

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Genova

INFN/BE-78/1
12 Gennaio 1978

P. Corvisiero, M. Costantini e L. Fossati: SPETTROMETRO A
NaI(Tl) PER LA MISURA DI BASSE ATTIVITA' GAMMA.

INFN/BE-78/1
12 Gennaio 1978

P. Corvisiero, M. Costantini e L. Fossati: SPETTROMETRO A NaI(Tl)
PER LA MISURA DI BASSE ATTIVITA' GAMMA.

1. - INTRODUZIONE. -

Si è realizzato un rivelatore a NaI(Tl) per radiazione x e γ della sensibilità di $10^{-4} \div 10^{-5} \mu\text{Ci}$ nell'intervallo di energia compresa tra 0.3 e 6 MeV. Tale sensibilità consente il controllo della radioattività γ presente in prodotti alimentari (pesci, latte, acqua potabile, vegetali, ecc. . .); in una misura diretta (senza cioè pretrattamento chimico del campione) si riesce infatti ad apprezzare una attività specifica dell'ordine di qualche pCi per grammo di sostanza.

Un altro esempio di uso del rivelatore è il controllo e l'analisi degli scarichi radioattivi di quei laboratori che usano radioisotopi γ -emittenti; infatti i valori delle concentrazioni massime ammissibili di radioattività negli scarichi liquidi per gli isotopi più comunemente usati per diagnostica o terapia sono compresi nell'intervallo $10^{-2} \div 10^{-4} \mu\text{Ci/ml}$.

2. - DESCRIZIONE DELL'APPARATO SPERIMENTALE. -

Lo strumento consiste di un cristallo cilindrico 3" x 3" di NaI(Tl) con un pozzetto centrale ($\phi = 0.3''$, $h = 2''$) nel quale viene introdotto il campione da esaminare, circondato da un scintillatore plastico NE 102A operante in autocoincidenza, il cui scopo principale è quello di diminuire i conteggi dovuti al fondo naturale. Il cristallo di NaI(Tl) è accoppiato ad un fotomoltiplicatore Philips XP1031; lo scintillatore plastico è accoppiato ad un fotomoltiplicatore XP1040. Durante la fase di misura lo scintillatore plastico ricopre interamente il rivelatore (Fig. 1). Intorno ai due rivelatori vi è una schermatura di forma cilindrica di 2 cm di ferro e di 8 cm di piombo. L'apparecchiatura è situa

