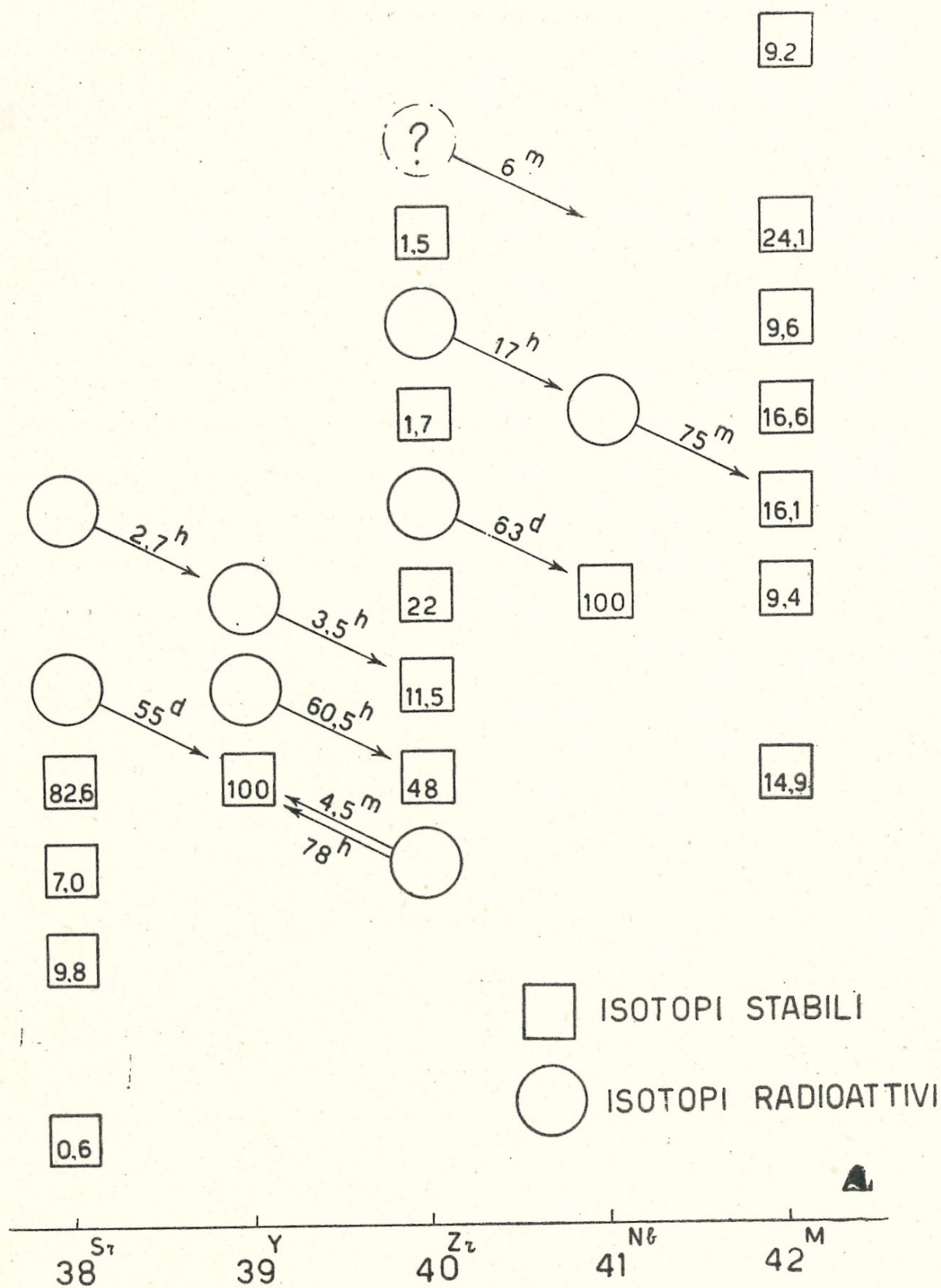


FIG. 1.

