

Gruppo 10

Marchesini Davide - Matricola 2009840 - Email davide.marchesini@studenti.unipd.it

Travali Davide - Matricola 2008630 - Email davide.travali@studenti.unipd.it

Studio particelle alfa di una sorgente radioattiva tramite camera a ionizzazione

1 Scopo e strumenti

Per l'esperienza si è voluto studiare delle particelle alfa emesse da tre sorgenti diverse, mediante una camera a ionizzazione, detta camera di Bragg. Le tre sorgenti risultano essere: Am-241, Np-237, Cm-244. Come software per l'acquisizione e l'analisi dati si è utilizzato Root.

2 Statistica di 5000 eventi

Con Shaping Time di $0.25\mu\text{s}$ e trigger threshold a 1 V si è preso un'acquisizione ad alta statistica di circa 5000 eventi a 600mb .

2.1 Funzionamento corretto di tutte le componenti

Si è controllata la forma del segnale sia con un oscilloscopio sia con il nostro terminale:

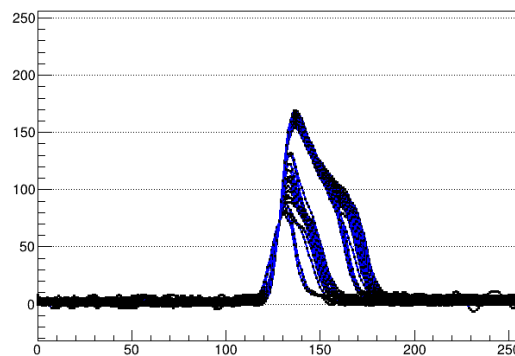


Figura 1: Forma segnale riportata dal sistema.

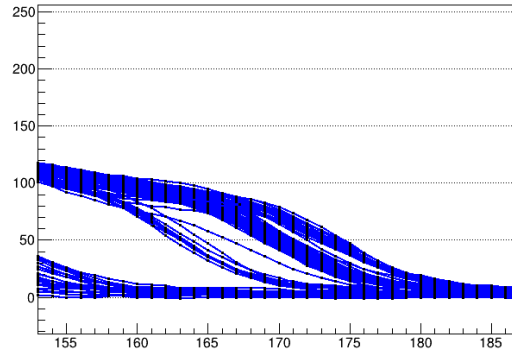


Figura 2: Forma segnale zoomato.

In particolare si può osservare dalle immagini precedenti che:

- i massimi risultano tutti attorno allo stesso valore
- nella figura 2 si osservano le fasce corrispondenti alle 3 diverse energie.

Come si nota non si sono riscontrati problemi con risultati attesi.

Successivamente si è eseguito il plot dell'integrale dei nostri dati a grande statistica:

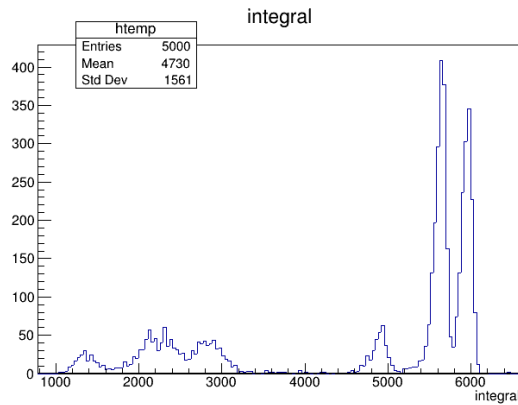


Figura 3: Istogramma integrale in u.a.

ed il plot del massimo, corrispondente al picco di bragg in figura 4:

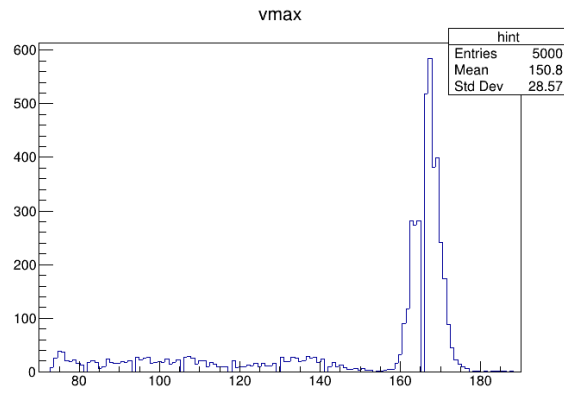


Figura 4: Istogramma massimo

Ove in ogni grafico si è provveduto a sottrarre la baseline evento per evento. Infine si è eseguito i plot di:
Integrale su conteggi (figura 5):

