

Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare
ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sottosezione di Firenze
63/1

INFN/BE-63/5
10 settembre 1963.

P. Blasi, P. Sona e N. Taccetti: SULLA APPLICABILITA' DEI RI
VELATORI A SEMICONDUTTORE ALLA SPETTROMETRIA BETA.

P. Blasi, P. Sona e N. Taccetti: SULLA APPLICABILITA' DEI RIVELATORI A SEMICONDUITTORE ALLA SPETTROMETRIA BETA^(x).

Introduzione

L'uso dei rivelatori a semiconduttore per la rivelazione di particelle nucleari si è molto esteso negli ultimi anni, essi sono infatti largamente utilizzati come rivelatori per spettroscopia α , per lo studio della distribuzione energetica dei prodotti di fissione, per la rivelazione di neutroni, per esperienze di correlazioni angolari e di scattering. Tuttavia le loro caratteristiche generali ed i più recenti sviluppi della tecnica che hanno permesso di ottenere volumi sensibili sempre più ampi e finestre molto sottili, fanno ritenere a priori che essi possano trovare importanti applicazioni anche nel campo della spettrometria beta; ciò nonostante fino ad ora il loro impiego appare limitato, in questo campo, ad alcune applicazioni a carattere dimostrativo⁽¹⁾. Abbiamo quindi ritenuto utile collaudare questa nuova tecnica in modo da accertare sul terreno sperimentale l'effettiva consistenza dei vantaggi prevedibili a priori nonché l'esistenza di eventuali difficoltà pratiche; in particolare abbiamo voluto verificare se con essi risultano possibili misure quantitativamente precise dei rapporti di intensità tra il continuo beta e le righe di conversione.

(x) Questo lavoro è stato svolto nel quadro del contratto Euratom-CNEN per la Fisica Nucleare delle Basse Energie.

1. - Dispositivo sperimentale

E' stato impiegato un rivelatore ORTEC TMEJ 150-500 "totally depleted" dello spessore sensibile di 464 micron. Gli impulsi in uscita venivano analizzati da una catena elettronica standard con in testa il preamplificatore a basso rumore di Gatti, Cottini et al. (2) caratterizzata da un tempo di salita di $0,8 \mu\text{s.}$, e una costante di taglio di $1 \mu\text{s.}$ avente lo scopo di eliminare le eventuali basse frequenze presenti. Particolare cura è stata impiegata per ridurre la capacità di entrata sulla prima valvola del preamplificatore (capacità del rivelatore + capacità dei collegamenti + capacità di ingresso a freddo del preamplificatore) in modo da migliorare il rapporto segnale-fondo. Per questo scopo si sono eseguite misure di capacità e di corrente inversa alle varie tensioni di polarizzazione in modo da determinare sperimentalmente una tensione optimum di lavoro che nel nostro caso si aggira nell'intorno di 80 - 90 Volt. In queste condizioni ed alla temperatura di circa 22°C abbiamo ottenuto delle larghezze di riga a metà altezza (f. w. h. m.) di circa 22 keV indipendentemente dall'energia nel campo da 64 a 626 keV. (vedi ad es. figg. 2 e 3). In queste condizioni abbiamo ricavato i valori riportati nel paragr. III per i rapporti quantitativi tra le intensità del continuo e delle righe di conversione. Tuttavia riteniamo di poter ancora migliorare, anche sensibilmente, la risoluzione sia raffreddando il rivelatore sia diminuendo ulteriormente la capacità di ingresso e migliorando l'elettronica (e con ciò sarà possibile analizzare anche spettri più complessi).

Gli spettri sono stati ottenuti adoperando sorgenti β preparate depositando su un film di Mylar di $1,1 \text{ mg/cm}^2$, appoggiato ad un supporto di alluminio a forma di corona circolare, una soluzione dell'isotopo radioattivo da studiare e facendo successivamente evaporare il solvente.

