

LNF-75/44(R)
24 Settembre 1975

A. Zucchiatti: RISPOSTA DI UNO SPETTROMETRO DI CONTATORI
A SCINTILLAZIONE IN PRESENZA DI CAMPI MAGNETICI ESTERNI.

A. Zucchiatti^(o): RISPOSTA DI UNO SPETTROMETRO DI CONTATORIA SCINTILLAZIONE IN PRESENZA DI CAMPI MAGNETICI ESTERNI^(x)

1. - INTRODUZIONE. -

Per lo studio della fotoproduzione di particelle cariche, utilizzando i fotoni quasi-monocromatici presso il Linac di Frascati⁽¹⁾, è previsto l'uso di telescopi di contatori a scintillazione posti davanti ad un magnete a ventaglio che ha lo scopo di ridurre il fondo elettromagnetico presente e quindi l'affollamento sui contatori⁽²⁾.

Si è perciò studiato il comportamento di fotomoltiplicatori di grosso diametro in presenza del campo disperso di un magnete per quanto riguarda la risoluzione, l'uniformità di risposta e la possibilità di correggere gli effetti del campo disperso sul fototubo, riportando le caratteristiche a quelle che si hanno in assenza di campi magnetici.

2. - EFFETTI DEL CAMPO DISPERSO. -

I fenomeni che intervengono nella emissione di elettroni dal fotocatodo e nella loro raccolta e moltiplicazione sui dinodi possono essere brevemente riassunti nel modo seguente.

Gli elettroni "primari" lasciano il fotocatodo con una energia cinetica che varia da zero ad un valore massimo stabilito dalla legge di Einstein per l'effetto fotoelettrico:

$$E_{\text{cin}} \leq hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

con:

(o) - Istituto di Fisica dell'Università di Genova - Sezione INFN

(x) - Lavoro svolto nell'ambito del progetto gamma monocromatici.

2.

λ lunghezza d'onda della radiazione incidente
 λ_0 lunghezza d'onda di soglia per il materiale di cui è costituito il fotocatodo.

Nel caso, ad esempio, di un catodo di cesio-antimonio ($\lambda_0 = 6800 \text{ \AA}$) per una radiazione incidente di $\lambda = 4200 \text{ \AA}$ si ha $E_{\text{cin}} \approx 1.1 \text{ eV}$.

A seconda della loro velocità di uscita e del campo elettrostatico creato nel sistema ottico di entrata, essi percorrono traiettorie che terminano o non terminano sul primo dinodo ove inizia la moltiplicazione.

Il sistema ottico di entrata è progettato per favorire la raccolta degli elettroni indipendentemente dalla loro velocità di uscita e il potenziale dei vari elettrodi che lo costituiscono può essere fissato in modo da massimizzare il numero di elettroni primari che raggiunge il primo dinodo. E' da sottolineare il fatto che l'efficienza di raccolta, ovvero il rapporto fra il numero di elettroni raccolti dal primo dinodo ed il numero di elettroni emessi dal fotocatodo è, nelle migliori condizioni, $\sim 10\%$.

Anche fra dinodo e dinodo è presente il fenomeno della perdita di elettroni ma qui esso è meno rilevante in quanto le traiettorie sono più brevi (di un fattore 20 per il 58 AVP Philips da noi utilizzato).

Inoltre la geometria è tale da assicurare una efficienza di raccolta da dinodo a dinodo assai maggiori che nel caso del fotocatodo. Per quanto riguarda il fotocatodo poi, data la estensione della sua superficie è necessario assicurare non solo una buona efficienza di raccolta ma altresì una buona uniformità di risposta.

La presenza di campi magnetici esterni peggiora sensibilmente la efficienza di raccolta ed il guadagno del fototubo in quanto gli elettroni, soggetti alla forza elettrostatica ed a quella di Lorentz, spiralizzano.

Il numero di "primari" la cui traiettoria non incontra il primo dinodo aumenta con il valore del campo magnetico esterno. Per gli elettroni secondari, come già detto, l'effetto è minore. Gli effetti del campo magnetico terrestre ~ 0.8 Gauss sono praticamente eliminati con l'uso di schermo magnetico in μ -metal in dotazione al fototubo.

Esso però risulta insufficiente se sono presenti campi magnetici già del valore di qualche Gauss, a meno che non si ricorra a schermature esterne le quali dovranno però tenere conto della struttura già predisposta dell'apparato sperimentale che è schematicamente rappresentato in Fig. 1 a) e b). In Fig. 1 a) è mostrata la disposizione del magnete e del set di telescopi rispetto al fascio di fotoni; la Fig. 1 b) mostra in dettaglio la disposizione di un telescopio rispetto al magnete.

