

Rivelazione di particelle cariche

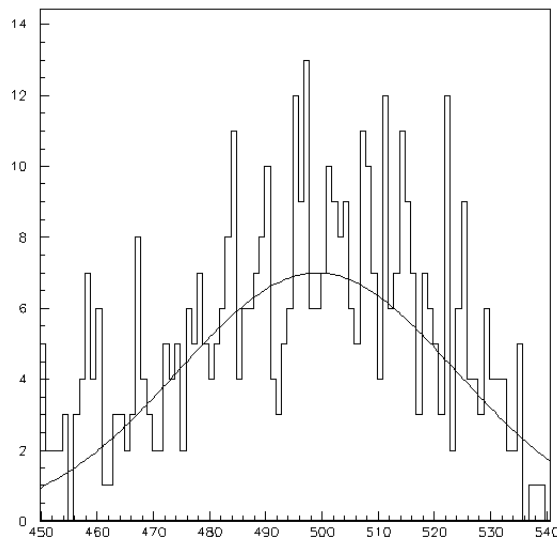
- *Determinazione dello spessore di un foglio di Maylar incognito tramite misura della perdita di energia delle particelle α .*
- *Verifica della relazione di proporzionalità tra numero di particelle α rilevate e l'inverso del quadrato della distanza sorgente rivelatore.*

**Berritta M., Cassia G., Chisari M., De Domenico M., Messina E.,
Zuccarello F.**

Università degli studi di Catania

Sommario

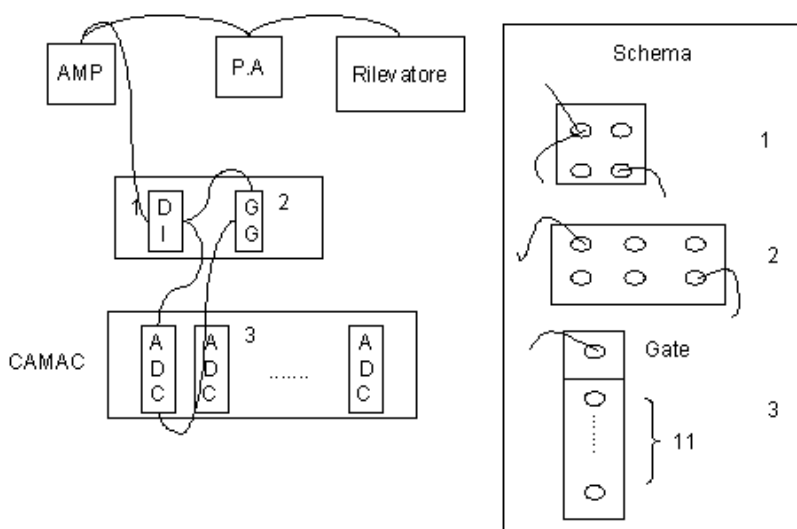
Nella prima parte dell'esperienza ci occupiamo della misura dello spessore di un foglio di Maylar incognito tramite lo studio della perdita di energia delle particelle α su campioni di Maylar noti. Nella seconda parte ci proponiamo di studiare la dipendenza del numero di particelle rilevate, tramite un rivelatore a stato solido, in un angolo solido $\Delta\Omega$ in funzione del quadrato della distanza fra rivelatore e sorgente.



1 Apparato sperimentale

Le particelle α usate nell'esperienza sono emesse da una sorgente di ^{241}Am di energia 5.48 MeV . Le particelle vengono 'raccolte' da un rivelatore a stato solido polarizzato inversamente che fornisce una risposta in carica proporzionale all'energia delle particelle incidenti.

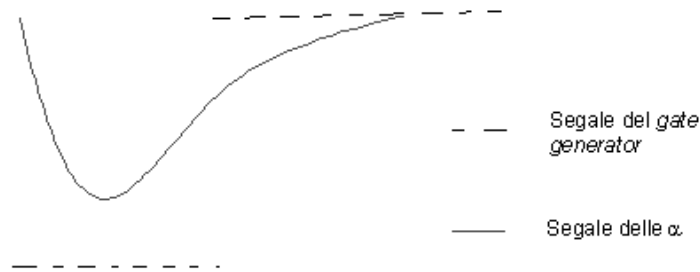
Rivelatore e sorgente sono posti in una camera in cui è possibile variare la distanza relativa tra i due. In tale camera è possibile, inoltre, mantenere pressioni interne di circa 3 mbar tramite un'opportuna pompa.



