

Verifica dell'uniformita' della risposta di un rivelatore al vetro al piombo utilizzando raggi cosmici

Studenti: Andrea Cuono, Andrea Fagiani, Eleonora Minelli, Annalisa Serafini, Andrea Starace

Tutor: Marco Mirazita, Walter Pesci.

SOMMARIO

CAPITOLO I: I Raggi Cosmici

CAPITOLO II: Apparato di misura

CAPITOLO III: Risultati della misura

CAPITOLO IV: Conclusioni

I RAGGI COSMICI

I Raggi Cosmici sono un flusso di particelle ad alta energia costituite da elettroni e nuclei atomici (prevalentemente di idrogeno) che investono la Terra continuamente provenendo da ogni parte dell'universo a velocità prossima a quella della luce. Riguardo la loro origine sono state avanzate varie teorie alcune delle quali affermano che essi provengono dalle stelle, dalle galassie, o dal Big Bang. Nell'interazione con le molecole gassose dell'atmosfera i Raggi Cosmici primari producono nuove particelle che giungono sulla Terra sotto forma di sciame, detti secondari. Lo studio di queste particelle è molto importante in quanto costituiscono l'unico esemplare di materia proveniente dall'esterno del nostro sistema solare.

Il nostro lavoro è incentrato sulla rivelazione delle particelle μ^\pm , classificate come leptoni appartenenti alla II famiglia. I muoni infatti sono le uniche particelle cariche che raggiungono il livello del mare. La loro vita media è circa $2 \mu\text{s}$ e la loro energia media è 4 GeV.

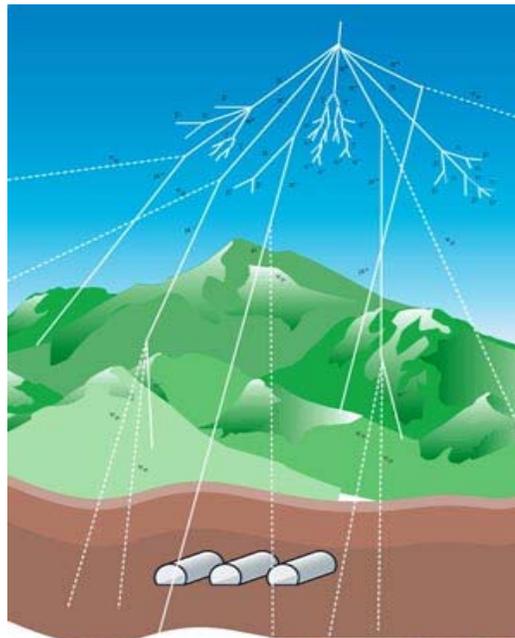


Figura 1. *Raggi Cosmici*

APPARATO DI MISURA

L'apparato di misura è composto da due scintillatori, un Lead Glass (vetro al piombo), vari moduli di elettronica e un ADC.

Gli scintillatori sono rivelatori composti di materiale plastico che trasformano l'energia persa dalle particelle in luce. Una particella interagisce con gli atomi dello scintillatore trasferendogli energia, ciò provoca un salto da parte degli elettroni a un livello energetico superiore. Essendo instabile, l'elettrone torna immediatamente al suo livello energetico fondamentale emettendo un fotone.

Il Lead Glass è un calorimetro che rivela le particelle per effetto Cerenkov. Se una particella viaggia a velocità superiore a quella della luce nel mezzo si crea un effetto coerente di emissione di fotoni.

I rivelatori sono rivestiti da materiale riflettente per evitare che i fotoni emessi non vengano dispersi e isolati dalla luce ambientale. Per tutti i rivelatori i fotoni vengono raccolti da un Photo Multiplier Tube (PMT), tramite una guida di luce per gli scintillatori e direttamente per il Lead Glass.

I fotoni emessi nel rivelatore, per effetto fotoelettrico, vengono trasformati in elettroni sul catodo del PMT. L'alta tensione di alimentazione dei PMT provoca una cascata di elettroni che risulta in un segnale di uscita rivelabile. Uno schema di un PMT è mostrato in figura 2.