In Fig. 2 è riportata la curva di eccitazione del magnete per correnti fino a 300 Ampère ed in Fig. 3 l'andamento della componente B_z del campo disperso, per un campo di 6200 Gauss, misurata nel piano mediano della gap lungo l'asse centrale y dei due poli.

La componente B_z nella regione occupata dall'ottica di ingresso del fototubo, cioè fra i +20 ed i +40 cm, ha valori compresi fra i 185 e gli 11 Gauss.

Per studiare la risposta del contatore in presenza di un tale campo si è investito il cristallo, otticamente connesso con un fototubo 58 AVP Philips, con una sorgente collimata di Co^{60} nel punto centrale R ed in quattro punti disposti a croce, ciascuno a 3.5 cm da R.

Nelle migliori condizioni di focalizzazione e senza alcuno schermo esterno il guadagno diminuiva di un fattore 5 e i due picchi del Co^{60} non venivano risolti già per campi di 2300 Gauss, nonostante l'impiego di uno schermo di μ -metal dello spessore di 4 mm. In effetti, dato il montaggio "integral-line" del contatore tale schermo non si estendeva oltre il fotocatodo, mentre è ben noto⁽³⁾ che per avere efficacia esso avrebbe dovuto estendersi per almeno due volte il raggio del fototubo.

3. - CORREZIONE DEGLI EFFETTI NEL CAMPO DISPERSO. -

Il campo disperso della zona del contatore è stato ridotto corto circuitando il giogo del magnete con schermature in ferro.

La necessità di disporre attorno al magnete 4 o preferibilmente 5 telescopi e di non alterare il campo fra le espansioni polari, ha indirizzato la scelta verso una schermatura leggera con spessori da 5 a 10 mm e avente la struttura mostrata in Fig. 4 a).

L'efficacia di questa soluzione è stata provata utilizzando un singolo contatore e la struttura semplificata della Fig. 4 b).

L'andamento della componente B_z del campo disperso nella zona da +15 a +40 cm è confrontato in Fig. 5 con l'andamento dello stesso campo in assenza di schermatura essendo in entrambi i casi $B=6200$ Gauss.

Nella zona occupata dal contatore (da +20 a +60 cm) B_z ha valori compresi fra 6 e 1 Gauss, ridotta quindi in media di un fattore 20 con l'uso di schermatura.

Il confronto della mappa di uniformità a campo magnetico nullo (Tabella I) o in caso di campo del valore di 6200 Gauss, schermato, (Tabella II) mostra come non vengono alterate in maniera determinante le caratteristiche del contatore.

In effetti l'uniformità di risposta su una superficie ≈ 50 cm² si mantiene comunque entro $\pm 2\%$ e la risoluzione subisce modeste variazioni (contenute tutte entro il 12% del valore a campo nullo) che non dovrebbero dare apprezzabili differenze ad energie attorno a 100 MeV.

Gli spettri di Co^{60} nelle due situazioni e nel punto R sono mostrati in Fig. 6 e 7.

4.

TABELLA I

Punto	Canale 1.17 MeV	Risol. 1.17 MeV	Canale 1.33 MeV	Risol. 1.33 MeV
R	165 ± I	8.5 %	191 ± I	8.1 %
I	166	8.3	192	8.0
2	168	8.2	193	7.7
3	166	8.2	191	8.0
4	163	8.3	188	8.1

TABELLA II

Punto	Canale 1.17 MeV	Risol. 1.17 MeV	Canale 1.33 MeV	Risol. 1.33 MeV
R	130 ± I	8.9 %	149 ± I	8.7 %
1	130	8.7	150	8.3
2	132	9.2	152	8.7
3	128	8.6	148	7.9
4	128	8.5	148	8.1

L'effetto del campo magnetico non pone problemi per il contatore DE/DX sia per la posizione dei fotomoltiplicatori rispetto alla gap (Fig. 1 b)) sia perché si tratta di fototubi più piccoli (56 AVP Philips) e quindi a minor superficie e minor distanza fra fotocatodo e dinodi.

Inoltre la disomogeneità di risposta da punto a punto è meno critica, essendo la risoluzione di questo contatore dell'ordine del 10%.

