

Caratterizzazione rivelatore a barriera superficiale

Gianluca Cavallaro
Marco Gobbo

24 Marzo 2020

1 Introduzione

L'obiettivo di questa parte dell'esperienza è quello di allestire, ottimizzare e caratterizzare il rivelatore che verrà in seguito utilizzato per lo studio dell'interazione delle particelle alfa con la materia. In questo report ci proponiamo di analizzare le misurazioni acquisite, effettuandone l'analisi.

2 Strumentazione

- Crate NIM per alimentazione di moduli di elettronica standard
- Modulo 7401-7401VR Alpha Spectrometer CANBERRA
- Scheda ACD/MCA CAEN N957
- PC di controllo per la scheda ACD/MCA
- Pompa rotativa e circuito per l'evacuazione della camera
- Rivelatori di Silicio a barriera superficiale (900 mm^2 di area)
- Sorgente alpha di ^{241}Am

3 Caratterizzazione con impulsatore calibrato in energia

Dopo aver posto il rivelatore al Silicio in una camera a vuoto, si sfrutta la catena di lettura classica (pre-amplificatore, amplificatore, shaper, ACD/MCA) per generare sull'elettronica in uscita dei segnali la cui forma è analoga a quella che il rivelatore fornisce in seguito ad una interazione alfa. Come indicato, nel caso specifico il rivelatore è polarizzato con una canale di 50 V. Si fissano dei precisi valori di energia dell'impulsatore, in un intervallo che va da 1 MeV a 10 MeV, e con i dati ottenuti si costruiscono diversi istogrammi, uno per ciascun valore di energia. Da ognuno di questi istogrammi, tramite una estrapolazione gaussiana, è possibile ricavare la posizione, espressa in mV, del picco. Di seguito sono riportate le posizioni dei 10 picchi, relative alle 10 raccolte dati a nostra disposizione:

Energia [MeV]	Canale picco [mV]	σ [mV]
1.10	665	7
2.09	1424	7
3.09	2184	7
4.09	2944	7
5.09	3707	8
6.09	4468	8
7.09	5227	8
8.09	5983	8
9.09	6734	8
9.98	7405	8

Attraverso questi dati, si va a costruire un grafico *energia vs canale picco*. Questo grafico rappresenta la **curva di calibrazione**:

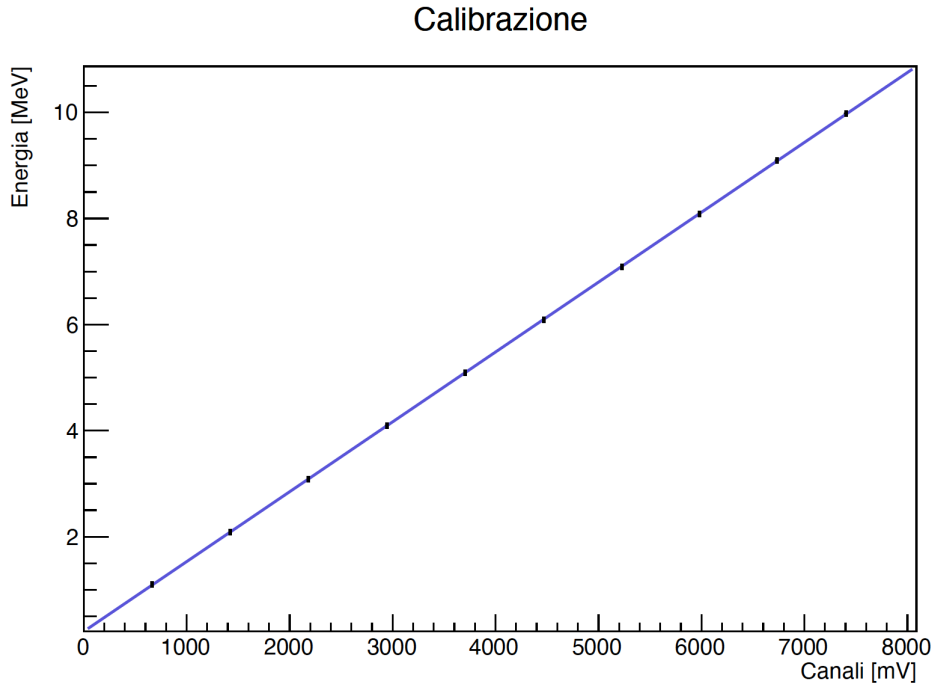


Figura 1: Retta di calibrazione Energia vs Canale Picco

Dal fit, si ottiene la seguente retta di calibrazione:

$$\text{Energia} = m \cdot \text{Canale picco} + q$$

Con coefficienti pari a:

$$m = 1.327 \times 10^{-3} \pm 10^{-6} \text{ MeV/mV}$$

$$q = 0.213 \pm 0.7 \times 10^{-2} \text{ MeV}$$

Con i seguenti valori per quanto riguarda χ^2 ridotto e *P-Value*:

$$\frac{\chi^2}{\text{NDF}} = \frac{5.18}{8} = 0.648$$

$$\text{P-Value} = 0.738$$

3.1 Osservazioni

Il grafico di calibrazione ottenuto mostra con chiarezza l'andamento lineare della relazione fra energia e canale del picco. Si può notare che l'intercetta della retta infatti è prossima all'origine: questa piccola discrepanza può essere dovuta ad un offset di base dello strumento. È necessario però verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti andando a confrontare con lo spettro di una sorgente nota.

4 Caratterizzazione con sorgente di 241-Am

In questa parte successiva, nella camera viene inserita una sorgente di 241-Am, e ciò che in questo caso viene misurato è lo spettro in energia di questo materiale. Di seguito è riportato lo spettro della sorgente:

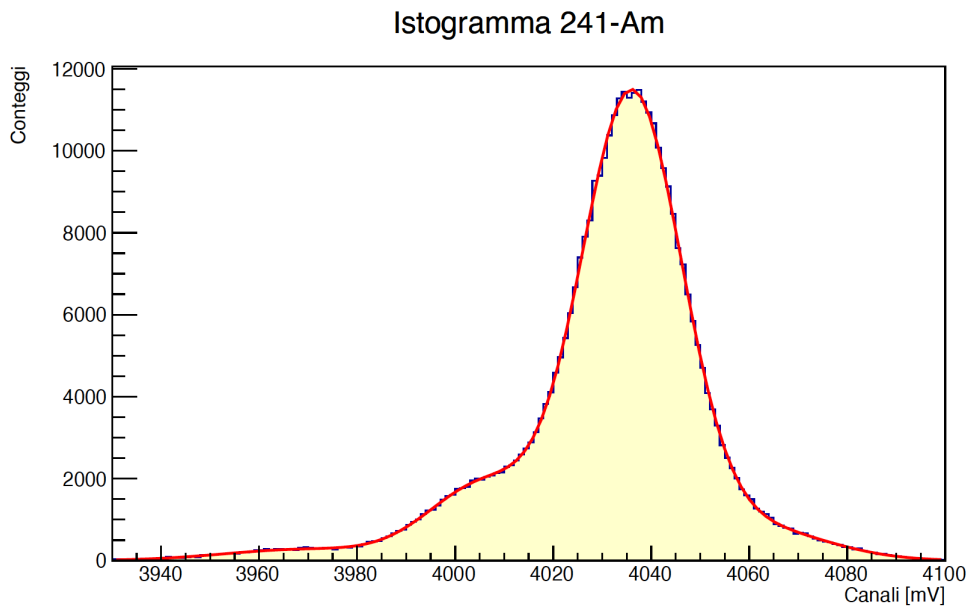


Figura 2: Spettro 241-Am

Con i seguenti valori per quanto riguarda χ^2 ridotto e *P-Value*:

$$\frac{\chi^2}{\text{NDF}} = \frac{194.2}{158} = 1.229$$

$$\text{P-Value} = 0.026$$

Ed i seguenti valori per ciascun picco:

Canale picco[mV]	σ [mV]
3970	17
4006	12
4036	10
4062	14

Dal fit è possibile dunque risalire ai 4 picchi di emissione del 241-Am. Utilizzando le energie di emissione tabulate, si costruisce una nuova curva di calibrazione:

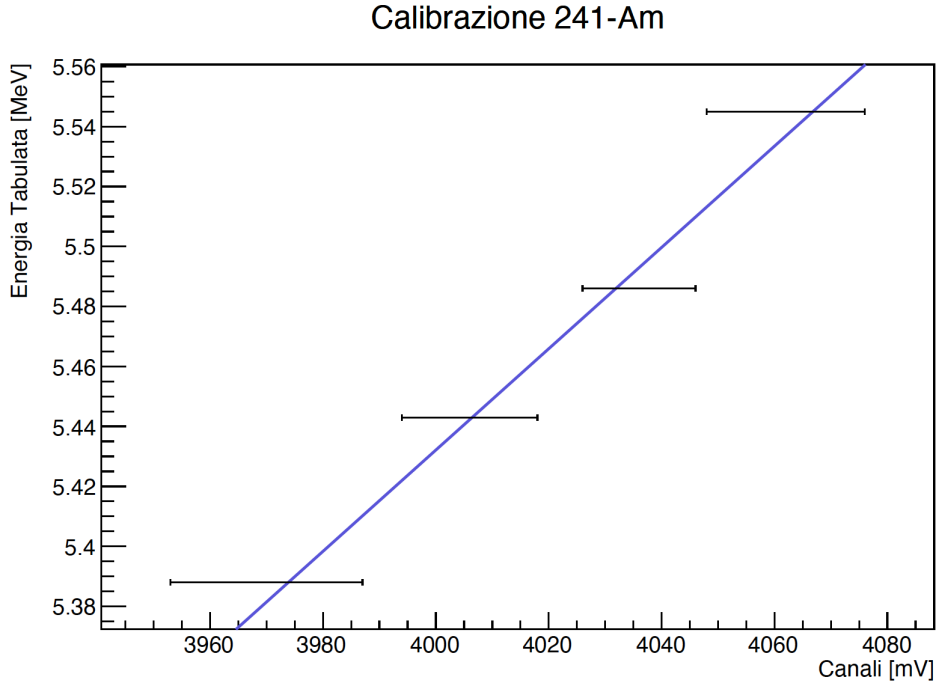


Figura 3: Retta di calibrazione per il 241-Am

$$\text{Energia} = m \times \text{Canale picco} + q$$

Con coefficienti pari a:

$$m = 1.7 \times 10^{-3} \pm 3.6 \times 10^{-4} \text{ MeV/mV}$$

$$q = -1.3 \pm 1.5 \text{ MeV}$$

Con i seguenti valori per quanto riguarda χ^2 ridotto e *P-Value*:

$$\frac{\chi^2}{\text{NDF}} = \frac{0.3406}{2} = 0.170$$

$$\text{P-Value} = 0.843$$

Di seguito viene invece riportata la tabella che mostra il confronto fra l'energia tabulata del 241-Am e l'energia calcolata tramite da retta di calibrazione ottenuta al primo punto:

Canale [mV]	E_c [keV]	σ [keV]	E_t [keV]	Compatibilità
3970	5441.59	23.76	5388	2.41%
4006	5489.00	17.70	5443	0.93%
4036	5528.51	15.40	5486	0.58%
4062	5562.75	20.15	5545	37.71%

Al fine confrontare la compatibilità tra i valori tabulati e i valori ricavati dalla retta di calibrazione, si assume che la distribuzione di ogni singolo picco sia gaussiana.