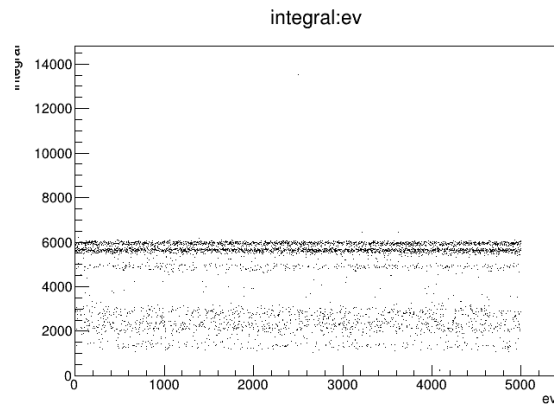


Figura 5: Plot integrale su conteggi

Massimo su conteggi (figura 6):

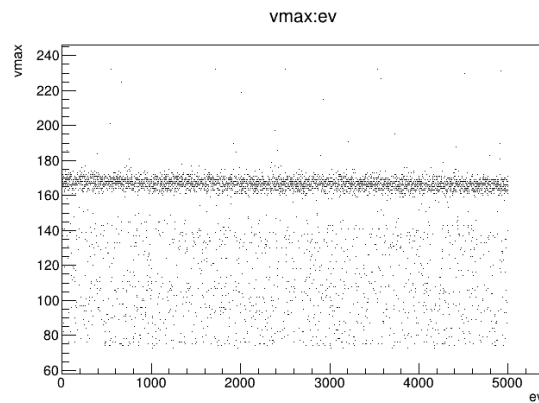


Figura 6: Plot massimo su conteggi

Massimo su integrale (figura 7):

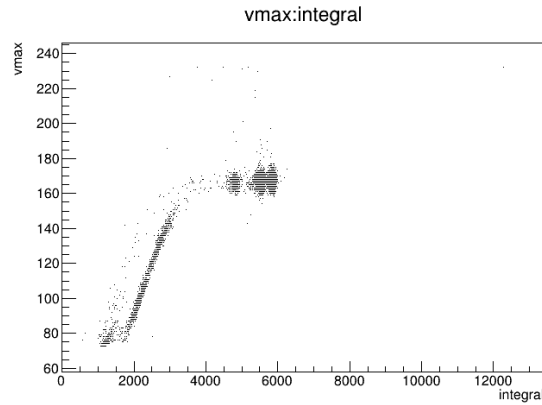


Figura 7: Plot massimo su integrale

In particolare si può osservare la stabilità del segnale nelle figure 5 e 6: le bande risultano infatti approssimativamente orizzontali.

2.2 Larghezza segnali

Implementando nella macro di root la misura della larghezza temporale del segnale, si è eseguito il plot larghezza-energia (figura 8):

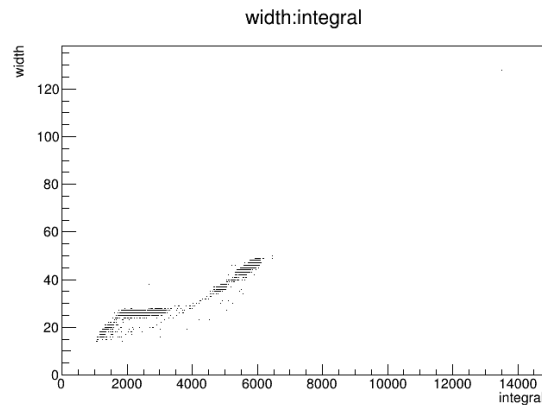


Figura 8: Plot larghezza segnali su energia

in particolare si può osservare la forte correlazione tra i due dati, che conferma l'ovvia dipendenza della larghezza del segnale dall'energia.

3 Misure a diverse pressioni e range

Successivamente, si è studiato il comportamento delle particelle alfa al variare della pressione. Si sono quindi presi 9 set di dati a diverse pressioni e statistiche: 1000 eventi:350mb,375mb, 400mb, 425mb. 2000 eventi:450mb, 500mb, 550mb, 650mb.

