

MISURA DEL FLUSSO DI RAGGI COSMICI IN FUNZIONE DELL'ANGOLO DI INCIDENZA

Scopo dell'esperienza

*Misura mediante calorimetro (lead glass) a
luce Čerenkov del flusso di muoni cosmici*

Studenti:

**Balata Claudio
De Leo Michele
Federico Lorenzo
Possieri Corrado
Sorbo Maria Chiara**

Tutor:

**Di Nezza Pasquale
Orlandi Aldo
Viticchie' Angelo**

Indice:

- Capitolo 1: I raggi cosmici pag 3
- Capitolo 2: Catena di acquisizione pag 4
- Capitolo 3: Studio della curva di tensione dei fotomoltiplicatori pag 6
- Capitolo 4: Misura del flusso dei raggi cosmici in funzione dell'angolo di incidenza pag 7

CAPITOLO 1

I raggi cosmici

I raggi cosmici primari sono particelle subatomiche emesse principalmente dal Sole ma anche da stelle pulsar, esplosioni di supernove, scontri di stelle di neutroni o comunque da qualsiasi evento di alta energia.

Gran parte del flusso di particelle viene deviato dal campo magnetico terrestre. Le particelle rimanenti, collidendo con gli strati alti dell'atmosfera, provocano uno sciame di particelle cosiddette secondarie (figura 1). La maggior parte delle particelle cariche di alta energia (protoni, pioni, etc) viene catturato dall'atmosfera interagendo con i gas in essa presenti. In pratica soltanto muoni e neutrini arrivano al livello del mare. I neutrini, essendo particelle prive di carica elettrica, e debolmente interagenti con la materia, attraversano la Terra praticamente inalterati.

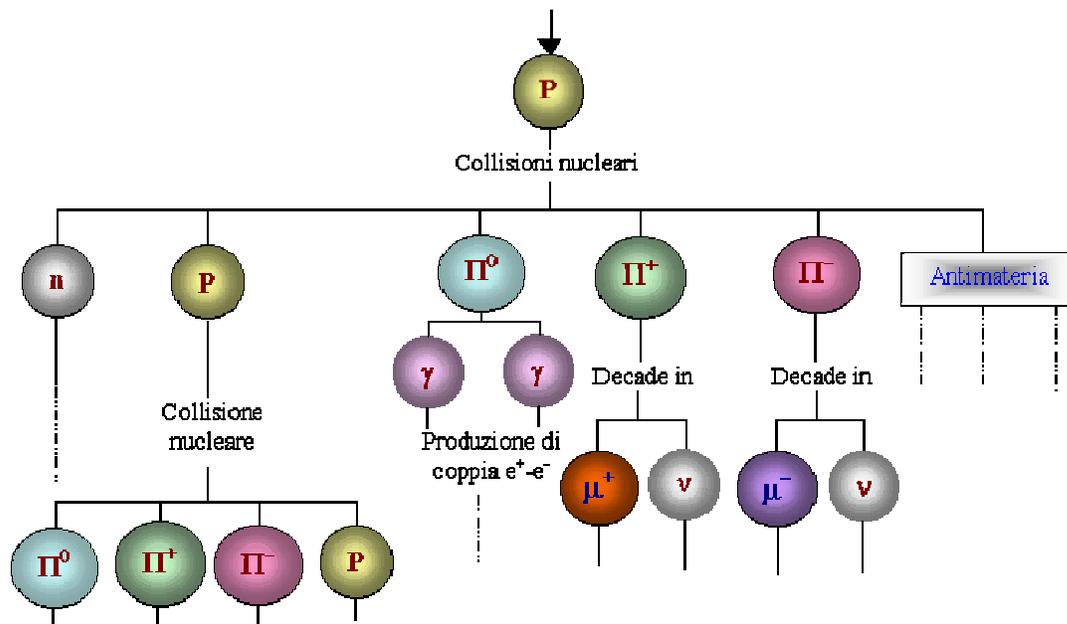


Figura1: sciame di raggi cosmici

I muoni sono leptoni, molto simili agli elettroni ma con massa circa doppia rispetto a questi ultimi, ovvero pari a 0.106 GeV ⁽¹⁾ e sono oggetto di studio della nostra ricerca. La loro vita media a riposo è circa $2 \mu\text{s}$, ma data la loro velocità prossima a quella della luce, per la teoria della relatività ristretta, il tempo di decadimento aumenta consentendo loro di arrivare fino alla superficie terrestre.

¹ $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$. 1 eV è l'energia che acquista un elettrone percorrendo un metro di spazio in un campo elettrico con differenza di potenziale di 1V .

CAPITOLO 2

Catena di acquisizione

L'apparato di acquisizione e' composto da un parallelepipedo di vetro al piombo (lead glass, miscela al 50% di piombo e vetro) di sezione quadrata 9x9 cm e lunghezza 51 cm. L'apparecchiatura rivela il passaggio delle particelle cariche mediante effetto Čerenkov. Infatti una particella carica che viaggia in un mezzo dielettrico come il lead glass induce in esso una polarizzazione (figura 2). Se l'energia delle particelle e' relativistica allora la polarizzazione si propaga (figura 3) nel dielettrico come un'onda coerente che viaggia ad una velocita` inferiore a quella delle particelle stesse. Il risultato finale e' l'emissione di un fascio di fotoni.