La curva di decadimento ottenuta riportando in ascisse i tempi dalla fine dell'irraggiamento e in ordinate i logaritmi dell'attività misurata, ha un andamento complesso che dimostra la presenza contemporanea di nu-

merosi periodi. Essa è stata analizzata nelle sue componenti esponenziali, col solito metodo di detrarre dall'attività complessiva in ogni punto quella relativa al periodo più lungo; quest'ultima si ottiene estrapolando all'in-

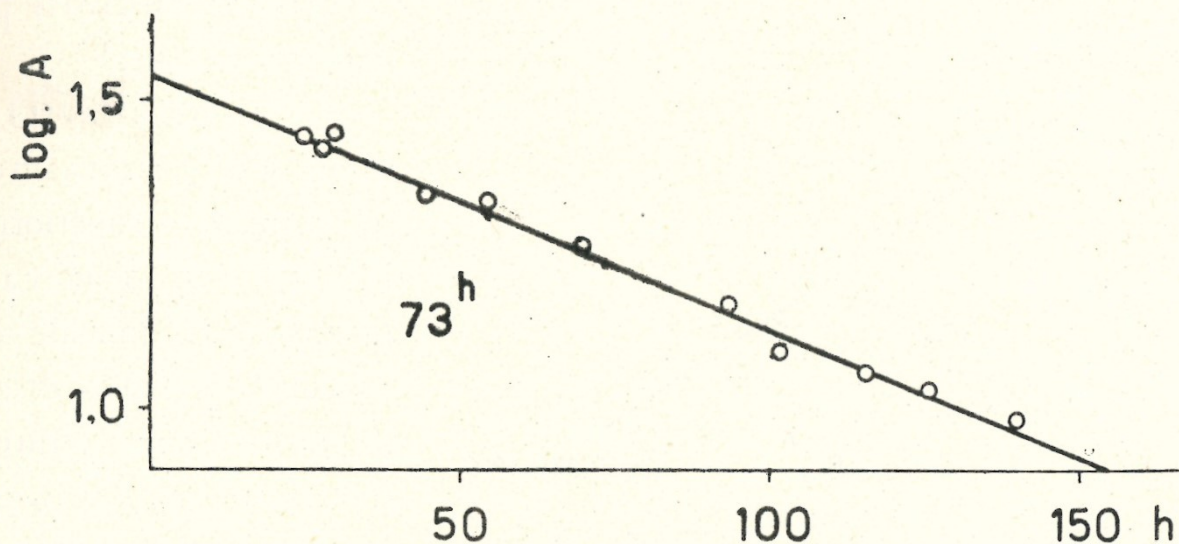


FIG. 2.

dietro l'attività degli ultimi punti misurati a partire da quell'istante in cui l'andamento rettilineo del grafico logaritmico dimostra che ormai soltanto

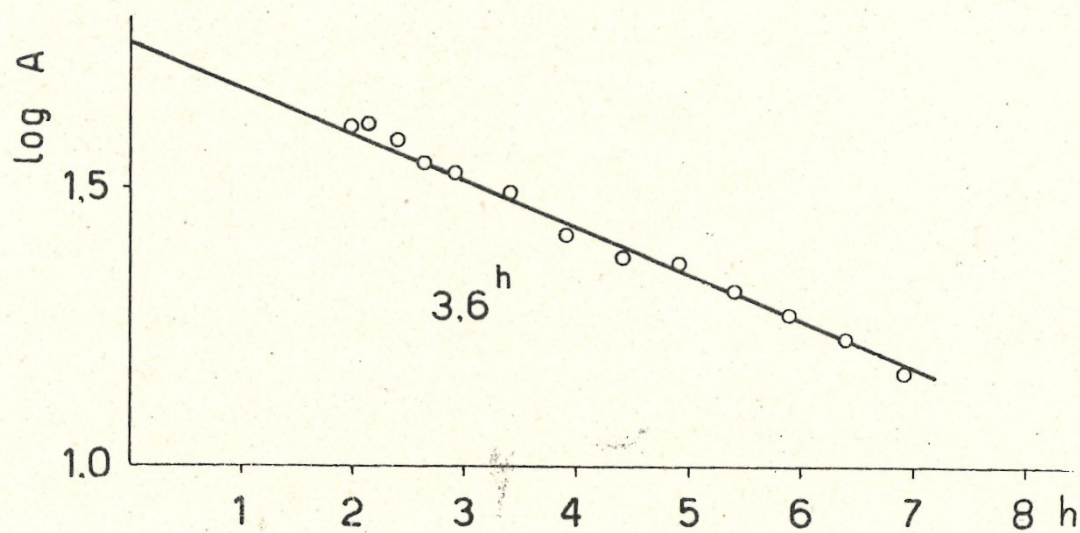


FIG. 3.

l'isotopo di periodo più lungo è ancora presente, mentre tutti quelli di periodo più breve si sono completamente disintegrati.