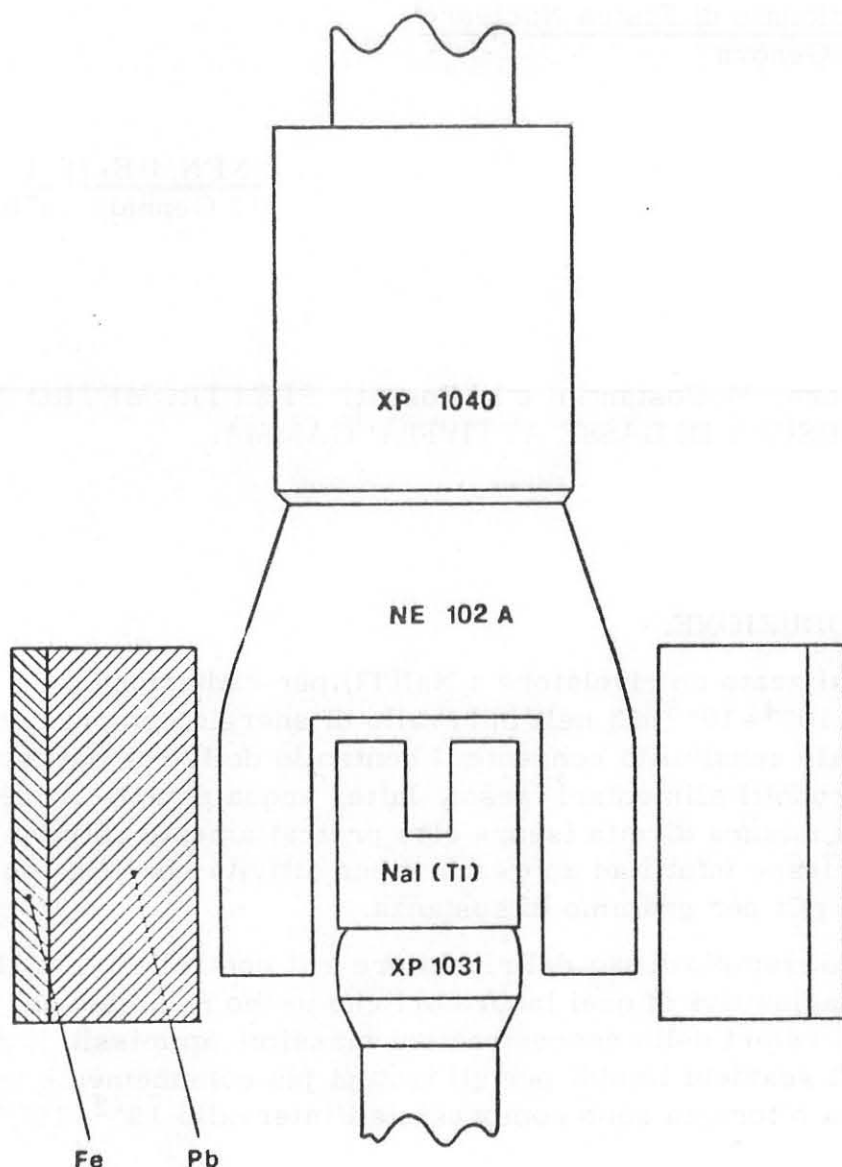


FIG. 1- Geometria dello spettrometro.

ta in un bunker di cemento le cui pareti hanno uno spessore di 30 cm. Il cristallo di NaI(Tl) è mantenuto in posizione fissa, lo scintillatore plastico è sistemato al di sopra e può spostarsi in senso verticale per permettere l'introduzione della sostanza da esaminare nel pozzetto del cristallo principale.

Lo schema a blocchi dell'elettronica è riportato in Fig. 2. I segnali provenienti dai due fotomoltiplicatori sono inviati a due preamplificatori-amplificatori LABEN Mod. G 40 B; le uscite dei due amplificatori vanno ad un Combinatore Logico LABEN L15, due discriminatori forniscono due segnali logici i quali vengono centrati temporalmente tramite un