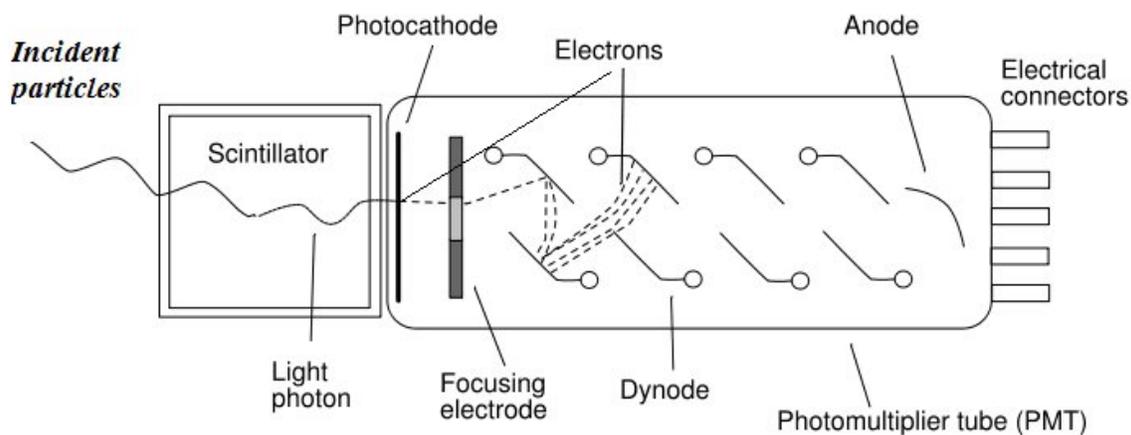


Figura 2. *schema di un PMT*

Il segnale in uscita dei PMT è proporzionale all'energia depositata dalle particelle nel rivelatore. L'ampiezza di questi segnali è misurata tramite un ADC (Analog to Digital Converter), che converte il segnale analogico proveniente dal PMT in uno digitale, calcolando l'integrale del segnale di ingresso. L'ADC acquisisce il segnale in ingresso solo se è presente un opportuno segnale al gate in coincidenza con gli ingressi.

Per acquisire il segnale dell'ADC abbiamo costruito una catena elettronica mostrata in Figura 3, nella quale abbiamo utilizzato i seguenti moduli di elettronica:

Amplificatore: serve per amplificare il segnale di una quantità variabile;

Fan-In Fan-Out: ci permette di avere più uscite per lo stesso segnale;

Discriminatore: emette un'onda quadra di ampiezza fissa (800 mV) ogni volta che il segnale in entrata supera la soglia preimpostata;

Logica And: emette un segnale in uscita quando i segnali in entrata sono in coincidenza;

Delay: ritardano il segnale di una quantità variabile.

I segnali di uscita dei fotomoltiplicatori sono amplificati di un fattore 10 per il Lead Glass e di un fattore 4 per gli scintillatori. Questi sono mandati agli ingressi dei fan-in fan-out, le cui uscite, corrispondenti ai segnali degli scintillatori, sono poste in ingresso ai due discriminatori con soglia 30mV e quindi agli ingressi della Logica And. L'uscita della logica, allungata fino a 60 ns, viene inviata al gate dell'ADC. Ai primi tre ingressi dell'ADC arrivano i segnali, opportunamente ritardati, dei fotomoltiplicatori presi dalle uscite dei fan-in fan-out.

L'ADC è collegato a un computer che attraverso un programma di acquisizione registra su disco i dati acquisiti.