Tale metodo presenta l'inconveniente di basare la riduzione delle misure sui punti di minore intensità, che sono necessariamente i meno precisi. Quando poi è necessario applicarlo successivamente più volte per isolare l'uno dall'altro i diversi periodi a cominciare dal più lungo, esso può anche

portare per le vite più brevi (soprattutto se ve ne sono alcune poco diverse) a risultati del tutto errati.

Nel caso presente però i risultati ottenuti si pensa debbano ritenersi attendibili per i seguenti motivi:

1) Le attività misurate sono generalmente nettamente superiori all'effetto zero della camera (attività iniziale circa 14 volte l'effetto di zero) di modo che, come risulta dall'ispezione dei grafici, le fluttuazioni sta-

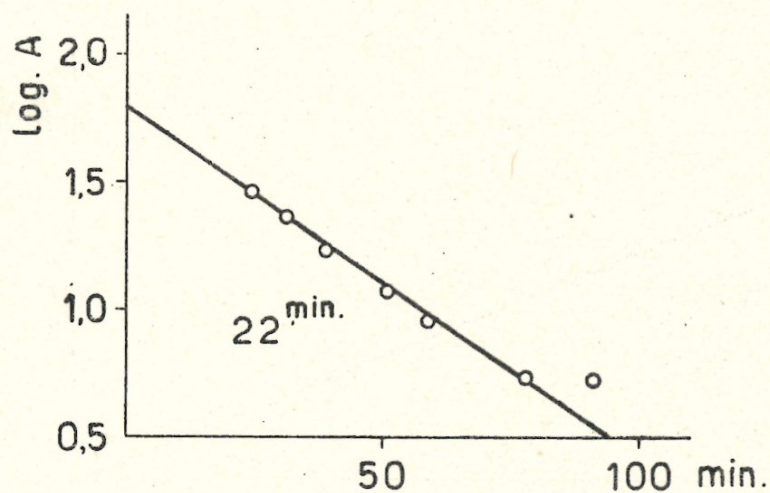


FIG. 4.

tistiche da punto a punto non sono molto rilevanti;

2) i periodi sono sufficientemente diversi l'uno dall'altro in modo che le interpolazioni di rette sul grafico logaritmico si sono sempre potute basare su almeno una decina di punti;