2. - Controllo di linearità e determinazione di energie massime

Abbiamo verificato la linearità di risposta del nostro rivelatore fino ad una energia di 265 keV utilizzando le righe di conversione interna di Hg^{203} , Re^{186} e In^{114} (vedi fig. 1). Inoltre dagli spettri di Hg^{203} e Cs^{137} riportati rispettivamente in fig. 2 e fig. 3 abbiamo ottenuto i relativi grafici di Kurie riportati nelle figg. 4 e 5. Le energie massime corrispondenti che da essi si possono ricavare risultano pari a 213 keV e 520 keV rispettivamente in buon accordo con i valori riportati nella letteratura. C'è da notare che lo spessore del rivelatore impiegato era tale da assorbire completamente elettroni di energia non superiore a circa 400 keV, per cui nel caso del Cs^{137} è stato necessario inclinare il rivelatore di 45° rispetto alla direzione

di incidenza degli elettroni. Naturalmente, però, non è possibile la determinazione dell'energia massima del decadimento β sullo stato fondamentale del Ba^{137} che è di 1,2 MeV la cui presenza tuttavia risulta chiaramente dalla fig. 5.

3. - Determinazione dei coefficienti α_K , α_{L+M} e del rapporto $K/L+M$ per Hg^{203} .

Abbiamo quindi voluto verificare i rapporti di intensità tra il continuo e le righe di conversione e tra le righe stesse per vedere se i semiconduttori fossero capaci, nonostante la risoluzione peggiore rispetto agli spettrometri magnetici, di fornire valori quantitativamente precisi. Abbiamo scelto il caso dell' Hg^{203} in quanto presenta uno spettro semplice e quindi adatto alle nostre condizioni sperimentali; inoltre, essendo i corrispondenti valori dei rapporti di intensità sufficientemente ben conosciuti, il confronto quantitativo risulta più significativo. Per esso, estrapolando ai due estremi il grafico di Kurie, abbiamo ricostruito lo spettro β continuo da cui con una integrazione abbiamo calcolato il numero totale dei β rivelati che risulta di 586.000. Inoltre, togliendo alla riga K canale per canale il contributo del continuo ottenuto come sopra e sommando il numero di elettroni di ogni canale per la riga K e la riga L abbiamo ottenuto il numero totale di elettroni K e L rivelati. Così, tenendo conto che il decadicimento β di Hg^{203} avviene totalmente verso il livello eccitato a 279 keV del Tl^{203} (vedi fig. 6)⁽³⁾, siamo stati in grado di calcolare il rapporto $K/L+M$ e i coefficienti di conversione interna α_K e α_{L+M} . Abbiamo trovato $\alpha_K = 0,160$. La stima precisa dell'errore da cui è affetto questo valore è assai difficile: l'errore statistico risulta minore del 0,5% mentre l'errore dovuto alla deformazione dello spettro continuo e all'incertezza con cui si può separare il contributo delle varie righe di conversione risulta in una stima approssimativa dell'ordine dell'1%. Perciò nei limiti dell'errore il nostro valore coincide con $0,163 \pm 0,002$ media pesata dei valori ottenuti in precedenza con diversi metodi di misura⁽⁴⁾. Tale risultato è notevole e suggerisce che le altre possibili cause di errore non danno contributo apprezzabile. Per il rapporto $K/L+M$ abbiamo trovato 2,66 con un errore che si può stimare intorno al 2,5% maggiore di quello su α_K a causa dell'incertezza relativa più grande nella determinazione dell'intensità assoluta della riga L. Tale valore è confrontabile nei limiti dell'errore con quello più preciso ottenuto con spettrometri magnetici che è $2,60 \pm 0,06$ ottenuto da Wapstra⁽⁵⁾. L'ultima misura⁽⁶⁾ del rapporto $K/L+M$

4.

dà come risultato $2,56 \pm 0,07$, però tale valore essendo stato ricavato dallo studio del Pb^{203} , che ha uno schema di decadimento più complesso dell' Hg^{203} , potrebbe risultare meno attendibile di quello di Wapstra. Osserviamo infine che in un recentissimo lavoro Kurey e Roy⁽⁷⁾ impiegando un rivelatore a stato solido, hanno ottenuto il valore 2,60 per il rapporto $K/L+M$, valore che quindi corrisponde nei limiti dell'errore a quello di Wapstra e al nostro. Analoghe considerazioni si possono fare per il coefficiente α_{L+M} che risulta nel nostro caso 0,060 mentre nella misura di Wapstra è $0,062 \pm 0,002$. Tali risultati, confermano, come nel caso di α_K , l'assenza di errori sistematici sensibili nelle nostre misure e ciò fa sperare che migliorando la separazione delle righe e del continuo si possano ottenere risultati ancora più precisi.