Schematizzazione dell'apparato sperimentale

Il rivelatore utilizzato è collegato ad un *preamplificatore* di carica collegato al relativo *amplificatore*. Il segnale analogico uscente è convogliato in un *discriminatore*: ivi una copia del segnale è mandata, come logico, all'ADC del CAMAC (stazione $N = 3$ sottoindirizzo 11), l'altra viene invece indirizzata ad un *gate generator*; da quest'ultimo, il segnale va a finire nell'ingresso per il *gate* del CAMAC, il quale è collegato con un interfaccia GPIB ad un computer in cui è presente un software di lettura dati.

Prima di eseguire le misure è necessario sincronizzare il rate di lettura del gate generator con il picco del segnale (gaussiano) proveniente dall'amplificatore cercando di ridurre al minimo i *tempi morti* dello strumento. A tal scopo si utilizza un oscilloscopio, tentando di visualizzare sul monitor dello strumento una traccia del tipo riportato in figura:



Schema dell'oscilloscopio

I dati, infine, sono stati elaborati con un software di analisi dati.

2 Modo di operare

2.1 Maylar

La prima parte dell'esperienza consiste nel cercare di fornire una stima dello spessore di uno strato di Maylar avendo a disposizione 3 spessori di Maylar rispettivamente di 1, 2 e 4 foglietti.

La sorgente è disposta in un piattino ad una fissata distanza; tra questa e il rivelatore si sono posti di volta in volta gli spessori di Maylar (in successione crescente), misurando l'energia residua delle α dopo che queste hanno attraversato i suddetti spessori.

La perdita di energia che una particella subisce nell'attraversare un materiale è data in prima approssimazione su x da

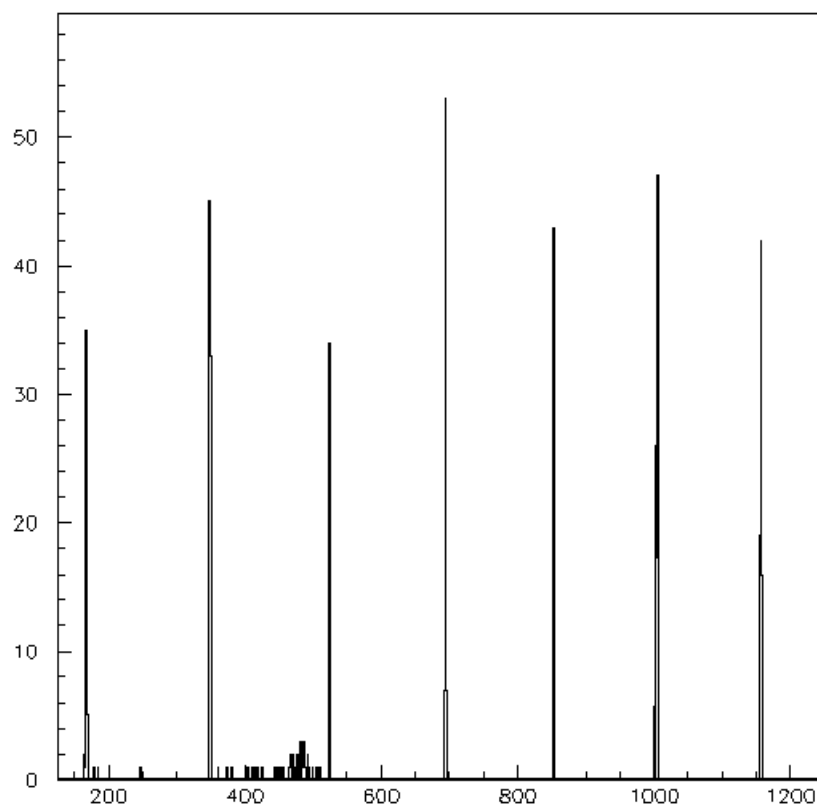
$$\frac{dE}{dx} \propto \frac{AZ^2}{E} \quad (1)$$

dove Z è la carica, A è la massa atomica ed E è l'energia delle α appena emesse dalla sorgente.