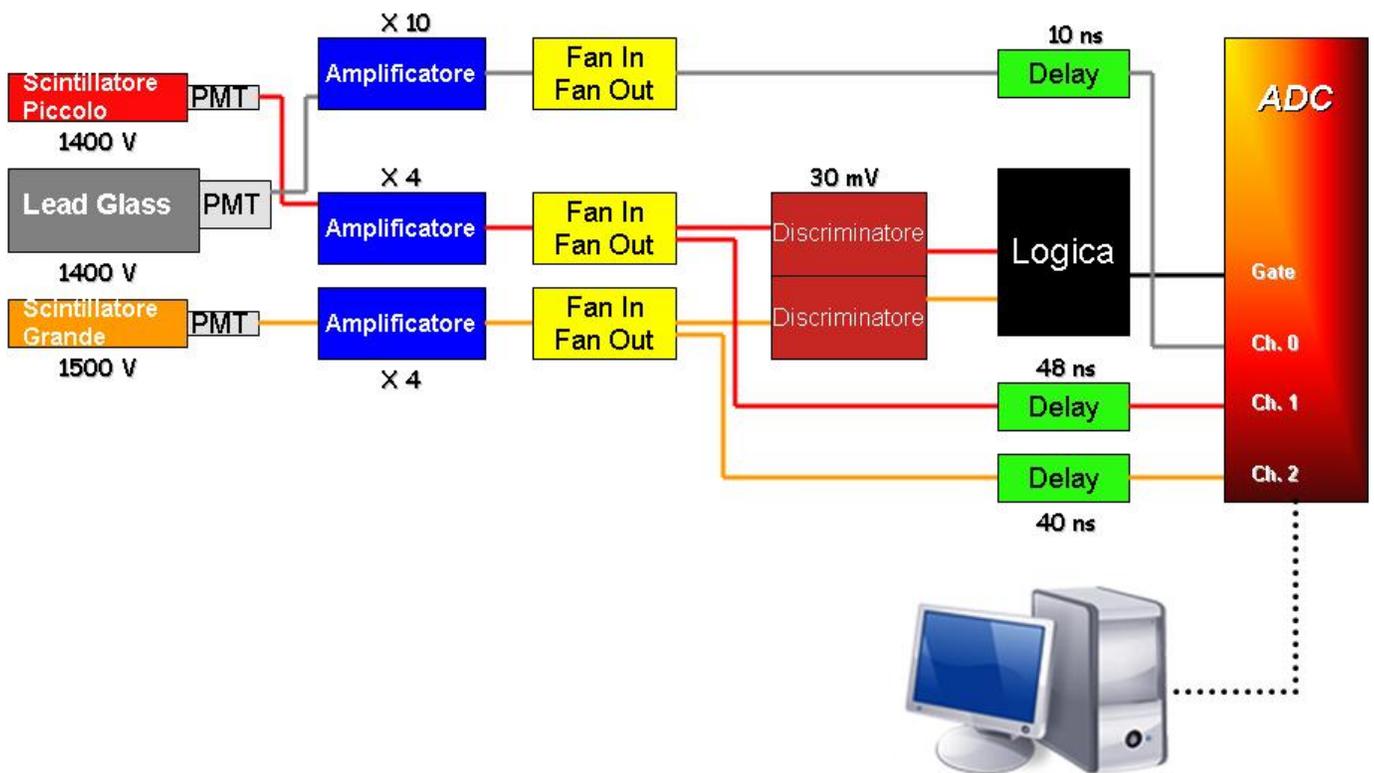


Figura 3. *Schema dell'apparato di acquisizione*

RISULTATI DELLA MISURA

Nella prima misura (run11) che abbiamo effettuato i tre rivelatori erano disposti come nella figura 4. I risultati sono illustrati nella figura 5, dove sono riportati, dall'alto in basso, i picchi del lead glass e dei due scintillatori. I tre istogrammi sono stati "fittati" con una curva gaussiana (curve rosse) per individuare la posizione e la larghezza dei picchi.