Si riportano i grafici valore del massimo/integrale per ogni statistica acquisita:

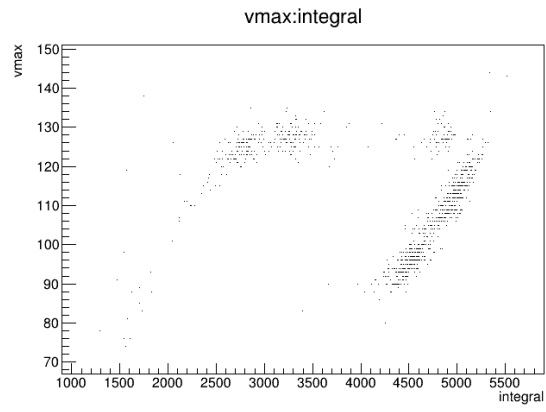


Figura 9: Plot massimo su integrale a pressione di 350mb

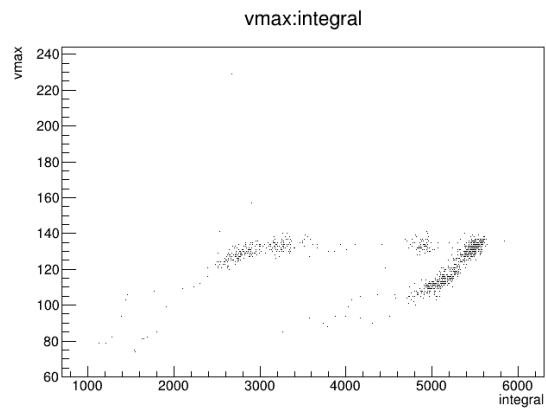


Figura 10: Plot massimo su integrale a pressione di 375mb

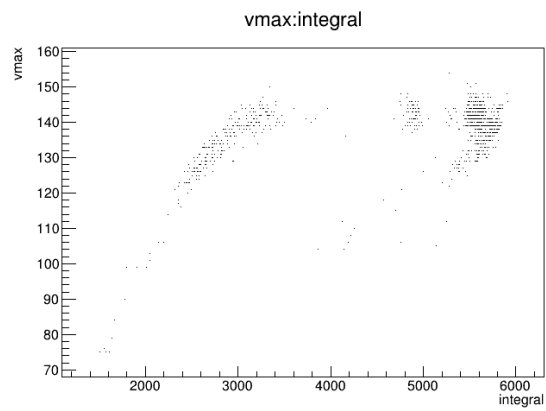


Figura 11: Plot massimo su integrale a pressione di 400mb

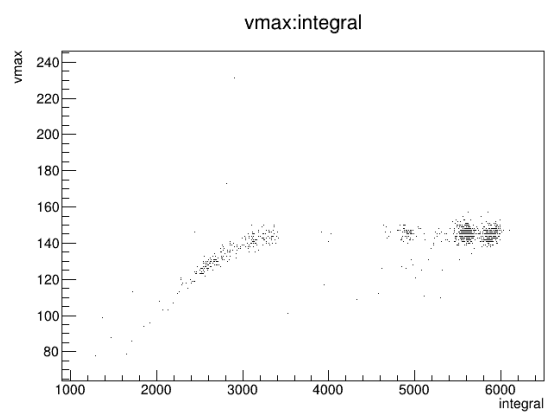


Figura 12: Plot massimo su integrale a pressione di 425mb

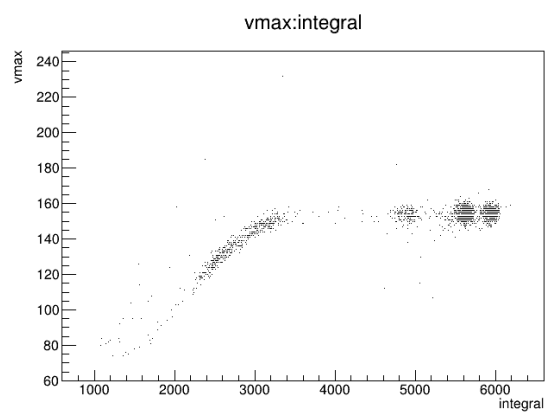


Figura 13: Plot massimo su integrale a pressione di 450mb

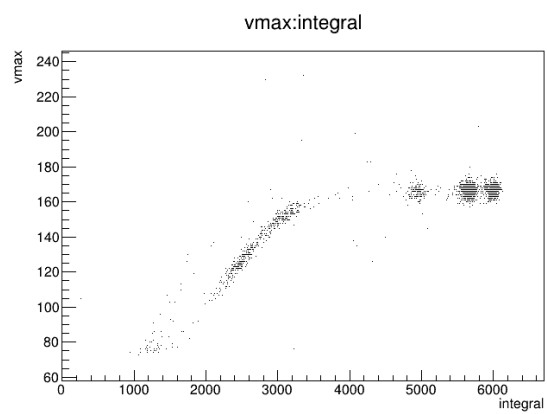


