

LNF-71/76  
26 Novembre 1971

P. Benvenuto, D. Fabbri, E. Lodi-Rizzini, L. Maiani, M. Napolitano, A. Piazza, V. Rossi, G. Susinno e L. Votano: UN DISPOSITIVO SPERIMENTALE AD ALTA RISOLUZIONE PER LA MISURA DI SPETTRI  $\gamma$  TRA 100 E 1000 MeV. -

LNF-71/76  
26 Novembre 1971

P. Benvenuto<sup>(x)</sup>, D. Fabbri, E. Lodi-Rizzini<sup>(+)</sup>, L. Maiani, M. Napolitano<sup>(x)</sup>, A. Piazza, V. Rossi<sup>(o)</sup>, G. Susinno, L. Votano<sup>(o)</sup>: UN DISPOSITIVO SPERIMENTALE AD ALTA RISOLUZIONE PER LA MISURA DI SPETTRI  $\gamma$  TRA 100 E 1000 MEV. -

Abbiamo costruito un piccolo spettrometro a coppie  $e^+e^-$ , ad alta risoluzione in momento ( $\Delta P/P < 2\%$ ), che accetta fasci gamma molto collimati ( $1 \div 2$  mm), poco intensi ( $< 10^5$  fotoni) e di energia compresa tra 100 e 1000 MeV. Tale spettrometro sarà impiegato per la determinazione dello spettro dei fasci  $\gamma$  utilizzati nelle esperienze di camere a bolle.

Lo spettrometro si compone essenzialmente delle seguenti parti:

- a) un magnete analizzatore a piccola gap;
- b) due camere a scintille a lettura magnetostriativa per la rivelazione delle due particelle e la localizzazione delle loro traiettorie;
- c) tre contatori a scintillazione per il riconoscimento degli eventi (coincidenze dei tre contatori, due sul ramo  $e^+$  e l'altro sul ramo  $e^-$ );

---

(x) - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Napoli.  
(+) - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Gruppo di Pavia.  
(o) - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma.

2.

- d) l'elettronica che controlla l'apparato e fornisce l'informazione digitalizzata delle traiettorie delle due particelle che può essere inviata ad un calcolatore on-line, il quale calcola, evento per evento, l'energia del gamma e fornisce lo spettro alla fine della misura.

In Fig. 1 è mostrata una fotografia dell'apparato.

Per la rivelazione dei due rami delle coppie sono state impiegate camere a scintilla perchè consentono una buona localizzazione spaziale delle particelle e quindi una elevata risoluzione in momento anche usando un piccolo magnete analizzatore; nello stesso tempo, esse offrono la possibilità di accettare coppie di una stessa energia indipendentemente dal modo in cui essa, entro limiti abbastanza ampi, è ripartita tra i due rami, il che comporta alte velocità di conteggio anche con fasci poco intensi.

Vediamo ora con qualche dettaglio le caratteristiche dell'apparato.

Magnete, camera da vuoto, convertitore.-

Il magnete ha espansioni polari rettangolari di  $20 \times 30 \text{ cm}^2$  con una gap di 1.5 cm; il campo massimo è di 21.4 KGauss (26 Volt, 500 A).

Tra le espansioni polari è sistemata la camera da vuoto che contiene il convertitore e un supporto per una sonda di Hall che permette di determinare con grande precisione ( $\sim 1\%$ ) il valore del campo. Una mappa, fatta per diversi valori del campo magnetico, mostra che esso è costante entro l'1% nella zona tra le espansioni polari con un piccolo fringing-field.

In Fig. 2 è riportato l'andamento del campo magnetico lungo la direzione del fascio; i valori sono rapportati al campo  $B_0$  misurato al centro delle espansioni polari.