Conclusioni

Nonostante che la risoluzione del nostro rivelatore sia inferiore a quella degli spettrometri magnetici, i risultati da noi ottenuti per i rapporti quantitativi tra il continuo β e le righe di conversione risultano altrettanto precisi di quelli ottenuti con gli spettrometri magnetici. D'altra parte, come detto sopra, riteniamo di poter migliorare le nostre condizioni operative e quindi la risoluzione, rendendo così possibile lo studio di spettri più complessi. Tuttavia desideriamo sottolineare che, per spettri semplici, è già sufficiente la nostra risoluzione per ottenere risultati quantitativamente precisi.

Mentre era in corso di stesura questo articolo è stato pubblicato un lavoro⁽⁷⁾ in cui sono stati studiati gli spettri β di alcune sostanze tra cui alcune con decadimento più complesso di quello di Hg^{203} , verificando che i rapporti $K/L+M$ ottenibili con i semiconduttori sono conformi a quelli ottenuti con altri metodi.

Questi risultati insieme ai nostri, che mettono anche in evidenza la possibilità di ottenere precisi valori per i coefficienti di conversione mediante determinazione del rapporto fra le righe K e L e il continuo, permettono di concludere che i rivelatori a stato solido rappresentano un efficace strumento quantitativo per la spettrometria β . Ci proponiamo ora di prendere in considerazione alcuni nuclei il cui studio con gli spettrometri magnetici è reso assai difficoltoso se non impossibile a causa di alcune loro caratteristiche come la bassa attività specifica e la breve vita media.

In particolare ci proponiamo di esaminare il caso del Pt^{198} che è poco conosciuto.

Ringraziamo vivamente il Prof. M. Mandò per varie utili discussioni e suggerimenti nel corso di questo lavoro.

Bibliografia

- (1) - H. Bosch, F. Krmpotic and A. Plastino, Nuclear Instr. and Meth. 23, 79 (1963).
- (2) - Gatti, Cottini et al. Nuovo Cimento 3, 473 (1956).
- (3) - D. Strominger, J.M. Hollander and G.T. Seaborg, Revs. Mo dern Phys. Vol. 30 n.2 585 (1958).
- (4) - Nuclear Data Sheets, Vol. 5, Set. 2, 95 (dec. 1962).
- (5) - G. J. Nijgh, A. H. Wapstra, L. Th. M. Ornstein, N. Salomons - Grobber, J. R. Huizenga and O. Almen, Nuclear Phys. 9, 528 (1959).
- (6) - Sujkowski, Arkiv Fysik 20, 243 (1961).
- (7) - T. J. Kurey Jr. and R. R. Roy, Nuclear Phys. 44, 670 (1963).

Riassunto

Le possibilità di impiego dei rivelatori a semiconduttore nella spettrometria β per misure quantitative di intensità di righe di conversione e del continuo β è stata studiata eseguendo con tali rivelatori lo spettro di alcune sostanze note (in particolare Hg^{203}) e ricavando da esso i valori assoluti α_K , α_{L+M} e il loro rapporto. Il confronto con i migliori risultati ottenuti per le stesse sostanze con i metodi della spettroscopia magnetica, mostrano che i semiconduttori forniscono risultati perfettamente attendibili anche quantitativamente e possono quindi essere fiduciosamente impiegati anche in casi che, per ragioni varie (p. es. di intensità specifica o di vita media), non sono facilmente accessibili alla spettrometria magnetica.

Summary

The use of semiconductor detectors in β spectrometry for quantitative measurements of conversion lines and β continuum intensity has been tested by taking the spectrum of some known substances (as Hg^{203}). The conversion coefficients, α_K , α_{L+M} have been evaluated from it and compared with the best results of magnetic spectrometry. It comes out that semiconductors give very accurate results and therefore they can be trustfully used also in those cases in which, for various reasons (as low specific intensity and short half life), the use of magnetic spectrometers is difficult or altogether impossible.

Didascalie per le figure

- Fig. 1 - Controllo di linearità per il rivelatore a semiconduttore im-
piegato. Il canale 35 corrisponde all'energia 0' per un "bias"
elettronico appositamente introdotto.
- Fig. 2 - Spettro β di Hg^{203} . La larghezza totale a metà altezza è
per la riga K 22 keV.
- Fig. 3 - Spettro β di Cs^{137} . La larghezza della riga K è uguale a
quella di Hg^{203} .
- Fig. 4 - Grafico di Kurie relativo al continuo β con $E_{\text{max}} = 212$ keV
di Hg^{203} .
- Fig. 5 - Grafico di Kurie relativo al continuo β con $E_{\text{max}} = 520$ keV
di Cs^{137} . Si nota anche la presenza di un decadimento β di
energia massima maggiore.
- Fig. 6 - Schema di decadimento di Hg^{203} .