Figura 14: Plot massimo su integrale a pressione di 500mb

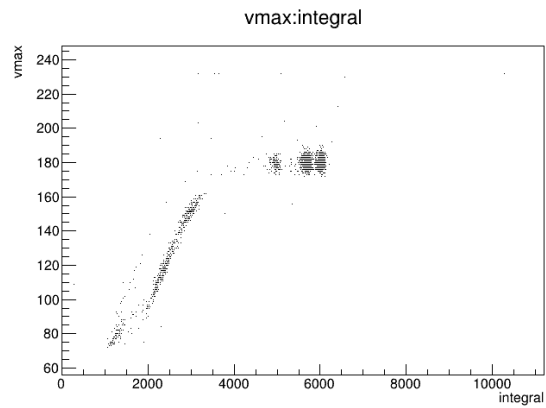


Figura 15: Plot massimo su integrale a pressione di 550mb

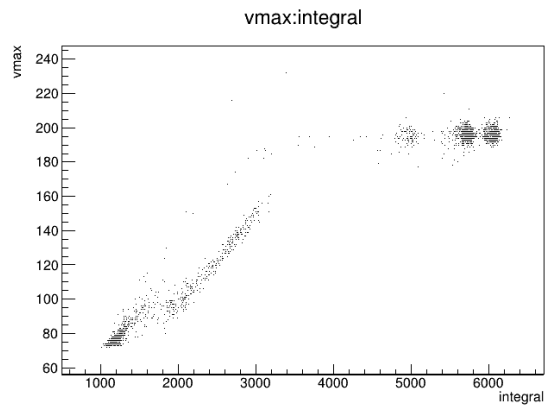


Figura 16: Plot massimo su integrale a pressione di 650mb

Si può osservare come nelle misure a pressione minore vi sia una dispersione maggiore nei valori di v_{max} . Abbassando la pressione, quindi, diminuisce il valore di v_{max} .

In particolare, per le pressioni con 2000 eventi, si è effettuato l'ulteriore plot v_{max}/p . Si è effettuato un fit lineare $y=mx+q$ per verificare la correlazione tra i due dati precedenti:

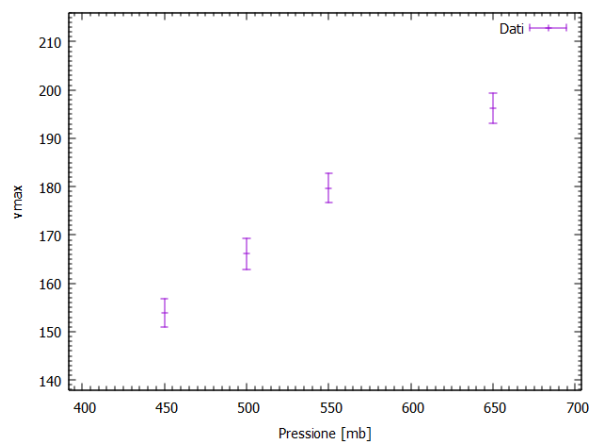


Figura 17: Plot v_max in funzione della pressione

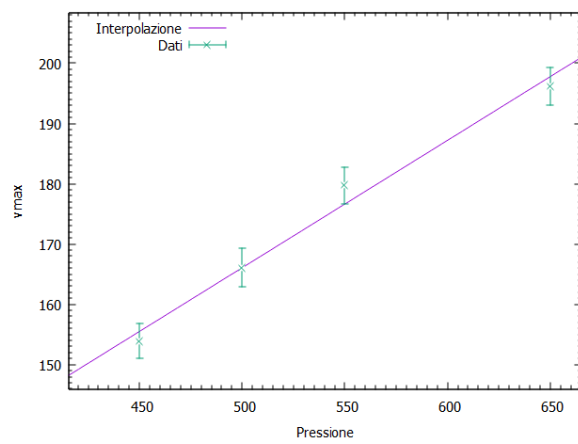


Figura 18: Fit lineare

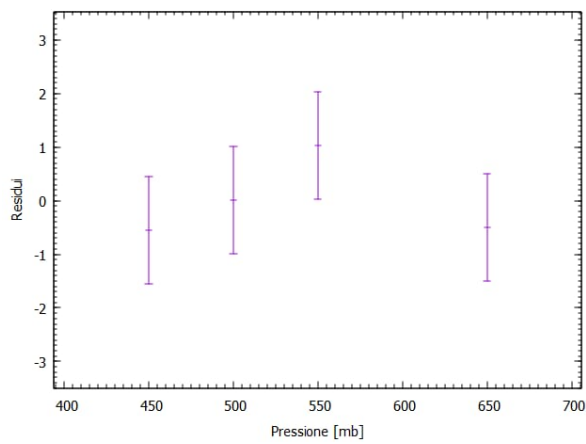


Figura 19: Residui fit lineare

Con valori ottenuti $m=0.21\pm0.02$ e $q=60\pm9$.
Dal grafico dei residui (figura 19) si ottiene una conferma della bontà del fit eseguito, e quindi la correlazione tra v_{max} e pressione impostata.

3.1 Stima velocità di drift elettroni

Si è poi proceduto a stimare la velocità di drift degli elettroni per le misure a bassa pressione (1000 eventi). Dall'analisi del plot $v_{max}/width$ si è individuato il tempo massimo di percorrenza degli elettroni. Il grafico in questione infatti descrive l'andamento degli elettroni ionizzati dalle particelle alfa che attraversano la camera, perciò il tempo massimo di percorrenza sarà dato dagli elettroni creatisi all'inizio, quindi sarà dato dal valore temporale corrispondente all'ultimo segnale rilevato nella scala $width$. Dall'analisi di questo grafico risulta:

$T_{max}(\mu s)$	$v(mm/\mu s)$
65	1.80
65	1.80
68	1.72
67	1.75

Tabella 1: Tempi massimi elettroni rivelati e velocità stimata

Con una lunghezza della camera di:

$$l = 117mm \quad (1)$$

Allora la stima della velocità di drift sarà data dalla media delle quattro misure, ottenendo:

$$v_d = (1.76) \frac{mm}{\mu s} \quad (2)$$

3.2 Stima range alle pressioni maggiori

Successivamente si è proceduto a stimare il Range alle pressioni più alte (2000 eventi) utilizzando la velocità di drift v_d :

$$Rg = t_c v_d \quad (3)$$

Con t_c tempo misurato grazie all'analisi dell'istogramma della larghezza del segnale ($width$) per ogni sorgente.

Si è ottenuto quindi per il Nettunio 237 i seguenti valori:

P(mb)	$tc \pm \sigma_{tc} (\mu s)$	$Rg \pm \sigma_{Rg} (mm)$
650	36.2 ± 0.8	64 ± 1
550	40 ± 1	71 ± 2
500	43.3 ± 0.8	77 ± 1
450	46 ± 1	81 ± 2

Tabella 2: Nettunio 247: pressione impostata, tempo misurato nel picco, Range corrispondente. Incertezze

con il seguente fit:

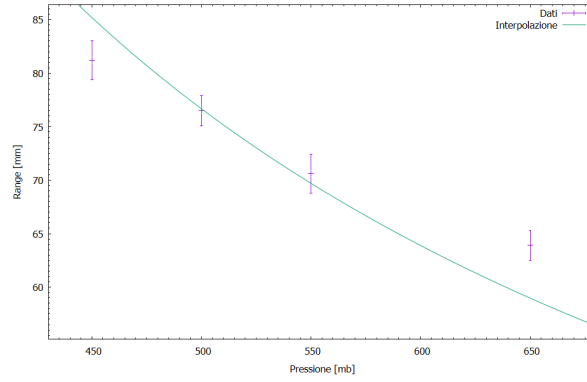


Figura 20: Plot range Nettunio 237

Per l'Americio 241 invece:

P(mb)	$tc \pm \sigma_{tc} (\mu s)$	$Rg \pm \sigma_{Rg} (mm)$
650	42.2 ± 0.7	75 ± 1
550	47 ± 1	83 ± 2
500	51.1 ± 0.9	90 ± 2
450	55 ± 1	97 ± 2

Tabella 3: Americio 241: pressione impostata, tempo misurato nel picco, Range corrispondente. Incertezze

con fit:

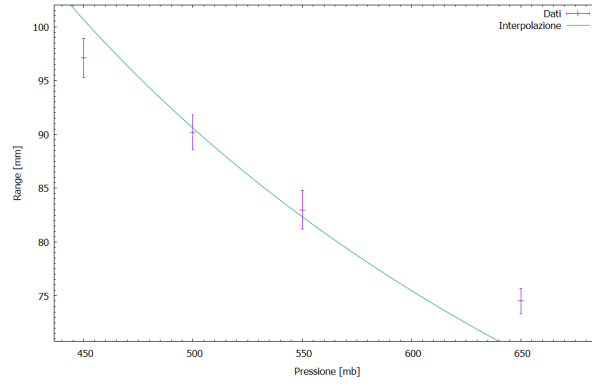


Figura 21: Plot range Americio 241

Infine per il Curio:

P(mb)	$t_c \pm \sigma_{t_c}(\mu s)$	$R_g \pm \sigma_{R_g}(mm)$
650	45.1 ± 0.8	80 ± 1
550	50.1 ± 0.9	89 ± 2
500	54.7 ± 0.8	97 ± 1
450	59 ± 1	104 ± 2

Tabella 4: Curio 244: pressione impostata, tempo misurato nel picco, Range corrispondente. Incertezze

con fit:

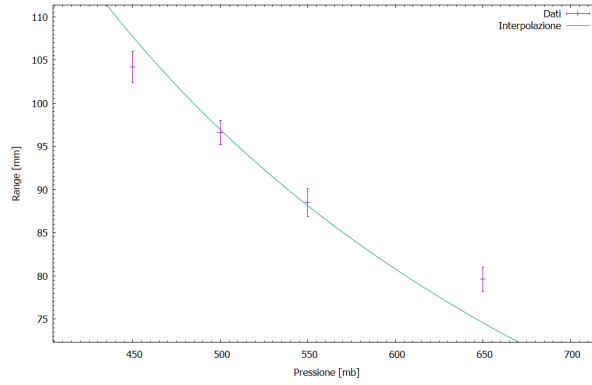


Figura 22: Plot range Curio

3.3 Legge di Bragg-Kleeman

Si è poi verificata la legge di Bragg-Kleeman per le tre sorgenti utilizzate: Nei grafici [20](#) [21](#) [22](#) si è eseguito il fit con una funzione del tipo:

$$f(x) = \frac{c}{P} \quad (4)$$

Con c una costante e P la pressione.
Ottenendo:

Sorgente	$c(\text{mb} \cdot \text{mm})$
Np	$(38 \pm 1)10^3$
Am	$(45.3 \pm 0.9)10^3$
Cm	$(48.5 \pm 0.9)10^3$

Tabella 5: Valori fit ed incertezze

Di seguito si riportano i rispettivi residui sul fit effettuato:

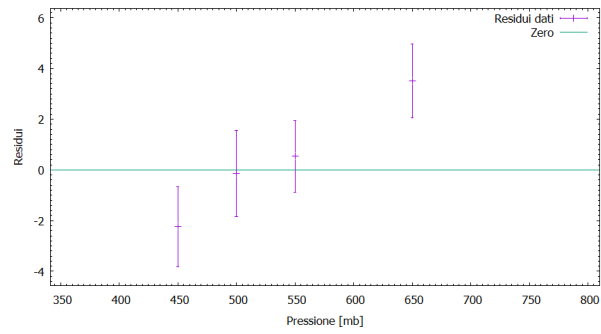


Figura 23: Residui Nettunio

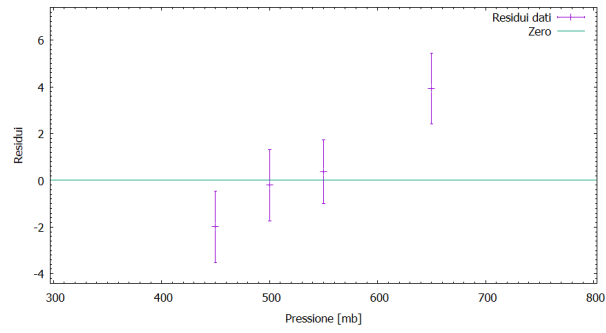


Figura 24: Residui Americio

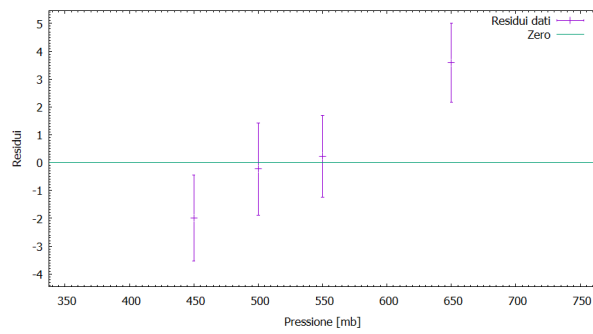


Figura 25: Residui Curio

Dai grafici dei residui si osserva come i dati sperimentali non risultano ottimali e quindi la legge di Bragg-Kleeman non sembra verificata. In particolare si nota come nei nostri fit i due dati centrali siano in accordo con il nostro fit mentre quelli a pressioni 450mb e 650mb siano sempre rispettivamente sotto e sopra alla curva di fit, indicandoci dei problemi relativi ai dati presi. Possiamo affermare però un accordo qualitativo della legge dell'inverso.

4 Calibrazione e misura risoluzione energetica, pressione 600mb

Si è effettuato un campionamento di 2000 eventi alla pressione di 600mb, determinando le posizioni dei tre picchi e associandone l'energia delle tre corrispondenti sorgenti, eseguendo un fit sul segnale rivelato:

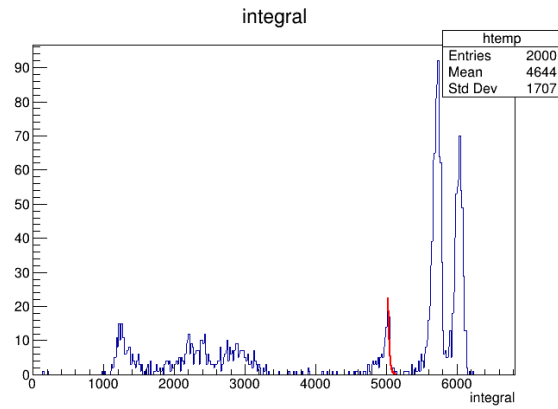


Figura 26: Fit picco Nettunio

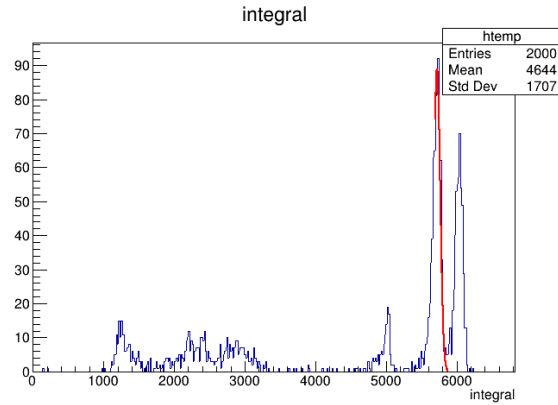


Figura 27: Fit picco Americio

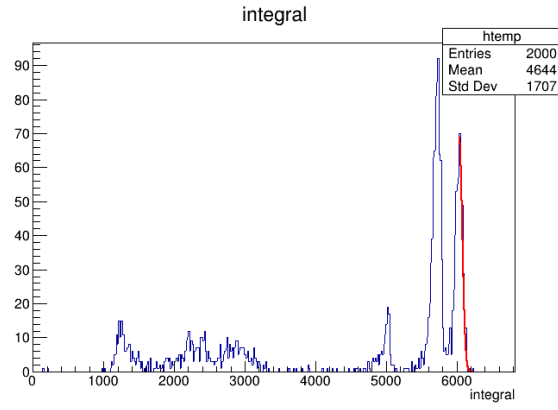


Figura 28: Fit picco Curio

Con valori in tabella 6 In particolare, dall'analisi dei picchi energetici, si è associato il valore noto sperimentalmente dell'energia che si avvicinasse al valore ottenuto:

En (KeV)	Integrale(u.a.)
4788	4990 \pm 60
5485.56	5710 \pm 60
5804.77	6030 \pm 50

Tabella 6: Confronto dati noti con dati sperimentali, fonte:dati NIST

Successivamente si è effettuato il fit lineare dei dati in tabella 6, ottenendo:

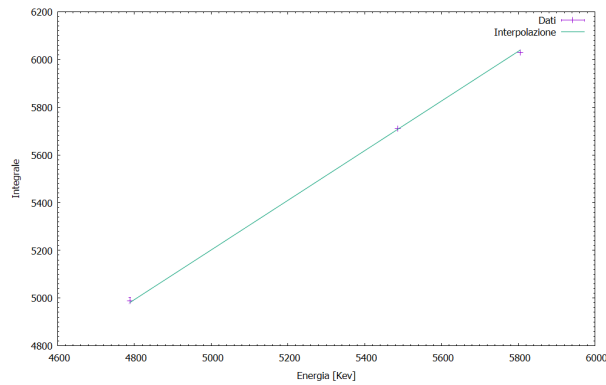


Figura 29: Fit energia nota-Integrale (u.a.)

Ottenendo come coefficiente angolare m:

$$m = (1.0404 \pm 0.0009) \frac{u.a.}{KeV} \quad (5)$$

con residui:

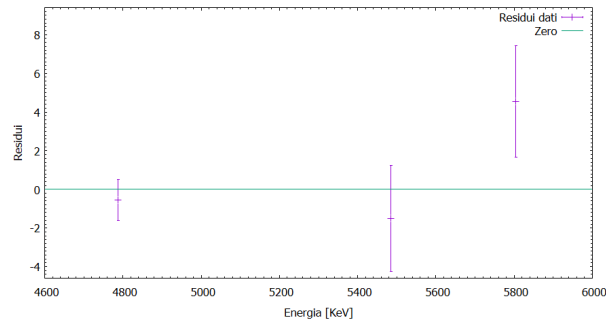


Figura 30: Residui fit energia nota-Integrale (u.a.)

Infine si è stimata la risoluzione energetica R per i tre picchi, ottenendo:

R (%)	$\sigma_R(\%)$
3	1
2.30	0.09
2.03	0.04

Tabella 7: Risoluzione percentuale e relativa incertezza

Con:

$$R = \frac{FWHM_E}{E} \quad (6)$$

con FWHM larghezza a metà altezza picco e E energia picco.

Con media pesata tra i valori:

$$R = 2.08 \pm 0.04\% \quad (7)$$

Inoltre abbiamo ricalibrato il plot integrale-conteggi ottenendo un grafico energia-conteggi:

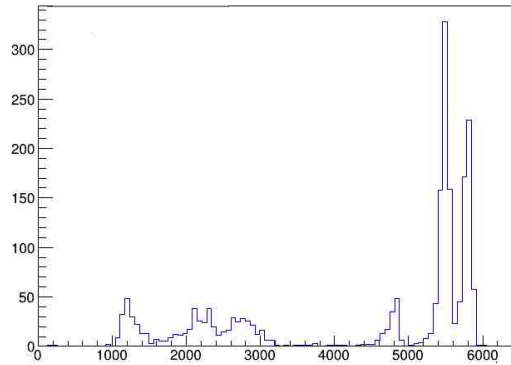


Figura 31: Plot ricalibrato con in ascisse l'energia Kev e in ordinate i conteggi.

5 Conclusioni

Per l'esperienza si sono studiate le particelle alfa emesse da tre sorgenti: Am-241, Np-237, Cm-244. A seguito della verifica della forma del segnale ottenuto, si è osservato il picco di

bragg in figura 4 , nonché la forte correlazione tra larghezza(width) ed integrale in figura 3.

Successivamente, si è effettuata una serie di misure a diverse pressioni e range: dai plot massimo su integrale si è osservato come, a pressioni inferiori, la distribuzione dei massimi si disperdesse maggiormente. Si è quindi ipotizzato che, diminuendo la pressione diminuisse anche il valore di vmax. Quindi, si è verificato l'andamento lineare tra vmax e pressione impostata.

Tramite le misure a bassa pressione si è stimata la velocità di drift, ottenendo:

$$vd = (1.76) \frac{mm}{\mu s} \quad (8)$$

Inoltre si è stimato in Range alle pressioni maggiori per ogni sorgente, tuttavia dal fit effettuato non sembra verificata la legge di Bragg-Kleeman.

Infine, si è proceduto alla calibrazione dello strumento e alla misura della sua risoluzione energetica, con un campionamento a 600 mb di pressione. Dalla calibrazione si è ottenuto:

$$m = (1.0404 \pm 0.0009) \frac{u.a.}{KeV} \quad (9)$$

mentre per la risoluzione energetica:

$$R = 2.08 \pm 0.04\% \quad (10)$$