Per calcolare lo spessore incognito bisogna costruire una retta che relazioni la perdita di energia delle α in funzione con lo spessore del Maylar

attraversato. Prima di fare questo è necessario tarare lo strumento attraverso il pulsatore, in modo da poter associare ad ogni canale¹ una determinata energia.

Nel nostro caso si sono usati impulsi di 1, 2, 3, 4, 5 e 6 MeV ottenendo il grafico riportato in figura:

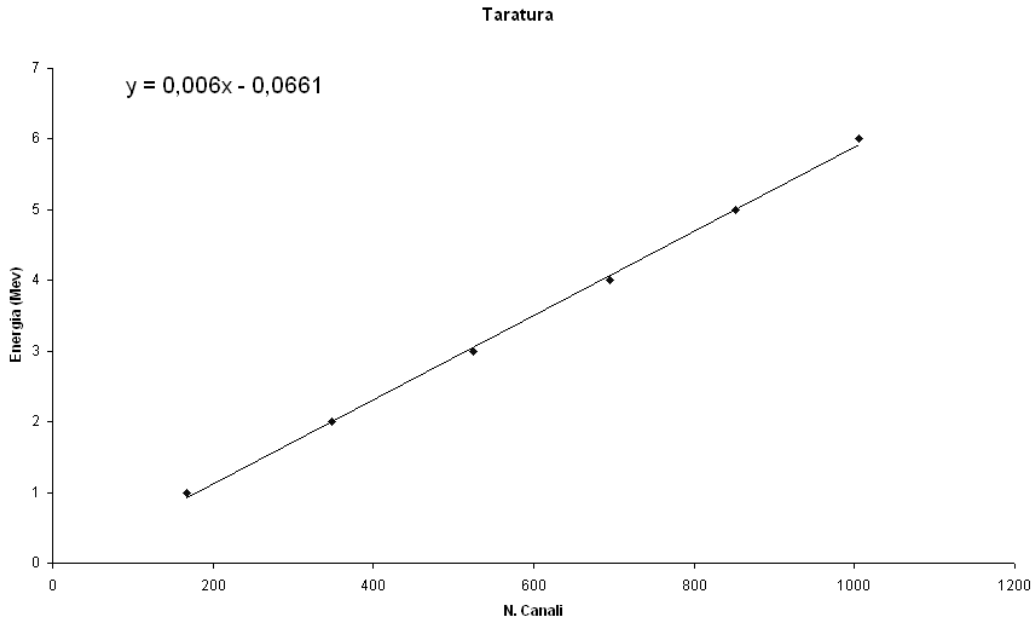


Per stimare il valore del canale corrispondente si esegue un fit gaussiano sulla distribuzione del segnale generato dal pulsatore; riportiamo i risultati ottenuti nella seguente tabella:

Energia (MeV)	N. Canale
1	167
2	349
3	524
4	695
5	852
6	1005

¹I canali sono 2048.

Con i valori della tabella costruiamo il grafico riportato qui di seguito:



dove sono disposti in ascissa i canali e in ordinata le energie. Si è ottenuta un'equazione che permette di associare ad ogni canale l'energia corrispondente:

$$E = 0.006(\text{n.canale}) - 0.066 \quad (2)$$

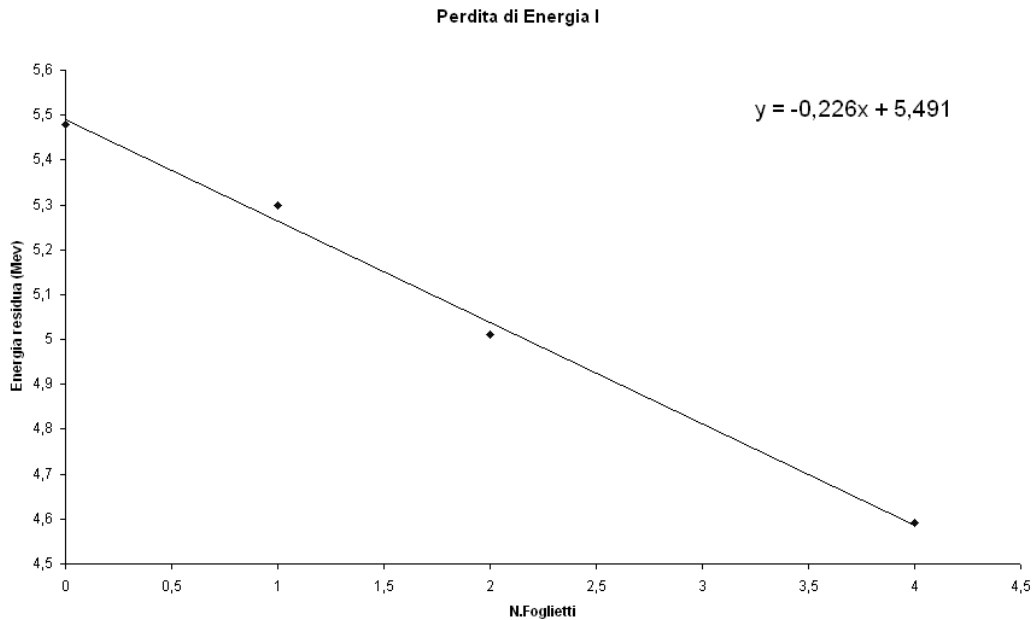
Si sono eseguiti 5 set di misure in cui si è misurata l'energia residua delle α con e senza gli spessori di Maylar interposti tra la sorgente e il rivelatore. Di volta in volta, prima di eseguire una nuova misura è stato ripristinato il vuoto (2.9 mbar) all'interno della camera.

Ci proponiamo ora di determinare il numero di foglietti costituenti lo spessore incognito partendo dai valori noti.

Riportiamo nella seguente tabella i valori ottenuti:

N. Fogli	En. residua (MeV)
vuoto	5.48
1	5.30
2	5.01
4	4.59

Graficando i dati in tabella otteniamo una retta di fit che ci permetterà di associare all'energia residua il numero di foglietti (n) corrispondenti:



Dalla retta ricavata, di equazione

$$E_{res} = -0.226n + 5.491 \quad (3)$$

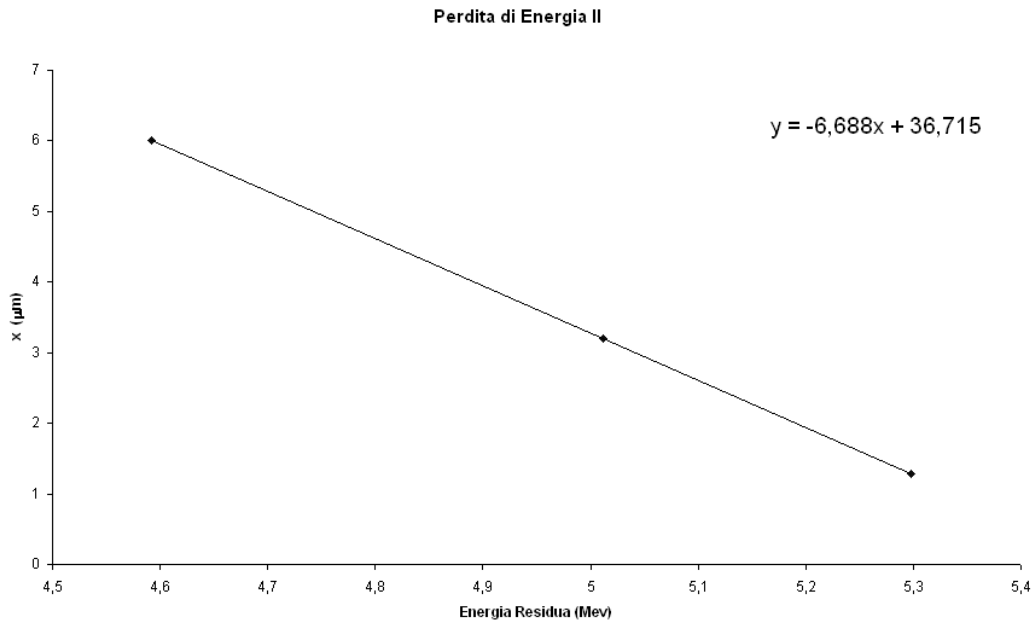
ricaviamo per $E_{res} = 2.93 \text{ MeV}$ un numero di foglietti pari a $n = 11.34$.

Per associare ad un singolo foglietto lo spessore corrispondente si è adoperato un software che, immessi numero atomico, numero di massa e percentuale di ciascun componente della molecola e la relativa perdita di energia, consente di determinare lo spessore del Maylar, si è potuto così associare ad ogni spessore una stima in μm .