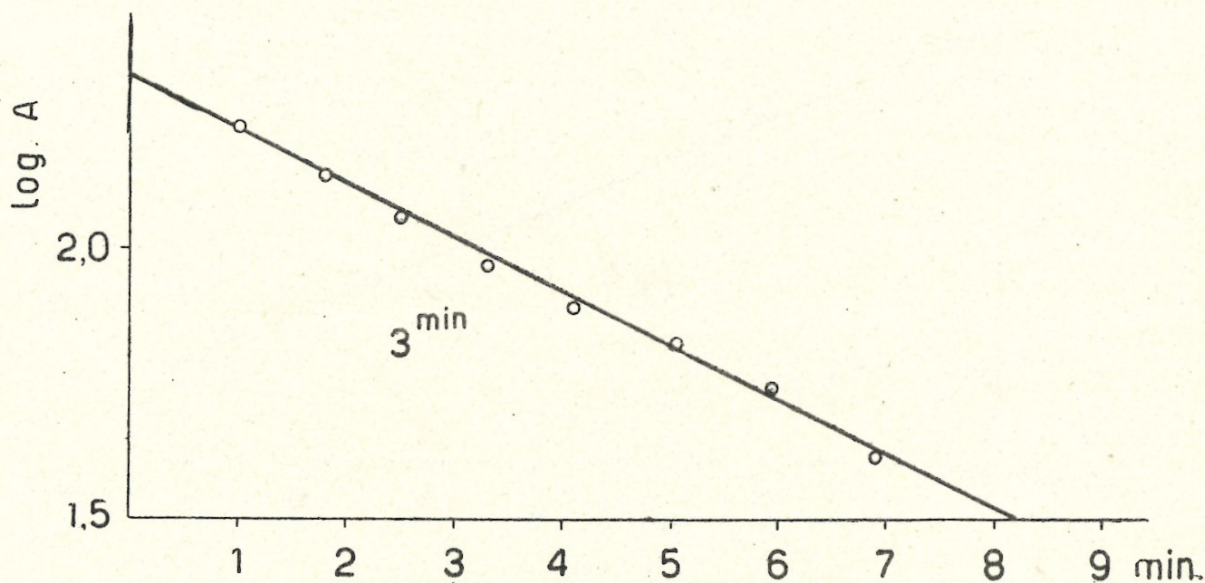


FIG. 5.

3) l'analisi ripetuta su altre due diverse curve di decadimento ottenute da misure successive, ma in analoghe condizioni di irraggiamento, ha fornito risultati in ottima concordanza;

4) i risultati ottenuti con l'analisi delle curve dell'attività complessiva sono stati confermati (come si dirà meglio nel seguito)

dall'analisi delle curve di decadimento ottenute con tempi d'irraggiamento molto brevi.

L'interpolazione di rette nel grafico logaritmico è stata sempre eseguita

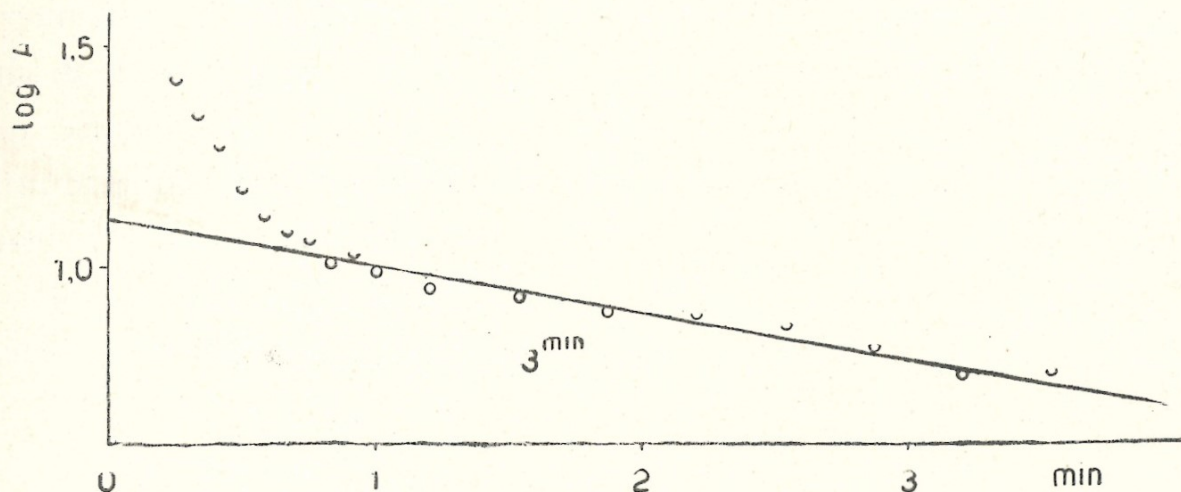


FIG. 6.

col metodo dei minimi quadrati. Con tale metodo si dà in questo caso eguale importanza ad errori percentuali eguali. Ciò è certamente discutibile dal punto di vista concettuale; ma in pratica, essendo gli scarti generalmente non rilevanti, si tratta di questione di nessun momento, considerata la precisione che ci si può attendere da misure di questo tipo.

Le figure da 2 a 5 rappresentano i risultati dell'analisi. Il periodo più lungo di 73^h è probabilmente una mescolanza dei due periodi già noti di 78^h dello Zr^{89} e di 60,5^h dell' Y^{90} , dei quali il primo si forma da Zr^{88} per (n, 2n) e il secondo da Zr^{90} per (n, p). Data la piccola differenza tra i periodi e l'ormai debole attività del preparato non è stato possibile seguire ulteriormente il decadimento per tentare di separarli.