Per questo motivo si effettua un test di compatibilità di tipo gaussiano con significatività del 5%. Si calcola il valore assoluto τ dello scarto normalizzato tra il valore tabulato e il valore calcolato:

$$\tau = \left| \frac{E_t - E_c}{\sigma_{E_c}} \right|$$

E si valuta quest'ultimo utilizzando il complementare della funzione degli errori:

$$\operatorname{erfc}(\tau) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\tau}^{+\infty} e^{-x^2} dx$$

Come ultima cosa, è nostro interesse calcolare la risoluzione del rivelatore. Sfruttando la relazione

$$R = \frac{\text{FWHM}}{\text{Picco[mV]}}$$

andiamo a calcolare quella che è la risoluzione relativa per ognuno dei picchi estrapolati. La risoluzione relativa viene poi moltiplicata per l'energia corrispondente del picco, in modo da ottenere la risoluzione energetica. Si ottengono i seguenti risultati:

Canale [mV]	Risoluzione relativa	Energia [keV]	Risoluzione energetica [keV]
3970	0.010	5441.59	54.7
4006	0.007	5489.00	38.6
4036	0.005	5528.51	32.2
4062	0.008	5562.75	45.1

Andiamo a mostrare l'andamento della risoluzione energetica in funzione dei picchi stessi:

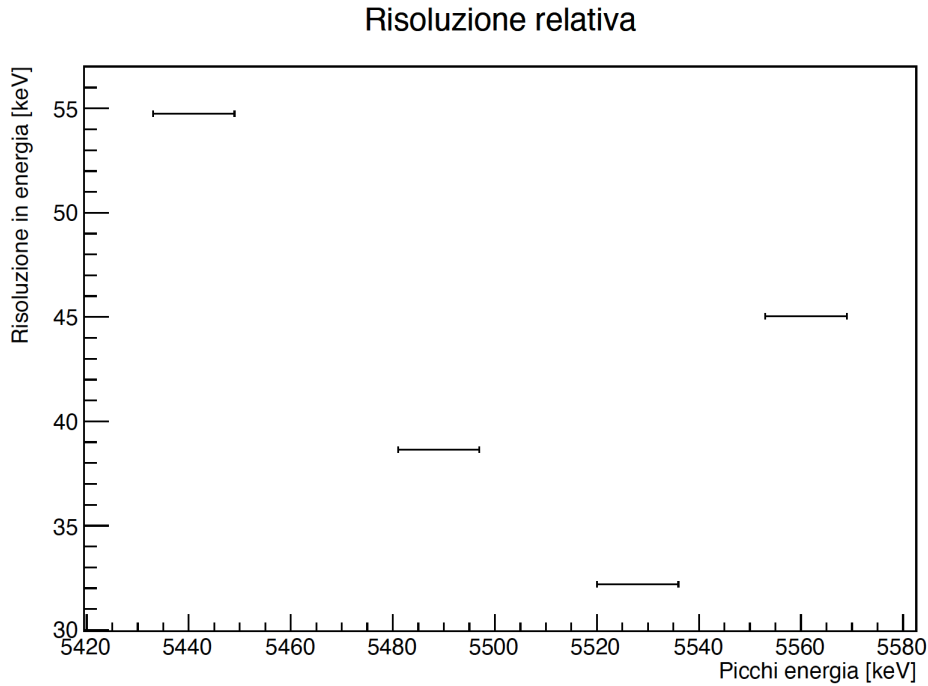


Figura 4: Risoluzione energetica in funzione del picco di energia

4.1 Osservazioni

I dati che abbiamo elaborato mostrano alcune informazioni importanti. I test di compatibilità mettono in evidenza che soltanto il quarto picco è compatibile con il valore tabulato mentre i primi tre hanno una discrepanza intorno ai 40 keV. Si potrebbe supporre dunque che questa differenza sia collegata ad un offset interno a tutta la catena di lettura. Andando a rappresentare un grafico

della discrepanza in funzione dell'energia calcolata (Figura 5) si può constatare che questo ipotetico offset sia costante per tutti e tre i valori tranne ovviamente per il quarto picco. Questo non deve assolutamente preoccuparci poiché si tratta di un picco a bassa statistica (analizzando la Figura 2, il quarto picco a 4062 mV non è nemmeno osservabile) e dunque risulta complicato andarne a valutare i parametri.