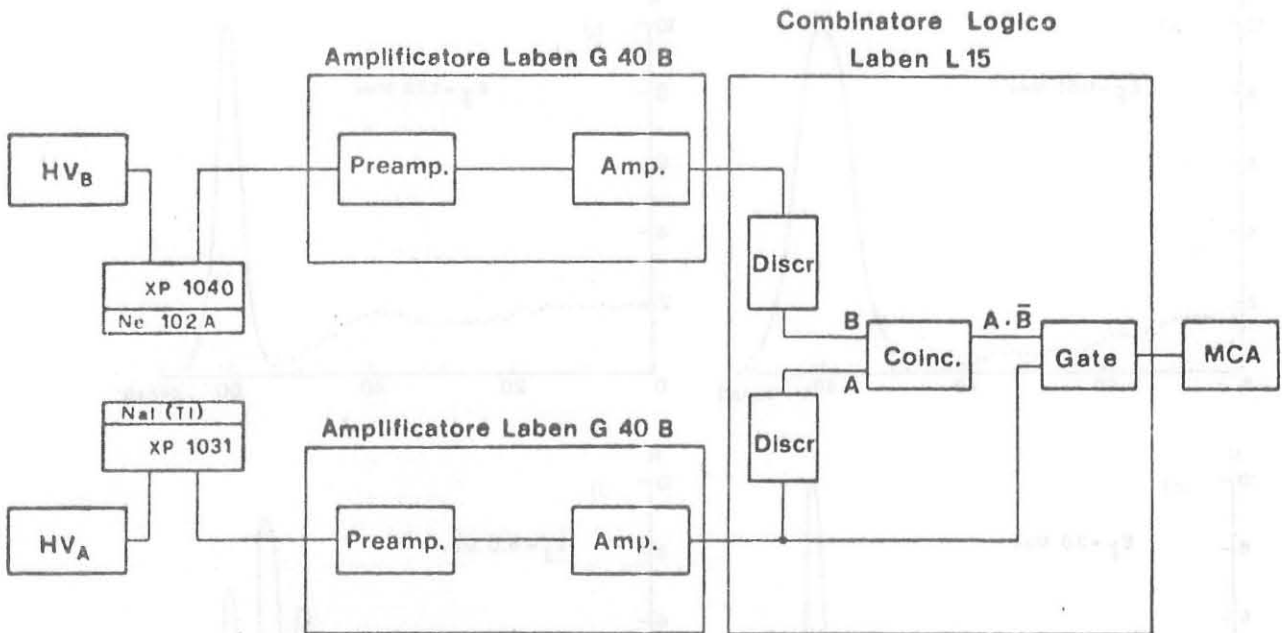


FIG. 2 - Diagramma a blocchi del sistema elettronico.

ritardo variabile; il segnale di anticoincidenza abilita un gate lineare la cui uscita viene inviata ad un analizzatore multicanale.

3. - CALCOLO DELL'EFFICIENZA. -

L'efficienza è stata calcolata numericamente mediante il metodo Monte Carlo usando il programma realizzato in ref. (1) ed adattandolo alla particolare geometria del rivelatore a pozzetto. Il programma così modificato permette di calcolare per una sorgente cilindrica estesa posta nel pozzetto.

- 1) La funzione di risposta del rivelatore;
- 2) L'efficienza di picco intrinseca del rivelatore e quella del sistema sorgente-rivelatore;
- 3) L'efficienza totale intrinseca del rivelatore e quella del sistema sorgente-rivelatore;
- 4) La fotofrazione.

Il programma tiene anche conto dell'autoassorbimento della radiazione nella sorgente stessa. Il calcolo della efficienza è stato eseguito per diverse energie di fotoni nell'intervallo 0,3÷6 MeV. In Fig. 3 sono riportati i risultati ottenuti per le funzioni di risposta ad alcune energie, ed in Fig. 4 sono riportate le curve dell'efficienza di picco, della efficienza totale e della fotofrazione.