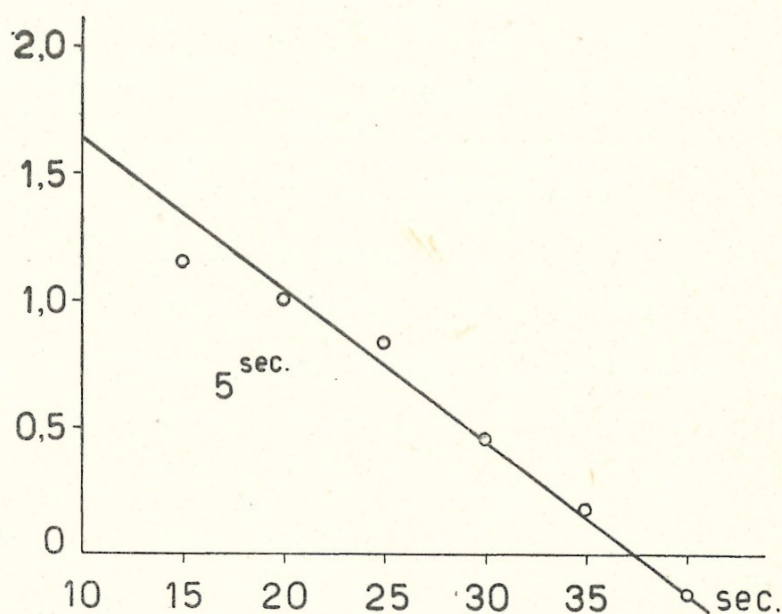


FIG. 7.

Il periodo di 3,6^h è probabilmente da identificare col periodo di 3,5^h dell' Y^{91} , formantesi da Zr^{91} per (n,p).

Dei due periodi di 25^m e di 3^m non ho trovato traccia nella letteratura relativa allo Zr. Che il secondo non sia da identificarsi con un periodo di $4,5^m$ assegnato da Du Bridge e Marshall ⁽⁴⁾ a Zr^{89} e ottenuto da Y^{89} per (p,n), mi sembra certo. E' però da osservare che irradiando lo zirconio per 10^m , la curva di decadimento nei primi $10-15^m$ simula un periodo di circa

$4,5^m$ che però si riduce a 3^m quando, proseguendo le misurazioni si ricavano i dati per correggere per il periodo di 25^m che si attiva debolmente anche esso.

RICERCA DI PERIODI BREVI, DA 1 A 30^s .

Nelle misure eseguite con la camera di ionizzazione non è possibile rivelare l'eventuale esistenza di isotopi radioattivi aventi periodo di dimezzamento inferiore a circa 30^s .

Si è cercato di vedere se esistessero periodi di questo

tipo nello zirconio, irradiandolo con neutroni per 30^s e misurandone l'attività con un contatore di Geiger connesso al cronografo automatico del Laboratorio fisico dell'Istituto Superiore di Sanità ⁽⁵⁾. Le misure si sono potute incominciare 15^s dopo la fine dell'irraggiamento e la registrazione automatica degli impulsi ha permesso di conteggiare questi di 5^s in 5^s .

La figura 6 rappresenta la curva di decadimento ottenuta mediando i risultati di sei serie di misure consecutive, proseguite fino a $3^m 40^s$ dopo la fine dell'irraggiamento. A partire dal minuto, le misure sono state riunite in gruppi di quattro successive e mediate insieme. In ascisse i tempi sono misurati in unità del cronografo, pari a $1,07^s$.

⁽⁴⁾ L. A. DU BRIDGE e T. MARSHALL, Phys. Rev., 56, 706, (1939).

⁽⁵⁾ G. C. TRABACCHI, Ricerca Sc., 12, 824, (1941).