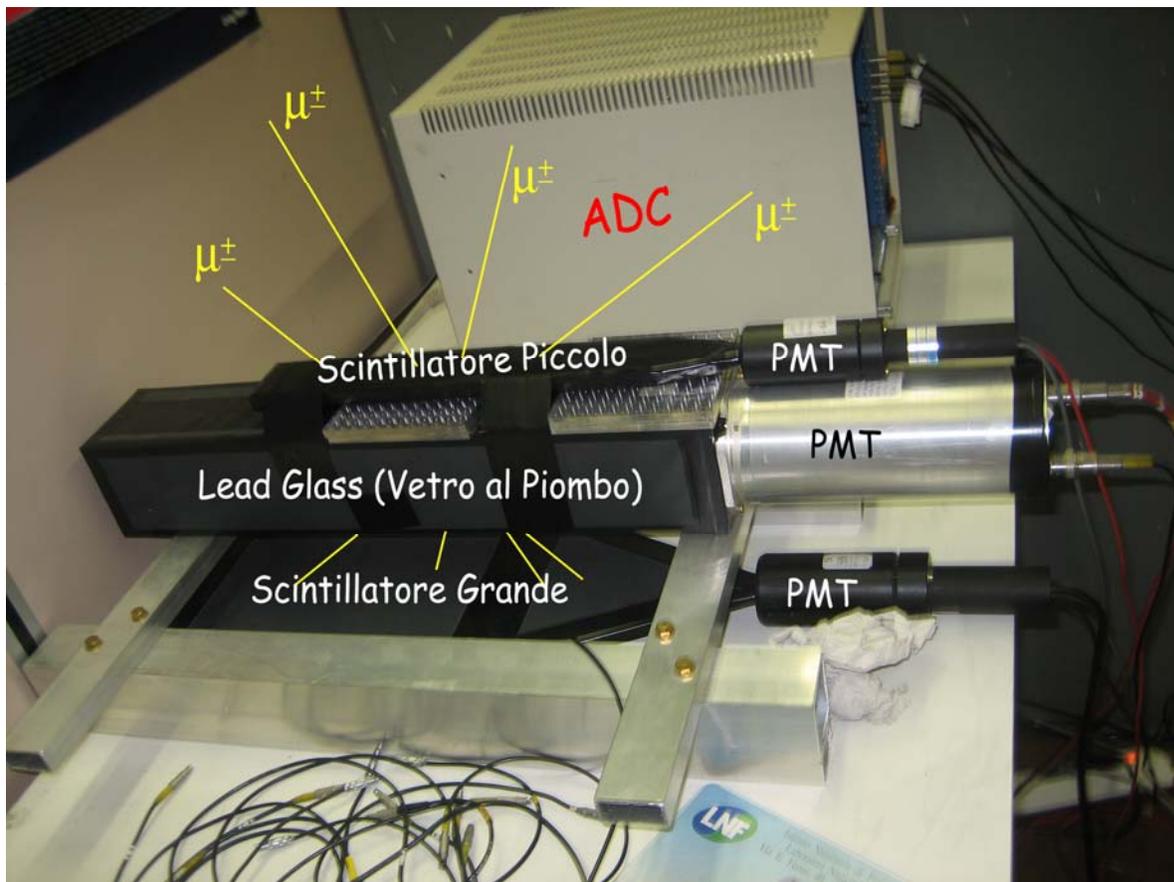


Figura 4. *Disposizione dei tre rivelatori*

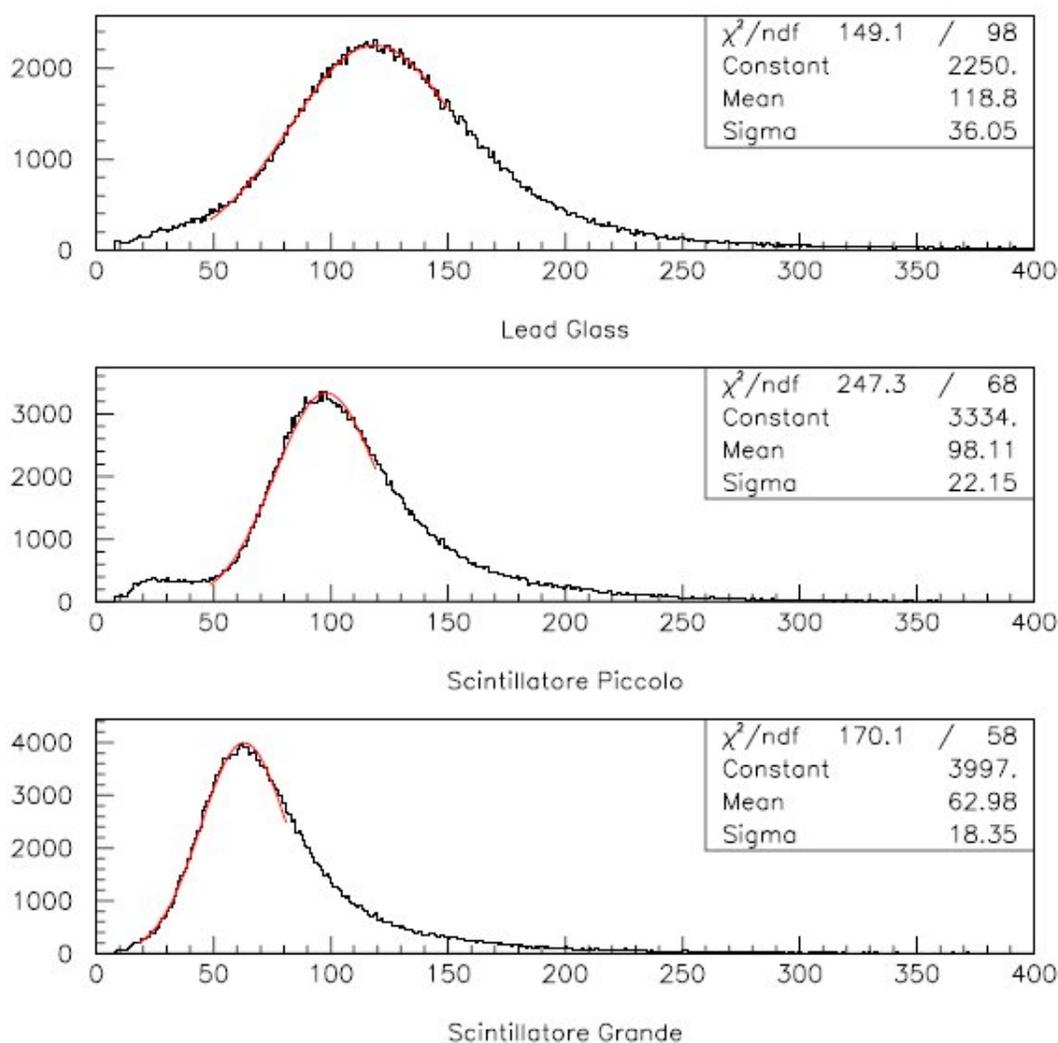


Figura 5. Risultati Run 11

Per studiare l'uniformità della risposta del lead glass abbiamo effettuato nuove misure variando la posizione dello scintillatore piccolo come mostrato ad esempio in figura 6. I risultati di queste tre misure sono mostrati nella figura 7. I tre istogrammi sono stati fittati con una gaussiana e sono stati ottenuti i valori medi e le larghezze riportati in tabella 1. Questi valori sono stati rappresentati nella figura 8 in funzione della distanza dal fotomoltiplicatore. Come possiamo notare la risposta del Lead Glass e' molto stabile e la deviazione di ogni misura dal loro valor medio e' risultata minore del 4.5%. il piccolo spostamento del picco all'aumentare della distanza e' dovuto all'assorbimento della luce nel Lead Glass.



Figura 6. Esempio di differente posizionamento dello scintillatore piccolo

TABELLA 1: valori delle tre misurazioni per lo studio dell'uniformità della risposta del Lead Glass

| Run | Distanza (cm) | Picco (ADC Ch) | σ (ADC Ch) |
|-----|---------------|----------------|-------------------|
| 13 | 3.0 | 124 | 55 |
| 18 | 24.5 | 118 | 45 |
| 17 | 44.5 | 114 | 42 |