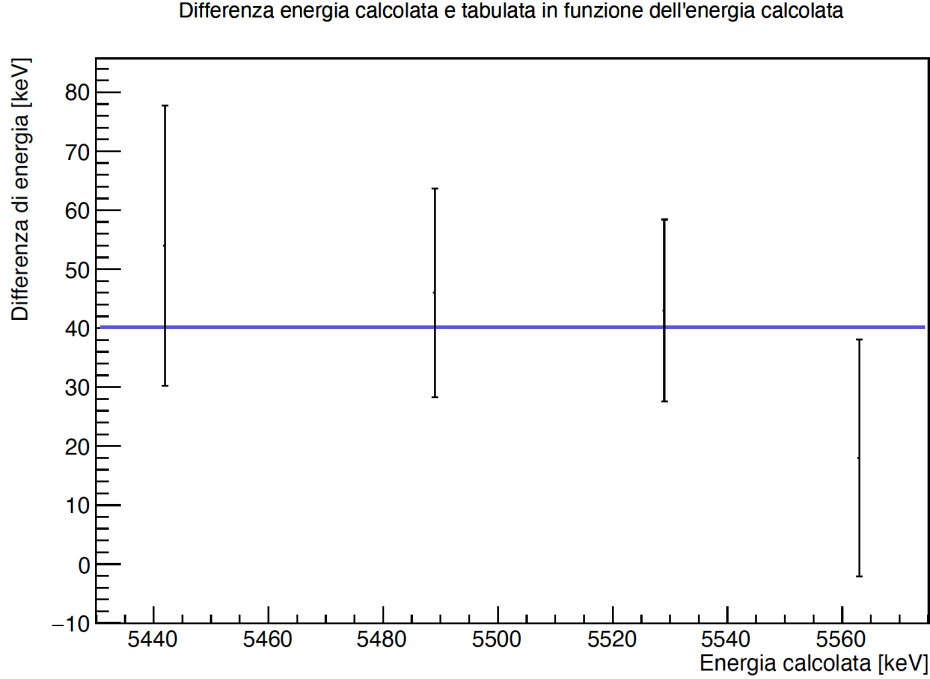


Figura 5: Differenza tra energia calcolata e tabulata in funzione dell'energia calcolata

$$\Delta E = 40.18 \pm 9.27 \text{ keV}$$

Analizzando le due rette di calibrazione (Figura 1 e Figura 3), quella ottenuta nella prima parte attraverso l'impulsatore e quella ottenuta dallo studio dello spettro del 241-Am, non risultano compatibili: questo è evidenziato dalla non compatibilità dei valori di energia tabulati corrispondenti ai picchi con quelli estrapolati dalla retta di calibrazione dell'impulsatore. Questo mostra come la calibrazione ottenuta con l'impulsatore, seppur importante per evidenziare la relazione lineare fra energia e canale, non è molto precisa. La calibrazione con l'americio può essere in questo senso più attendibile. Questa incongruenza può essere legata a diversi fattori: innanzitutto il 241-Am ha solo 4 picchi, per altro molto vicini, e quindi difficilmente distinguibili. Infatti, come indicato, la risoluzione dell'apparato utilizzato è di circa 30/40 mV e ciò può influenzare la forma dello spettro.

L'andamento della risoluzione ottenuto è consistente con quanto atteso per i primi 3 picchi: la risoluzione diminuisce all'aumentare dell'energia. Il fatto che il quarto ed ultimo punto non rispetti l'andamento può essere spiegato osservando lo spettro del 241-Am: l'ultimo picco, in corrispondenza del canale 4062, è quasi interamente coperto dal picco precedente, che corrisponde al decadimento dell'americio con il branching ratio più alto; questo rende difficile l'individuazione del picco stesso e della FWHM associata.