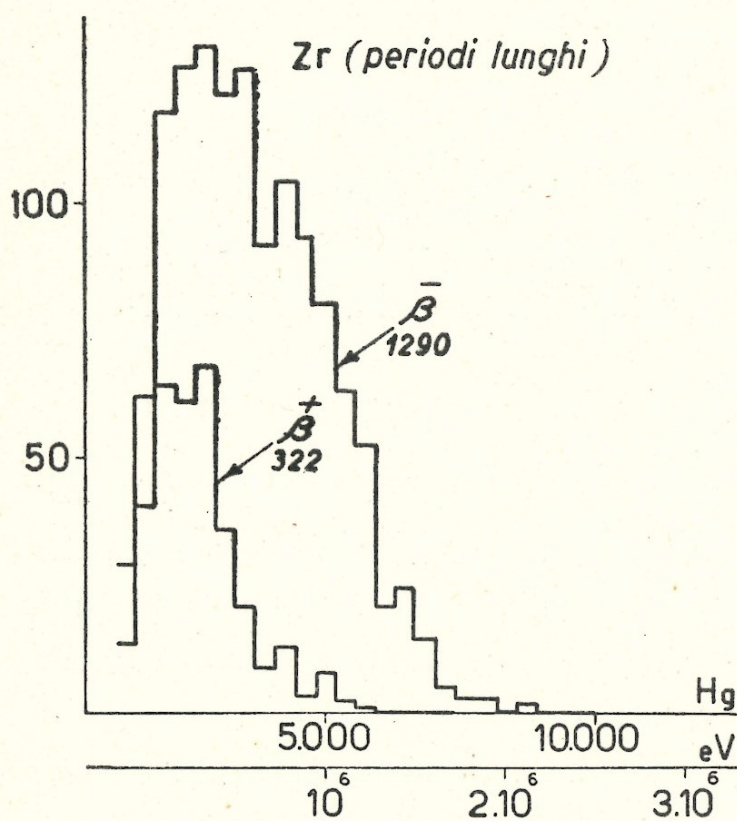


FIG. 8.

Come si vede dalle figure 6 e 7, la curva di decadimento può agevolmente analizzarsi in due componenti, delle quali l'una corrisponde al periodo di 3^m di cui abbiamo già parlato e l'altra è un nuovo periodo di 5^s . Anche di questo periodo non ho trovato traccia nella letteratura.

Non è naturalmente possibile in base alle sole misure di attività, fare alcuna ipotesi sulla assegnazione dei tre nuovi periodi di 5^s , 3^m e 25^m . Si sono fatti tentativi di irradiare un sale di zirconio, per poter poi eseguire la separazione chimica dell'yttrio e dello stronzio e trarne indicazioni in proposito, ma si è dovuto desistere per difetto di intensità.

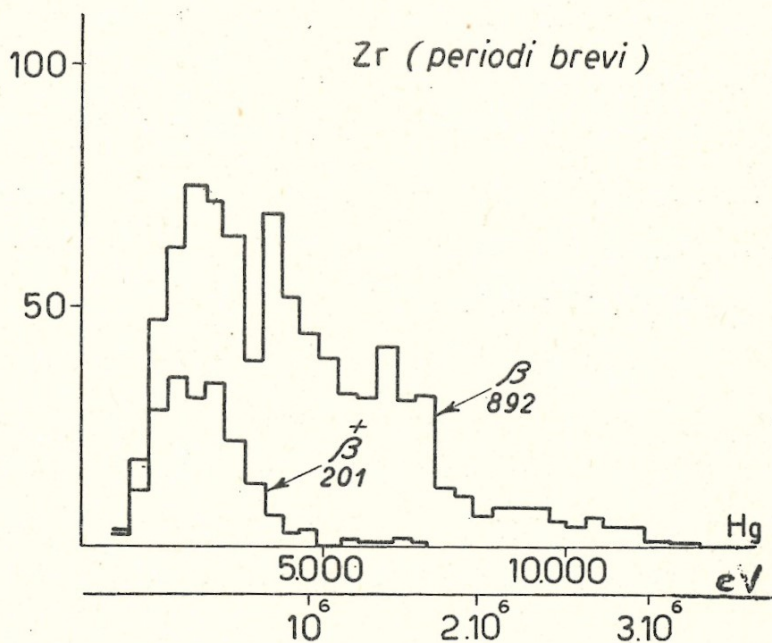


FIG. 9.

MISURE ALLA CAMERA DI WILSON.

A causa della complessità della curva di decadimento dello zirconio irradiato con neutroni non è praticamente possibile esaminare alla camera di Wilson gli elettroni di disintegrazione di uno solo dei vari isotopi radioattivi che contemporaneamente si formano.

Tuttavia allo scopo di trarre informazioni sul segno delle particelle emesse, sulla forma e sul limite superiore degli spettri β , si sono fatte tre serie di fotografie in campo magnetico degli elettroni che si ottengono con diversi tempi di irraggiamento.