Riportiamo nella seguente tabella i valori ottenuti:

En. residua (MeV)	En. persa (MeV)	Spessore (μm)
5.48	-	-
5.30	0.18	1.28
5.01	0.47	3.20
4.59	0.89	6.00

Disponendo in un grafico, in ascissa le energie residue e in ordinata gli spessori in μm ricaviamo una retta di fit che ci permetterà di associare all'energia residua misurata per lo spessore incognito una stima in μm di tale spessore (y):



Dalla retta ricavata, di equazione

$$y = -6.688E_{res} + 36.715 \quad (4)$$

ricaviamo² per $E_{res} = 2.93 \text{ MeV}$ uno spessore pari a $x = 17.13 \mu\text{m}$. Introducendo il valore dell'energia residua nel software su citato si ottiene invece uno spessore del Maylar pari a $15.3 \mu\text{m}$.

La differenza tra i due valori può essere imputabile ad una deformazione dello spessore del Maylar non perfettamente piano. Questo comporta che le particelle incidenti percorrono un tragitto più lungo all'interno dello spessore, perdendo di conseguenza più energia; ed è per questo motivo che lo spessore stimato con il best fit risulta più grande rispetto al valore fornito dal programma, che invece risolve numericamente il caso di uno spessore perfettamente parallelo al piano della sorgente.

Alla luce di quanto ricavato finora vediamo di associare al numero di fogli di Maylar ricavati per lo spessore incognito uno spessore in μm , che otteniamo mediando i seguenti dati:

²Osserviamo che per ricavare il valore di E_{res} si è fatto un fit gaussiano sulla distribuzione delle α nei vari canali fornendo una stima del canale dell'ADC per il quale si ha il picco di tale distribuzione e, tramite la (2), se ne è ricavato il valore.

N. Fogli	Spessore (μm)
1	1.28
2	3.20
4	6.00

Si ottiene un valor medio di spessore per foglietto pari a $1.46 \mu m$; otteniamo dunque per lo spessore incognito di 11.34 foglietti, un valore di $16.55 \mu m$, in pieno accordo con i risultati precedentemente discussi.

Nota.

L'errore assoluto massimo a priori per ogni misura fatta di energia è di $0.01 MeV$, che è l'errore di lettura della manopola del pulsatore. Gli errori sul campione statistico considerato per ogni perdita di energia, apprezzabili grazie alla sensibilità del rivelatore sono di un ordine di grandezza minore.

Il considerarli sarebbe un errore concettuale, in quanto noi non possiamo parlare di fluttuazioni casuali più piccole della nostra sensibilità di lettura, proprio perchè per definizione di questa non saremmo in grado di rivelarle.

2.2 Angolo solido

Nella seconda parte dell'esperienza ci proponiamo di verificare la linearità della relazione che lega il numero di particelle rivelate all'inverso del quadrato della distanza tra sorgente e rivelatore.

Tale dipendenza discende dal fatto che il numero di particelle rivelate dipende esclusivamente dall'angolo solido $\Delta\Omega$, in quanto la sorgente emette in modo isotropo, per cui avremo