4. - CONCLUSIONI. -

Pur non potendo intervenire direttamente sulle schermature interne dei contatori, il problema dell'utilizzo del telescopio in presenza di un magnete pulitore è risolvibile ricorrendo a strutture in ferro relativamente semplici e leggere, le quali assolvono sia funzioni di schermature sia funzioni di sostegno del set di telescopi.

I contatori impiegati mantengono le loro caratteristiche di uniformità e risoluzione entro limiti accettabili.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - G. P. Capitani, E. De Sanctis, S. Faini, C. Guaraldo, R. Malvano, G. Ricco, M. Sanzone e R. Scrimaglio, Frascati Report LNF-72/99 (1972).
- (2) - A. Zucchiatti, M. Sanzone e E. Durante, Frascati Report LNF-74/58 (1974).
- (3) - Informazioni tecniche Philips, Vol. 101 (1967).

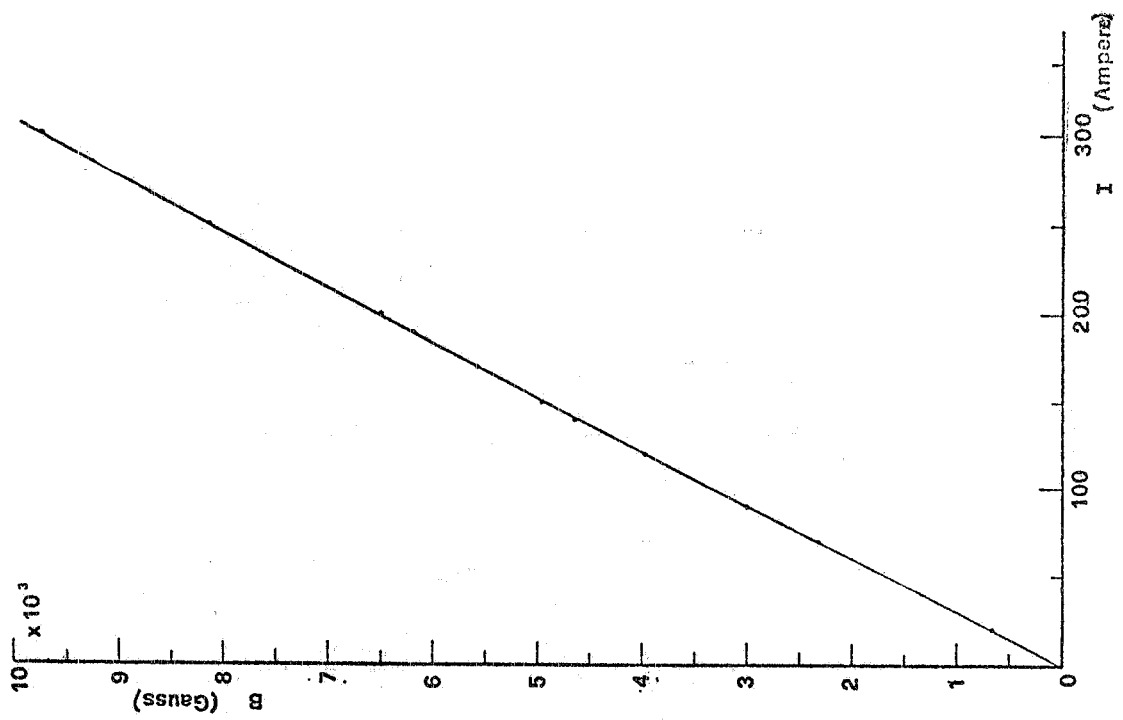


FIG. 2