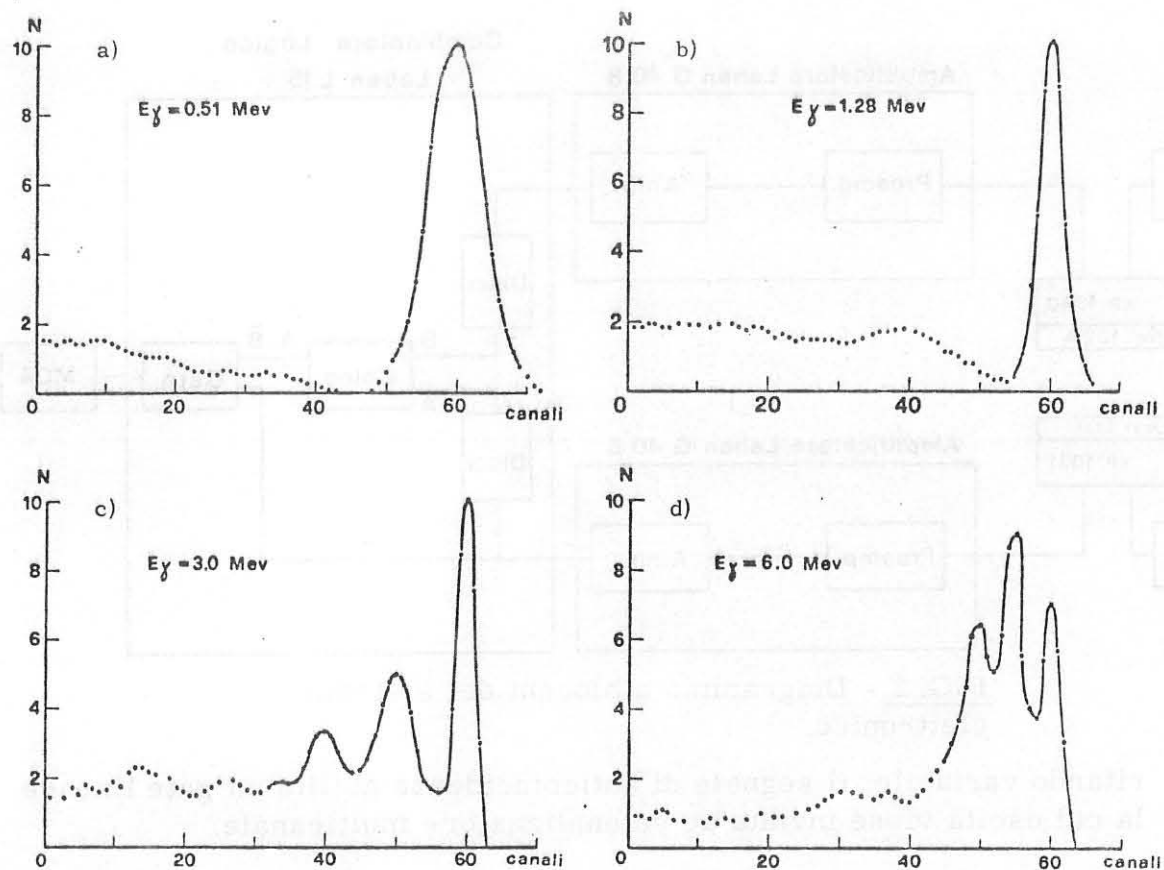


FIG. 3- Funzione di risposta del rivelatore per $E_\gamma = 0.51, 1.28, 3.0$ e 6.0 MeV calcolata numericamente come spiegato nel testo.

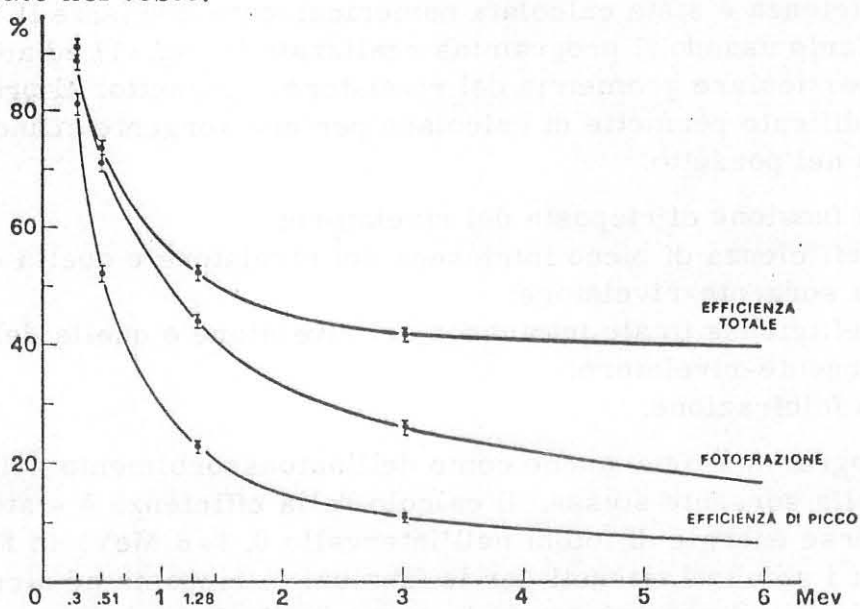


FIG. 4 - Andamento dell'efficienza di picco, dell'efficienza totale e della fotofrazione in funzione dell'energia.