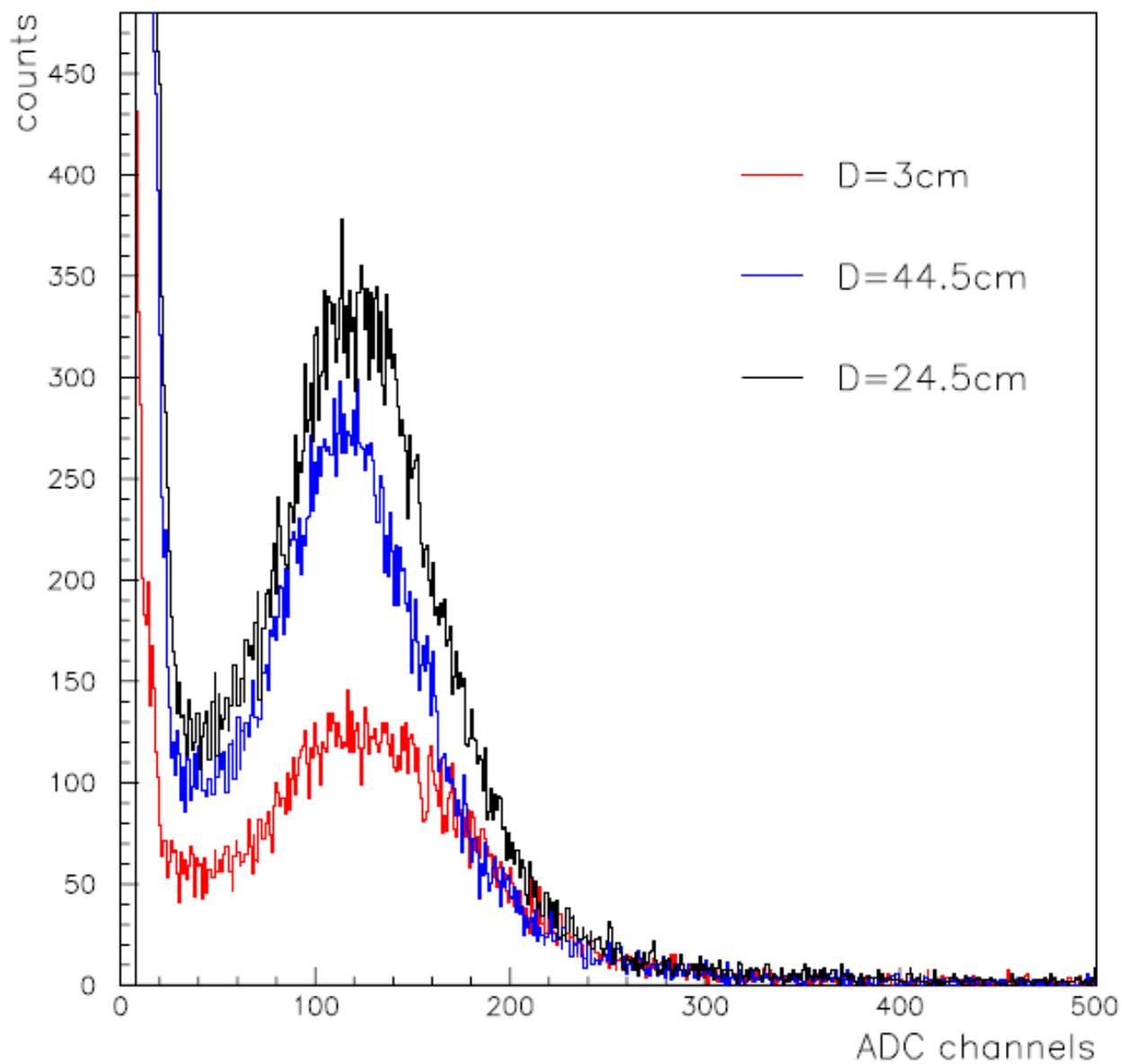


Figura 7. Risultati delle acquisizioni alle tre distanze dal fotomoltiplicatore

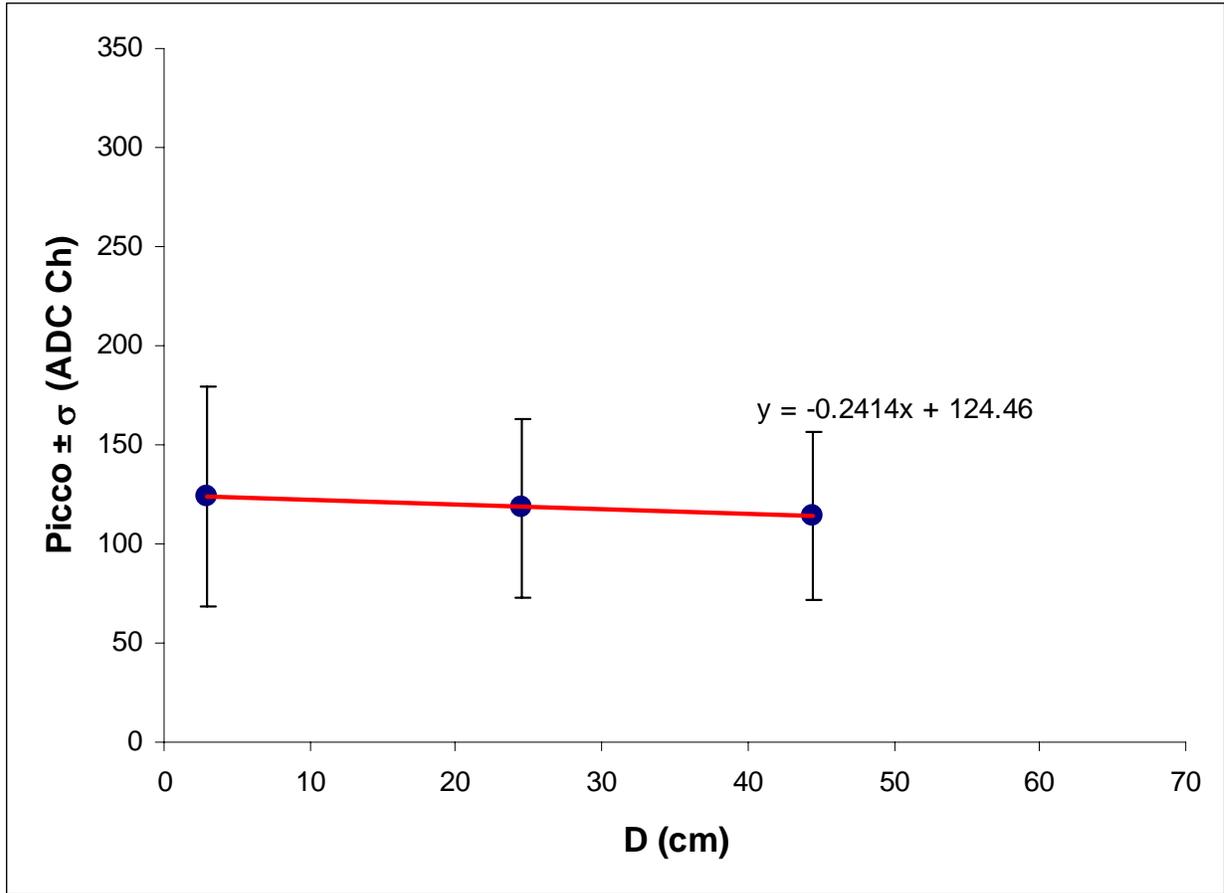


Figura 8. Grafico dell'uniformità del Lead Glass

CONCLUSIONI

Dopo aver costruito l'apparato di acquisizione per raggi cosmici, raccolto e analizzato i segnali provenienti dai tre rivelatori abbiamo studiato l'uniformità della risposta del Lead Glass posizionando lo scintillatore piccolo in diverse posizioni.

Riportando i dati ottenuti, il valore medio e la larghezza di ogni curva, in un grafico in funzione della distanza dello scintillatore dal PMT e eseguendo un fit, abbiamo verificato che il Lead Glass è uniforme al 4.5%.