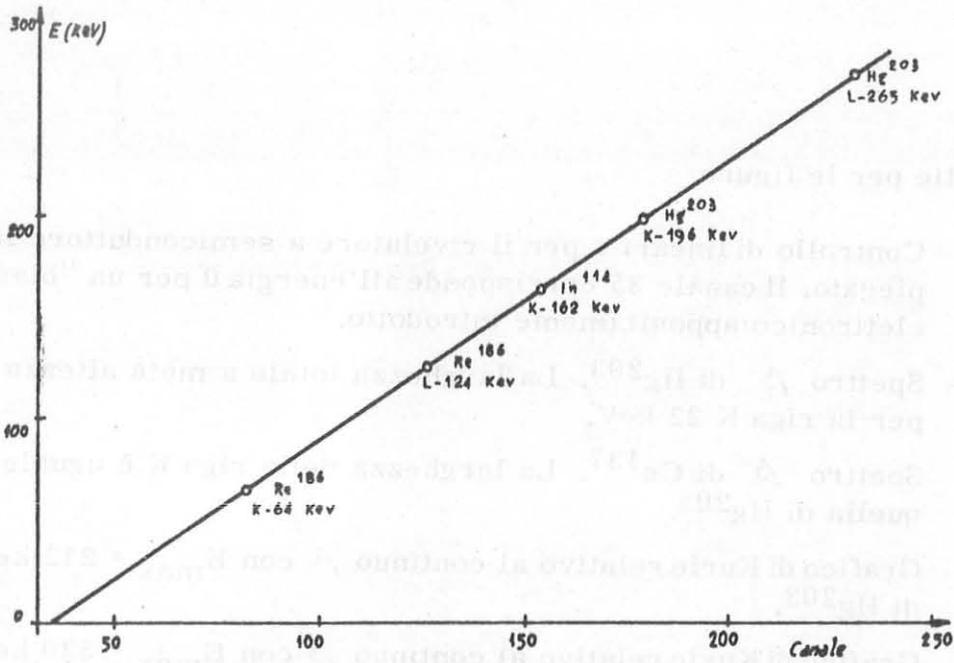


FIG. 1 - Controllo di linearità per il rivelatore a semiconduttore impiegato. Il canale 35 corrisponde all'energia 0 per un "bias" elettronico appositamente introdotto.

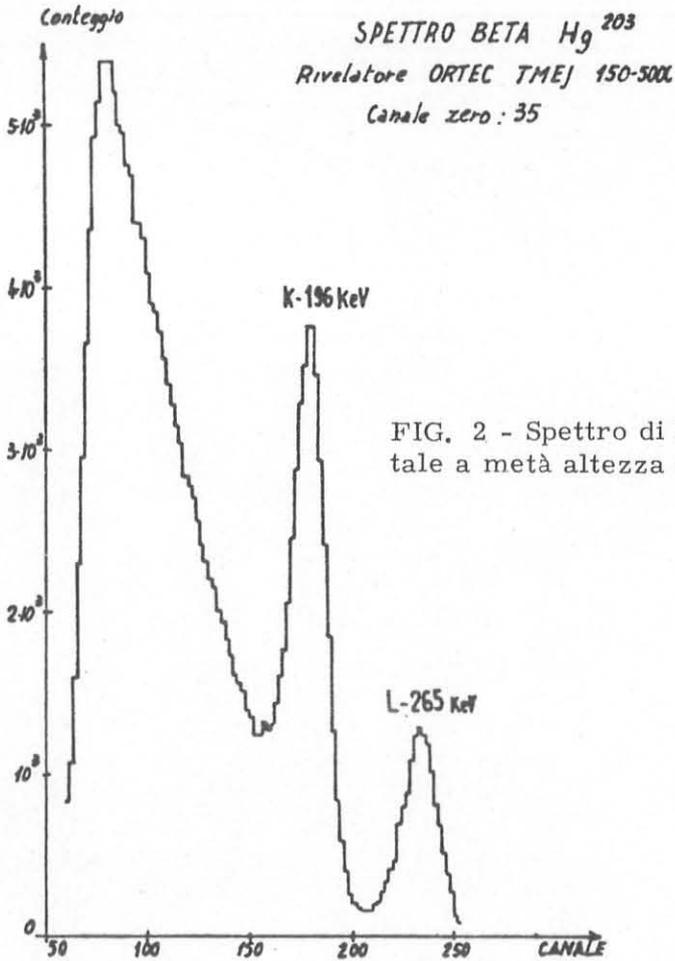


FIG. 2 - Spettro di Hg^{203} . La larghezza t_0 a metà altezza è per la riga K 22 KeV.