4. - MISURE DI FONDO AMBIENTE. -

E' stata eseguita una serie di misure della radiazione di fondo per poterne valutare l'influenza nel conteggio di campioni radioattivi in differenti condizioni di schermaggio e di analisi elettronica; si riportano qui solo le due condizioni estreme, e cioè:

- a) cristallo NaI(Tl) non schermato e senza anticoincidenza;
- b) cristallo NaI(Tl) con anticoincidenza nella configurazione di Fig.1

Gli spettri di fondo ottenuti sono riportati in Fig. 5; si nota in en-

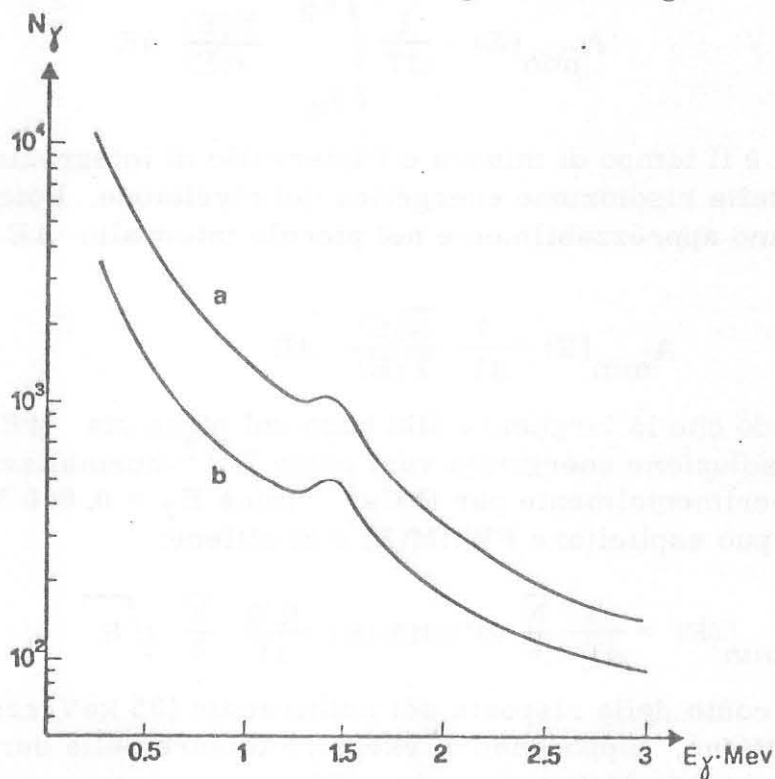


FIG. 5 - Spettri di fondo ambiente. a) senza schermature e b) con schermature e analisi in anticoincidenza.

trambi un picco che è da attribuirsi alla emissione dei raggi γ da 1.46 MeV del Potassio - 40 contenuto nei materiali da costruzione. Confrontando i due spettri si nota la diminuzione dei conteggi del fondo di un fattore circa 3. Conoscere lo spettro di fondo minimo ottenibile serve per calcolare la sensibilità dello strumento, intesa come la minima attività rivelabile in funzione dell'energia.

5. - VALUTAZIONE DELLA SENSIBILITA' DELLO STRUMENTO. -

Dalle misure di fondo eseguite e dal calcolo dell'efficienza di picco del sistema sorgente rivelatore è possibile ricavare la sensibilità di questo strumento.