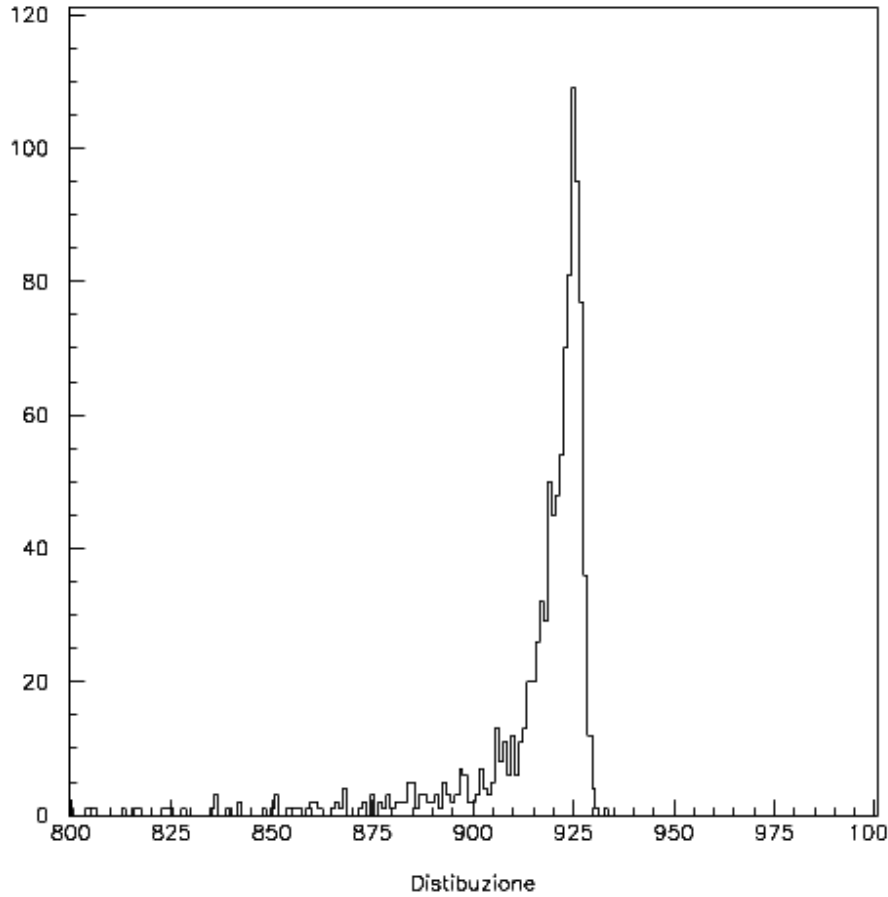
$$\Delta N \propto \Delta\Omega \propto \frac{\Delta S}{r^2} \quad (5)$$

dove ΔN è il numero di particelle rivelate nell'angolo solido e ΔS è la superficie del rivelatore.

A tal proposito abbiamo misurato le distanze rivelatore-sorgente, distanze individuate da apposite scanalature sulle quali inserire il piattino dove porre la sorgente.

Per ogni distanza è stato calcolato il numero di particelle incidenti sulla superficie del rivelatore in un tempo fissato³ t ; a questo proposito è necessario far notare che la distribuzione ottenuta non è puramente gaussiana ma ha un andamento del tipo in figura:

³Scelto in base alla nitidezza del picco della distribuzione delle α



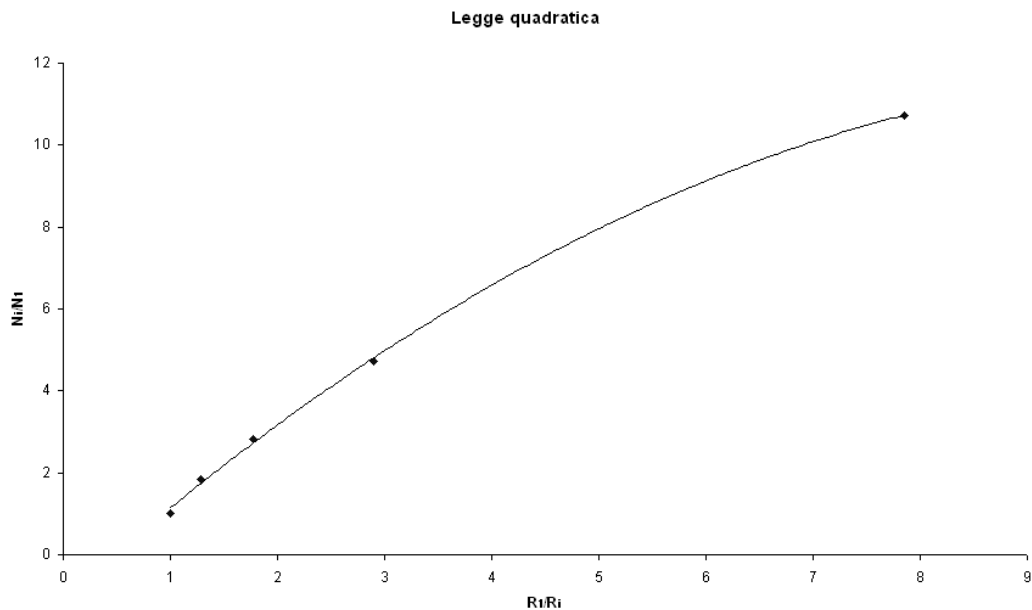
L'andamento a destra del massimo è imputabile solamente ad errori di tipo statistico. Quelli invece a sinistra includono fluttuazioni dovute alla quantità di aria residua nella camera. E' infatti facile aspettarsi un numero di particelle con energia inferiore a quella media.