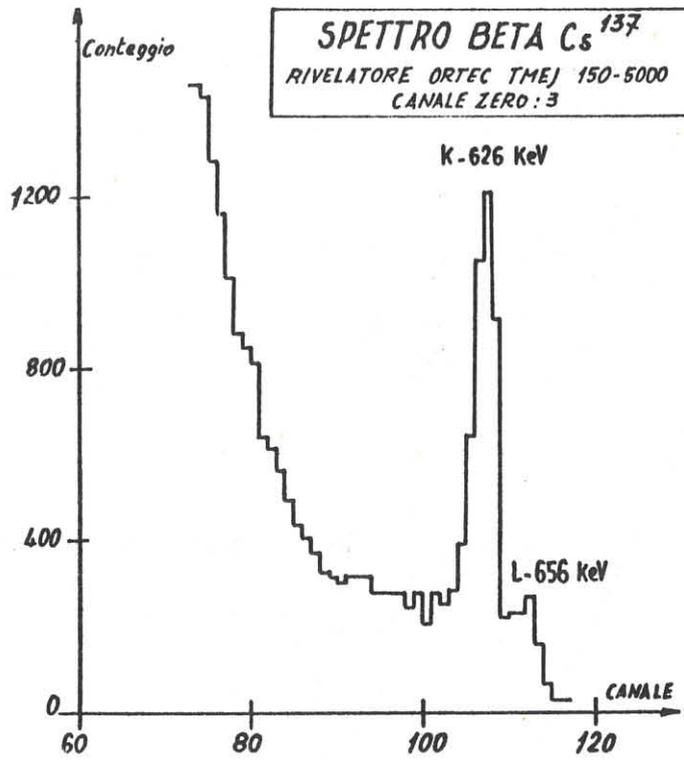


FIG. 3 - Spettro β di Cs^{137} . La larghezza della riga K è uguale a quella di Hg^{203} .

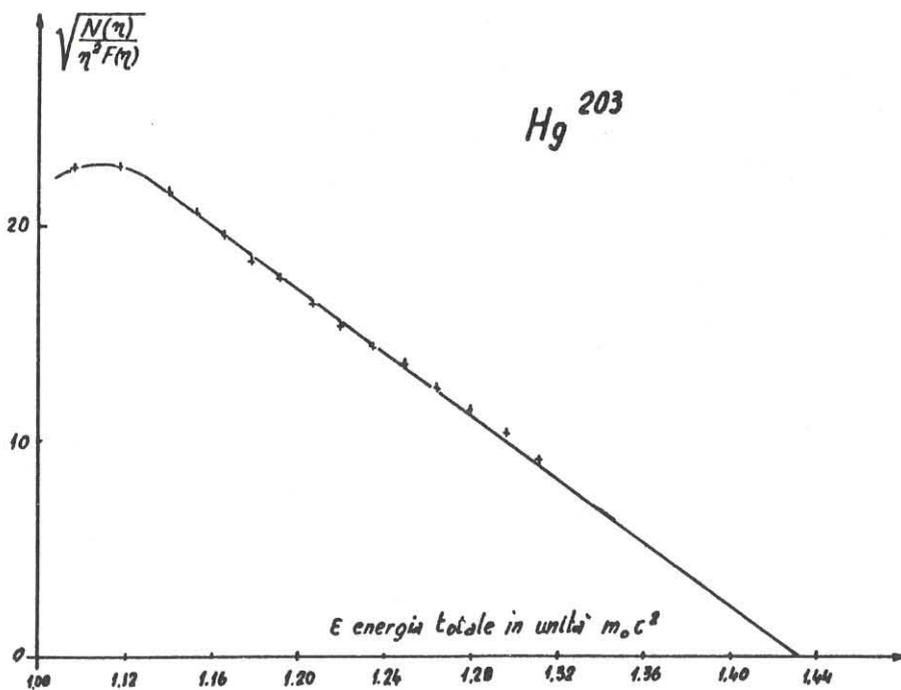


FIG. 4 - Grafico di Kurie relativo al continuo β con $E_{\text{max}} = 212 \text{ KeV}$ di Hg^{203} .