Si è assunta come minima attività misurabile $A_{\min}(E)$ quella di una sorgente che darebbe un contributo uguale al fondo nello stesso intervallo di energia. Conoscendo l'efficienza di picco $\epsilon(E)$ e il valore dei conteggi $N(E)$ dovuti al fondo, si ricava la minima attività misurabile:

$$A_{\min}(E) = \frac{1}{\Delta T} \int_{E_1}^{E_2} \frac{N(E)}{\epsilon(E)} dE$$

dove ΔT è il tempo di misura e l'intervallo di integrazione $E_2 - E_1 = \Delta E$ dipende dalla risoluzione energetica del rivelatore. Poichè $N(E)$ ed $\epsilon(E)$ non variano apprezzabilmente nel piccolo intervallo ΔE , si può scrivere:

$$A_{\min}(E) = \frac{1}{\Delta T} \frac{\overline{N}(E)}{\overline{\epsilon}(E)} \Delta E$$

Supponendo che la larghezza alla base del picco sia $\Delta E \approx 2FWHM(E)$ e che la risoluzione energetica vari come $E^{1/2}$ -normalizzata al valore ottenuto sperimentalmente per il Cs^{137} (cioè $E_\gamma = 0.660$ MeV) pari a 81 keV- si può esplicitare $FWHM(E)$ e si ottiene:

$$A_{\min}(E) = \frac{1}{\Delta T} \frac{\overline{N}}{\overline{\epsilon}} 2FWHM(E) = \frac{0.2}{\Delta T} \frac{\overline{N}}{\overline{\epsilon}} \sqrt{E}$$

Tenendo conto della risposta del multicanale (35 keV/canale in questo caso) si ottiene, supponendo di eseguire misure della durata di un'ora ed esprimendo E in MeV e A_{\min} in μCi :

$$A_{\min}(E) = 4.3 \cdot 10^{-8} \frac{\overline{N}}{\overline{\epsilon}} \sqrt{E}, \quad \mu Ci$$

L'andamento di A_{\min} è rappresentato in Fig. 6. Si può notare come su tutto lo spettro, da 0.3 a 6 MeV, la sensibilità dello strumento si mantiene tra i $5 \cdot 10^{-5} \mu Ci$ e i $10^{-4} \mu Ci$.

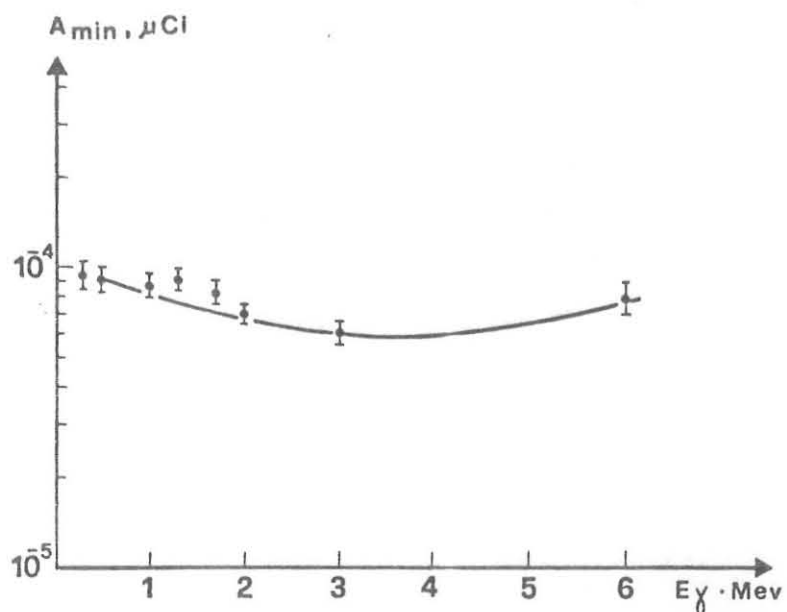


FIG. 6 - Andamento della sensibilità dello spettrometro in funzione dell'energia.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - M. Belluscio, R. De Leo, A. Pantaleo and A. Vox, Nucl. Instr. and Meth. 118, (1974).