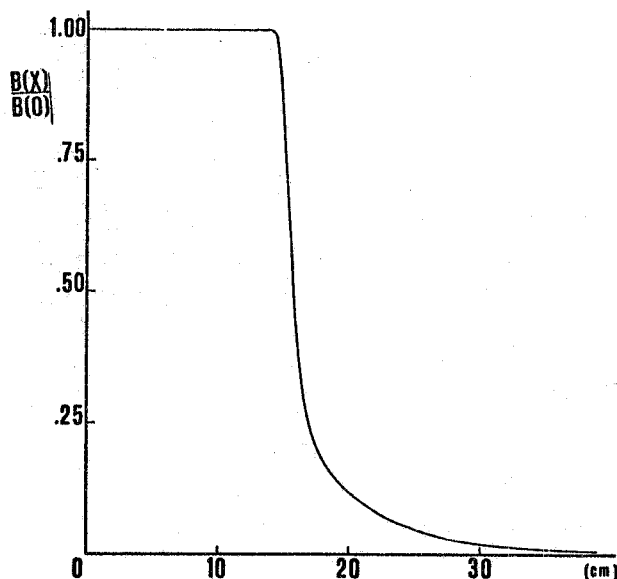


FIG. 2 - Andamento del campo magnetico lungo la direzione del fascio, riferito al valore  $B(0)$  che il campo assume al centro della gap.

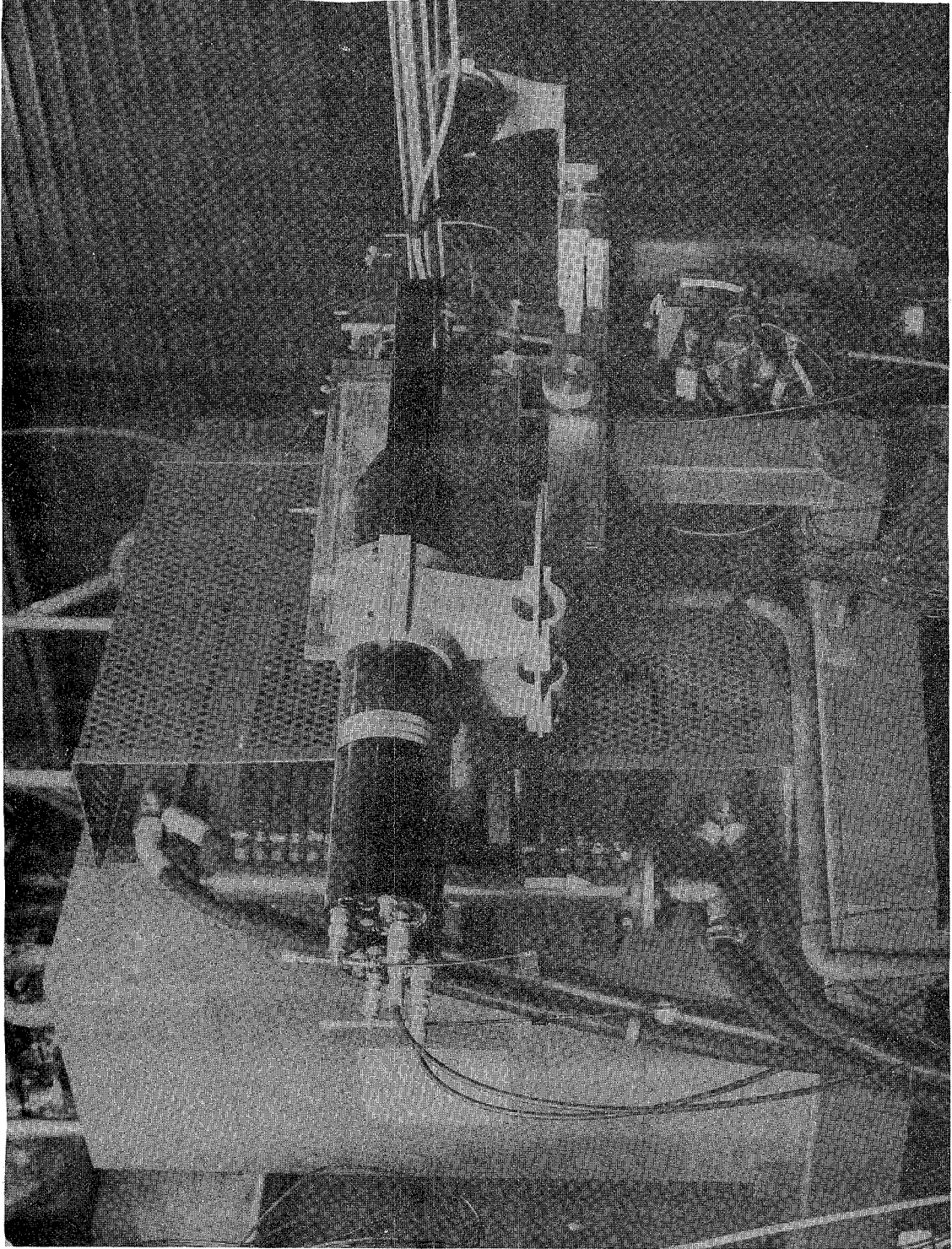


FIG. 1

Il convertitore è costituito da un bersaglio di alluminio il cui spessore può essere scelto tra i seguenti valori: 0.8 mm, 0.6 mm, 0.4 mm, 0.2 mm. Esso è stato costruito tenendo presenti le seguenti esigenze:

- a) deve essere sottile abbastanza da rendere trascurabile l'errore dovuto allo scattering multiplo;
- b) deve essere tale che ogni coincidenza dei tre contatori a scintillazione corrisponda, con elevata probabilità, ad una sola coppia  $e^+e^-$ ;
- c) deve consentire di avere almeno una coppia misurabile per fascio, per avere una buona velocità di conteggio.

Si può calcolare che con il convertitore che usiamo, anche in corrispondenza del massimo spessore, l'angolo quadratico medio di scattering multiplo è minore dell'angolo quadratico medio proprio delle coppie. I quattro valori dello spessore sono tali che, al variare della intensità dei fasci normalmente usati (fasci della durata di  $\sim 2$  ms e di intensità dell'ordine di  $10^4$  quanti equivalenti) e al variare della zona di spettro esplorata, consentono di soddisfare sia la condizione b) che la c).

#### Camere a scintille.-

Le camere, di dimensioni  $25 \times 15 \text{ cm}^2$ , hanno il piano conduttore ad alta tensione costituito da un piatto di alluminio mentre l'altro piano è costituito da fili paralleli disposti a 1.1 mm di distanza l'uno dall'altro, e nella direzione del lato più corto.

Un filo magnetostrittivo, posto perpendicolarmente ai fili della camera, permette di determinare la coordinata azimutale della scintilla, misurando l'intervallo di tempo che intercorre tra due impulsi di magnetostrizione che si propagano lungo il filo; il primo di riferimento e il secondo formatosi in corrispondenza del filo su cui è scoccata la scintilla. La scelta di scintillatori di piccole dimensioni trasversali (2.5 cm) e il loro opportuno posizionamento rispetto alla camera da vuoto consentono di accettare solo eventi dovuti a particelle le cui traiettorie siano entro un piccolo angolo diedro intorno al piano centrale della gap; in questo modo sono praticamente esclusi quegli eventi in cui l'una o l'altra delle due particelle ha subito scattering.

#### Elettronica.-

In Fig. 3 è mostrato lo schema a blocchi dell'elettronica.

Il circuito indicato con  $T_0$  permette di selezionare, alla frequenza desiderata, un segnale  $T_1$  (PRESET) in coincidenza con un segnale di peaker di ignizione.

4.

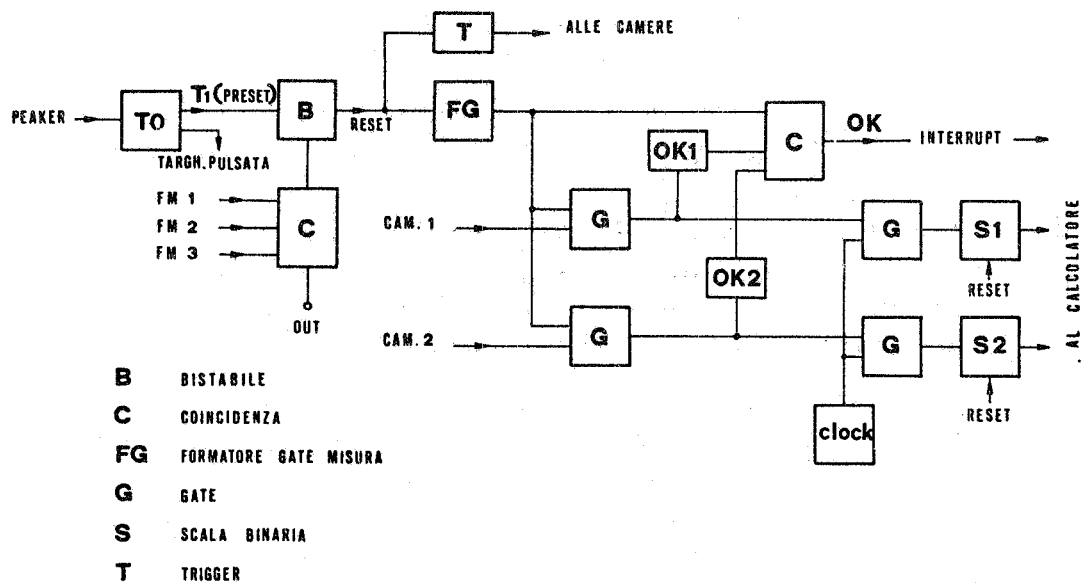


FIG. 3 - Schema a blocchi dell'elettronica.