In una prima serie di fotografie, lo zirconio fu irra-

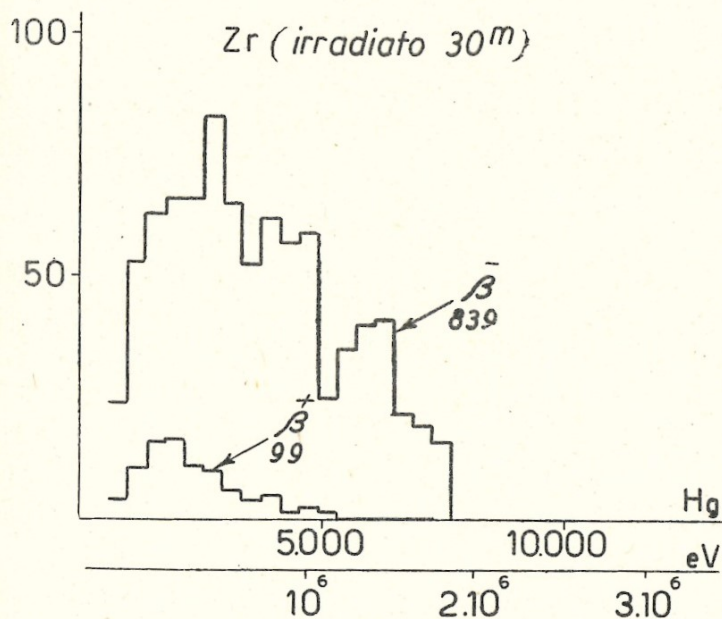


FIG. 10.

diato 3^h , e si iniziarono le misure dopo 12^h dalla fine dell'irraggiamento. Il campo magnetico usato era di 790 o 414 gauss. Le tracce degli elettroni e dei positroni vennero quindi classificate separatamente a seconda del loro raggio di curvatura. In totale furono misurate 1290 tracce di elettroni e 322 tracce di positroni. Queste ultime sono da attribuirsi al periodo di 78^h dello Zr^{89} , mentre le prime sono in parte dovute all' Y^{91} ($3,6^h$) e in parte all' Y^{90} ($60,5^h$). I risultati di questa prima serie di misure sono riassunti nella figura 8.

In una seconda serie di fotografie, lo zirconio veniva irradiato $9,5^m$ e incominciato a fotografare 30^s dopo la fine dell'irraggiamento. Il campo magnetico usato era anche qui di 790 o di 414 gauss. Furono così fotografate in totale 892 tracce di elettroni e 201 tracce di positroni, da attribuirsi ai due periodi di 3^m e di 22^m . La figura 9 riassume i risultati di questa serie di misure.

In un'ultima serie di fotografie, infine, lo zirconio venne irradiato 30^m e incominciato a fotografare subito dopo. Si raccolsero in totale 839 tracce di elettroni e 99 di positroni, suddivise come indica la figura 10.

Altre misure relative soprattutto ai tre nuovi periodi di 3^s , 22^m e 3^m sono tuttora in corso e su di esse si riferirà in seguito.

E' infine, mio gradito dovere ringraziare pubblicamente i proff. E. Amaldi, D. Bocciarelli, G. C. Trabacchi, senza la cui guida e costante collaborazione queste misure non avrebbero potuto essere eseguite.

RIASSUNTO

Irradiando lo zirconio con neutroni veloci, si ottiene la formazione di diversi isotopi radioattivi, dei quali alcuni già noti (78^h , $60,5^h$, $3,5^h$) e tre nuovi (22^m , 3^m , 5^s). Dall'esame di una serie di fotografie alla camera di Wilson in campo magnetico, si traggono informazioni sul segno delle particelle emesse, sulla forma e sul limite superiore degli spettri dei relativi elettroni di disintegrazione.

SUMMARIUM.

Si quis zirconium neutronibus alliserit velocibus, isotopa gignuntur radio-activa, quorum alia (scil. 78^h , $60,5^h$, $3,5^h$) iam nota erant, alia vero

(scil. 22^m , 3^m , 5^s) nunc primum sunt cognita. Permulta praeterea inspecta sunt photo-grammata in magnetico campo, quem dicimus qua Wilsonii apparatu quaesita, per quae discimus nota electrones signandi sint e disintegrationibus orti.

Roma. — Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di fisica.