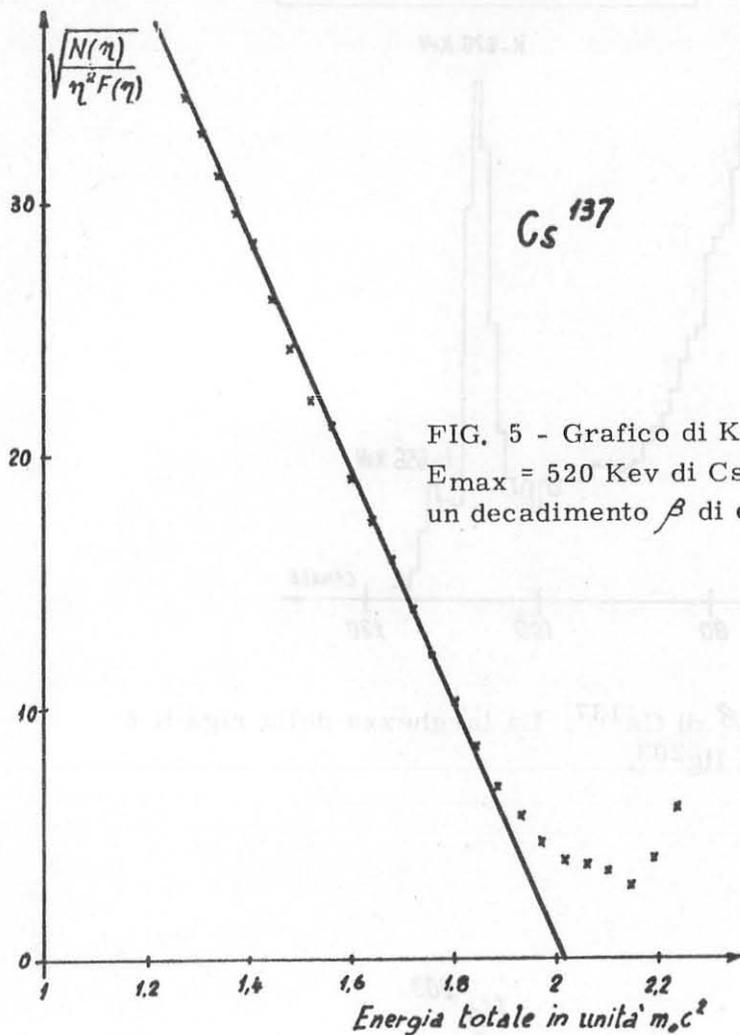


FIG. 5 - Grafico di Kurie relativo al continuo β con $E_{max} = 520$ Kev di Cs^{137} . Si nota anche la presenza di un decadimento β di energia massima maggiore.

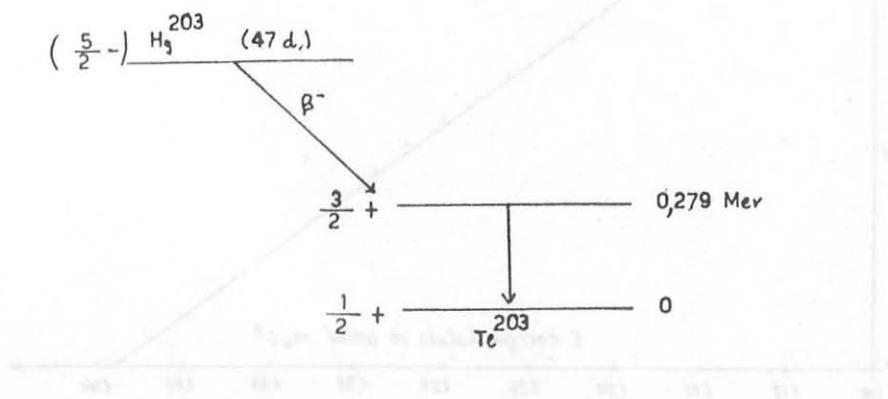


FIG. 6 - Schema di decadimento di Hg^{203} .