Il segnale  $T_1$  abilita un bistabile a dare un impulso in corrispondenza della prima coincidenza tripla dei tre contatori a scintillazione. A tale impulso (RESET) sono affidati i seguenti compiti:

- comandare il trigger delle camere a scintilla;
- azzerare le scale di conteggio;
- aprire un gate ritardato per l'accettazione dei due impulsi delle camere.

Il ritardo del gate è dell'ordine di  $4 \mu s$  e serve ad eliminare gli impulsi spuri in corrispondenza allo sparo delle camere; la durata del gate è scelta in modo da essere appena superiore al massimo intervallo di tempo possibile tra i due impulsi provenienti da una camera allo scoccare di una stintilla.

La misura della distanza temporale tra i due impulsi di ciascuna camera è fatta da una doppia scala binaria, che conta, tra il primo e il secondo impulso, le oscillazioni di un clock a 10 MHz.

Quando, nella durata del gate, da ciascuna camera non siano arrivati più di due impulsi, alla chiusura del gate si ottiene un segnale (OK misura); questo segnale permette il riconoscimento off-line degli eventi buoni ed ha il compito di fornire l'interrupt al calcolatore per la lettura delle due scale. E' ovvio che, funzionando nel modo descritto l'apparato non accetta più di un evento per fascio; d'altra parte questo è il numero di eventi consentito dalla breve durata ( $\approx 2$  ms) dei fasci normalmente usati per le camere a bolle, tenendo conto dei tempi morti delle camere.

Descritto così l'apparato, vediamo ora come avviene la misura dello spettro.

Nel caso che ci interessa, cioè per energie dei gamma che variano tra 150 e 1000 MeV, facciamo uso di quattro diversi valori del campo magnetico (ci riferiamo ai valori misurati dalla sonda di Hall posta all'interno della gap) riportati nella Tabella I.

TABELLA I

B (K Gauss)	$P_{\min}$ (MeV/c)	$P_{\max}$ (MeV/c)	$E_{\gamma \min}$ (MeV)	$E_{\gamma \max}$ (MeV)
2	50	175	150	290
4	100	350	250	550
7	175	600	480	950
12	300	1000	800	1000

La determinazione dell'impulso dell'elettrone (o del positrone) è fatta mediante una tabella, memorizzata nel calcolatore on-line, che dà l'impulso della particella in funzione della posizione della traccia sulla camera a fili.

Tale tabella è stata costruita con un programma che calcola le traiettorie in un campo magnetico uniforme nella zona della gap e un campo magnetico tabulato nella zona del fringing-field.

La somma degli impulsi dei due rami fornisce l'energia del gamma.

In Tabella I, in corrispondenza a ogni valore del campo, Sono dati i valori  $P_{\min}$  e  $P_{\max}$  dell'impulso dell'una o dell'altra particella accettati dall'apparato e le energie del gamma incidente minima ( $E_{\gamma \min}$ ) e massima ( $E_{\gamma \max}$ ) che si considerano.

Le zone di sovrapposizione tra i quattro intervalli dello spettro, così esplorati, consentono la loro normalizzazione reciproca. I valori  $E_{\gamma \min}$  e  $E_{\gamma \max}$  sono stabiliti in base al valore minimo accettato della efficienza di misura. Infatti, poichè non sono accettate coppie molto asimmetriche, partendo dalle curve di Bethe e Heitler, è stata calcolata una efficienza di misura, che varia tra un massimo dello ordine del 45% e un minimo scelto dell'ordine del 20%, funzione della energia del gamma e del valore del campo magnetico. La tabella, memorizzata anch'essa nel calcolatore, permette di apportare allo spettro

6.

le dovute correzioni prima della stampa finale.

Prove sul fascio hanno permesso di verificare il corretto funzionamento dello spettrometro. In via preliminare, i dati sono stati raccolti con una stampante veloce, poichè non era disponibile il PDP8 che inizialmente si pensava di collegare on-line.

Nel prossimo futuro lo spettrometro sarà collegato on-line al calcolatore LABEN 70.