Il procedimento da noi operato è stato quello di selezionare i dati sui quali eseguire un fit gaussiano, questo per rendere conto di quanto su detto e cercare di ottenere nella parte sinistra del grafico un andamento simmetrico rispetto alla parte destra.

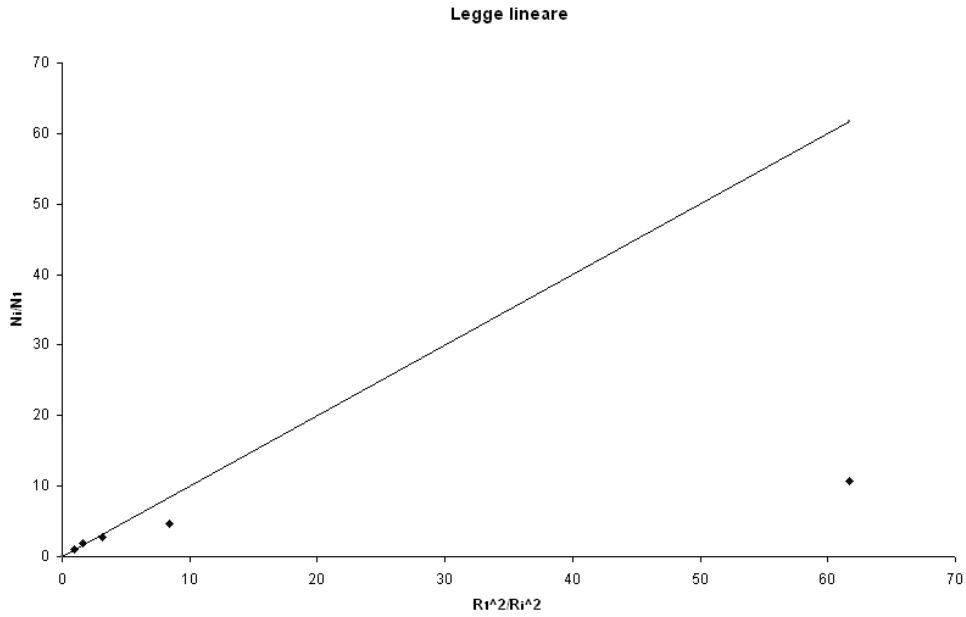
Il numero di particelle rivelato sarà dunque fornito dall'area sottesa dalla gaussiana; i valori ottenuti sono riportati in tabella:

N.Particelle	$\frac{N_i}{N_1}$	R	$\frac{R_i}{R_1}$	R^2	$\frac{R_i^2}{R_1^2}$
18.48	1.00	38.5	1.00	1482.25	1.00
34.12	1.85	30.1	0.78	906.01	0.61
52.18	2.82	21.7	0.56	470.90	0.32
87.38	4.73	13.3	0.34	176.90	0.12
198.40	10.74	4.9	0.13	24.01	0.02

Riportiamo anzitutto i valori dei rapporti $\frac{N_i}{N_1}$ in funzione di $\frac{R_1}{R_i}$:



Come ci aspettavamo l'andamento non è lineare, dunque potremmo fittare con un polinomio di secondo grado che poi è il reale andamento teorico; tuttavia una parabola passa sempre per cinque punti e di conseguenza non ha senso affidarsi all'andamento del tipo $\frac{1}{R}$: dobbiamo graficare dunque in funzione dei rapporti $\frac{R_1^2}{R_i^2}$, in questo modo se la relazione è effettivamente quella supposta si dovrebbe ottenere una retta che fitti bene i nostri dati.



La retta di quest'ultimo grafico è quella teorica, ossia di equazione

$$\frac{N}{N_1} = \frac{R_1^2}{R^2} \quad (6)$$

Come emerge dai grafici su proposti la ipotizzata relazione di dipendenza lineare che dovevamo trovare non è rispettata dai nostri dati. Questo può essere dovuto a problemi di non perfetto allineamento tra sorgente e rivelatore, che se ininfluenza per grandi R diventa significativo a piccole distanze.