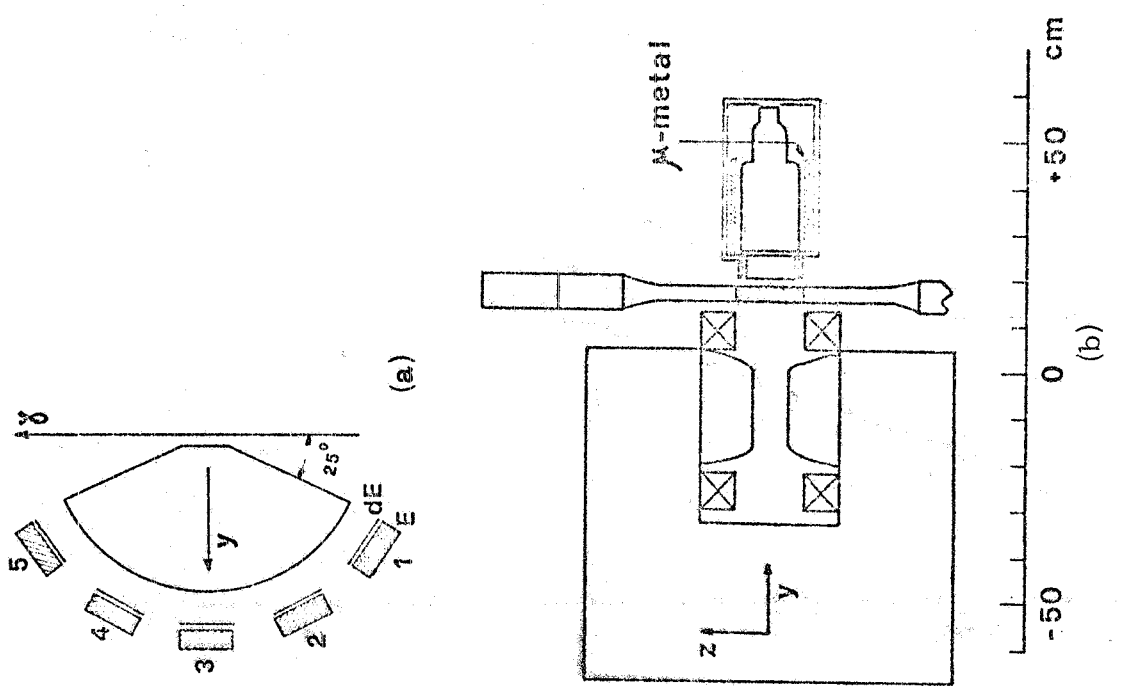


FIG. 1

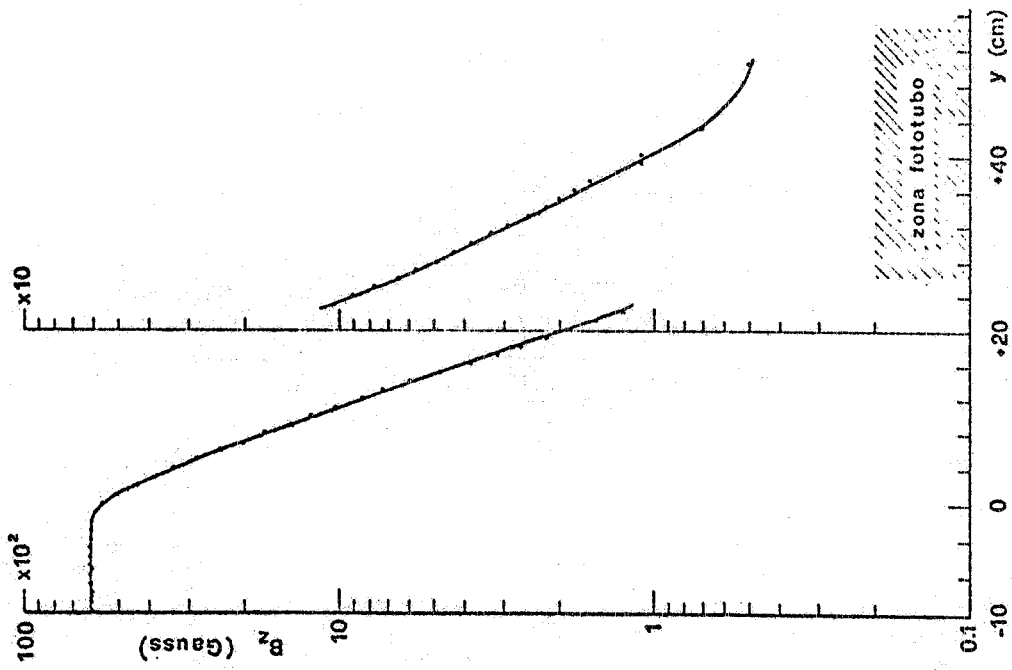


FIG. 3

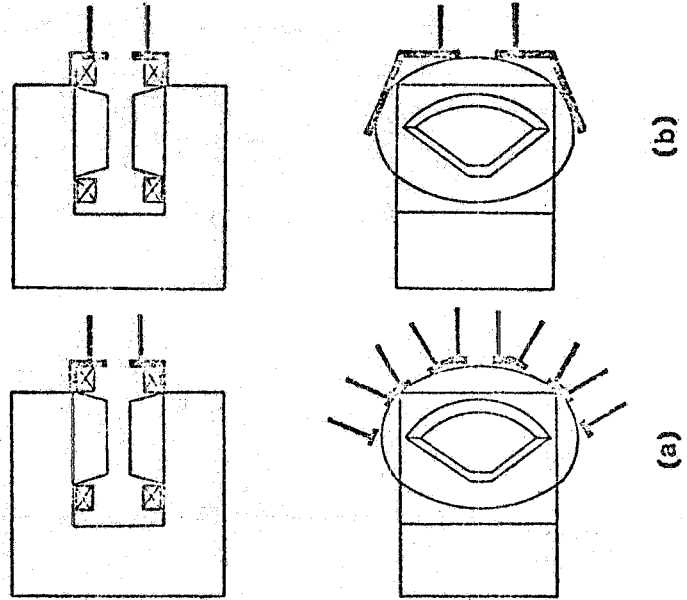


FIG. 4

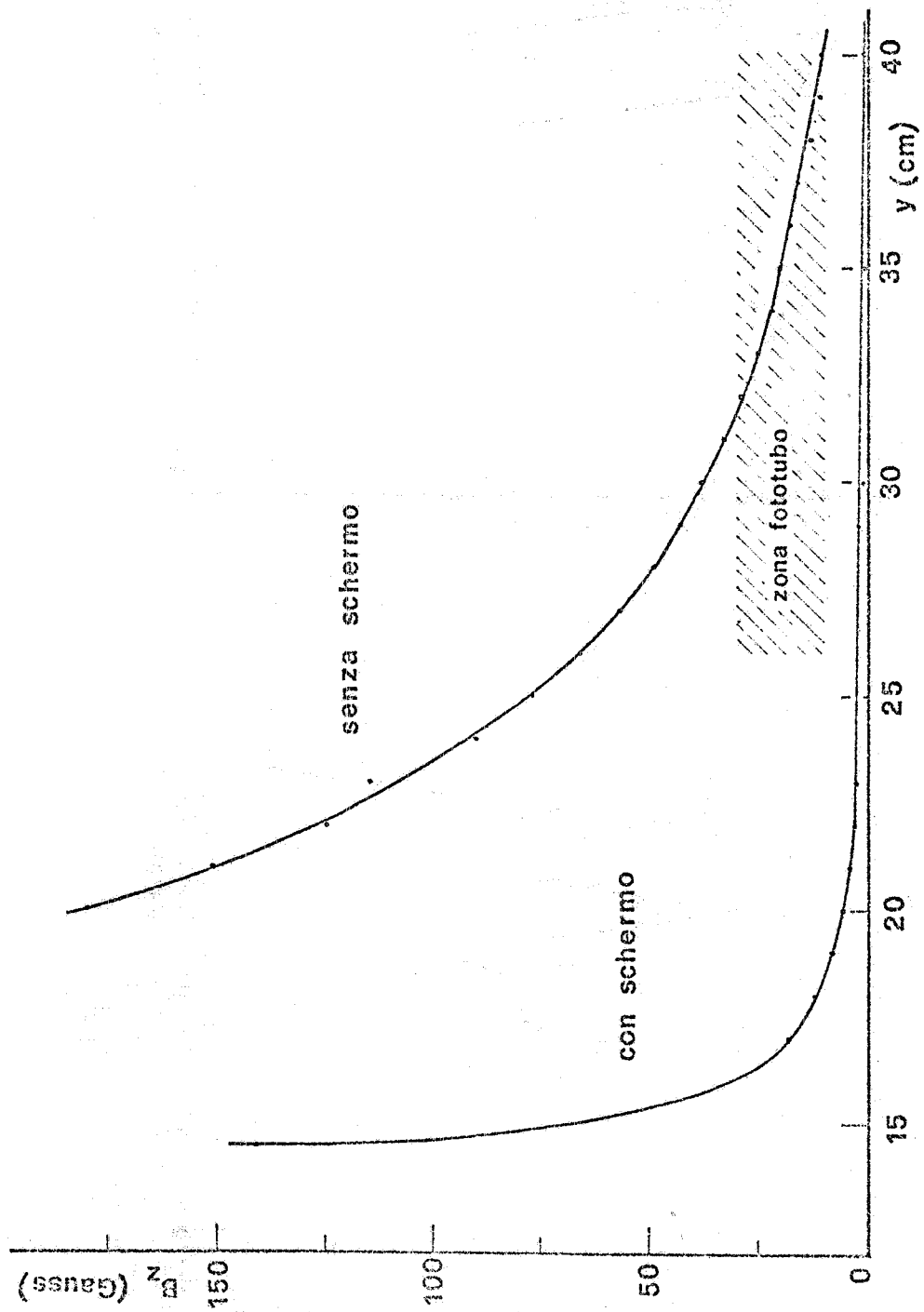


FIG. 5

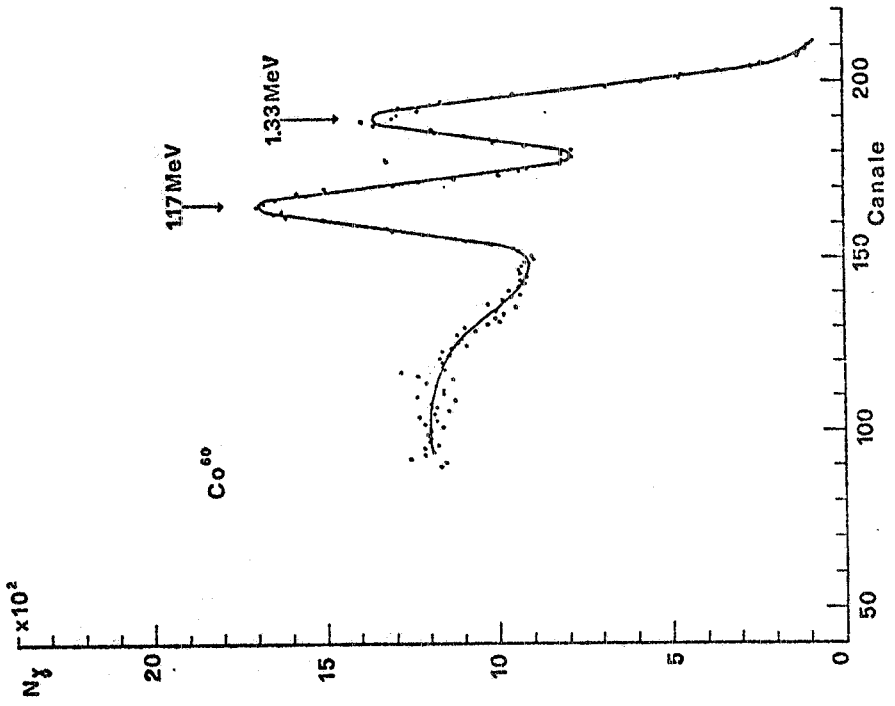


FIG. 7

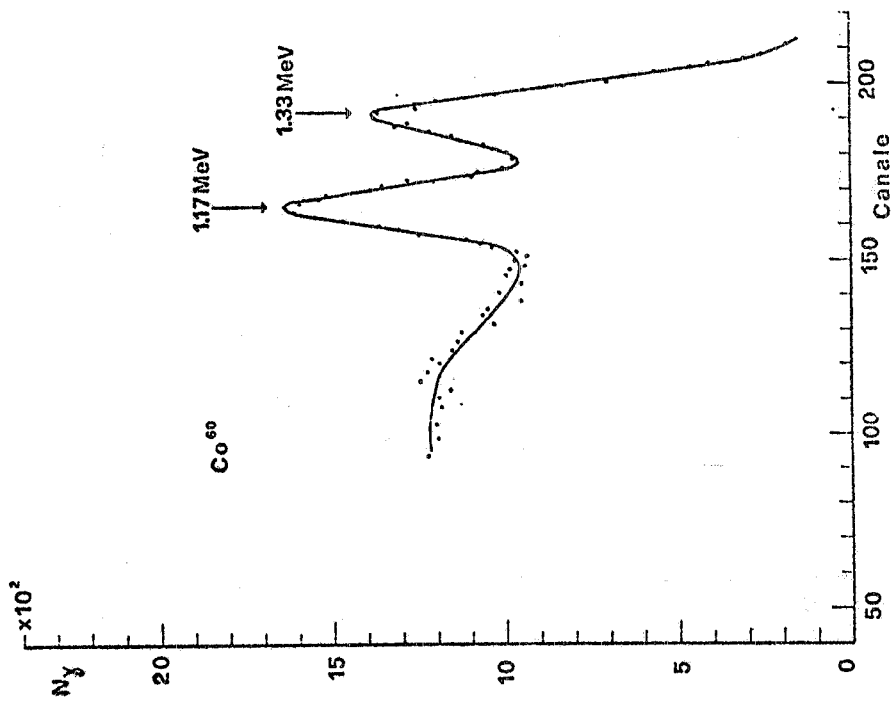


FIG. 6