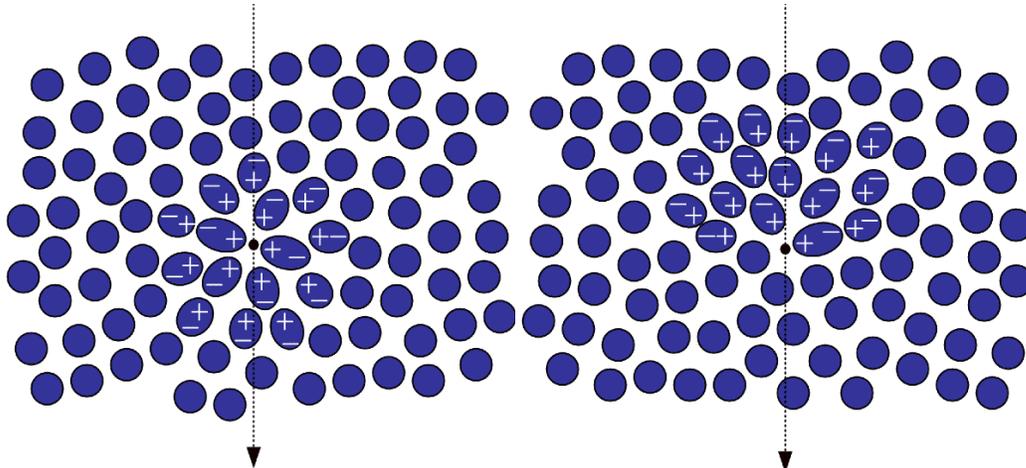


Figura 2

Situazione normale: $v < c/n$, interferenza distruttiva: le onde si annullano

Figura 3

Effetto Čerenkov: $v > c/n$, interferenza costruttiva, le onde si propagano

Per selezionare gli eventi che ci interessano, ovvero i μ passati attraverso il parallelepipedo di lead-glass, abbiamo posizionato una coppia di scintillatori sopra e sotto il parallelepipedo stesso. I due scintillatori rivelano il passaggio delle particelle grazie agli elettroni degli atomi di cui e' composto il materiale plastico. Gli atomi infatti si eccitano al passaggio delle particelle e poi diseccitandosi emettono fotoni.

Sia il lead glass che gli scintillatori sono letti da tubi fotomoltiplicatori (PMT) che trasformano i fotoni emessi in una cascata di elettroni che genera un impulso di corrente elettrica (figura 4).

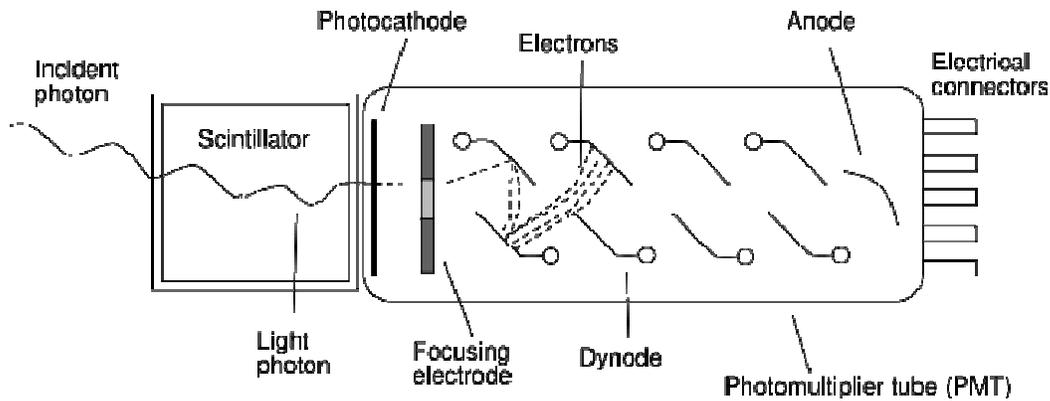


Figura 4: Funzionamento di un tubo fotomoltiplicatore

Il segnale così creato è acquisito dall'ADC (Analog to Digital Converter) che lo trasforma in un segnale digitale elaborabile al computer. I segnali dei due scintillatori opportunamente formati da alcune unità elettroniche (discriminatori e unità logica), invece arrivano al canale del Gate, che abilita l'ADC alla lettura degli ingressi.

La catena di acquisizione (figura 5) si compone di un amplificatore, un fan in-fan out, 2 discriminatori, 3 delay, una unità logica, dei collegamenti lemo, i tappi da 50 ohm, un ADC (Analog to Digital Converter) e un computer.

Amplificatore: Amplifica il segnale in modo regolabile.

Fan In-Fan Out: Permette di ottenere fino a 4 segnali di uscita per ogni segnale di entrata.

Discriminatore: Rivela tutti i segnali superiori a una data soglia regolabile e emette un'onda quadra di intensità costante e durata regolabile.

Delay: Ritarda i vari segnali di intervalli diversi per poterli sincronizzare.

Logica: Rileva due o più segnali in entrata e ne emette uno solo se i segnali in ingresso sono contemporanei.

ADC: Trasforma i segnali elettrici analogici in un codice digitale. Si attiva solo quando arriva un segnale all'entrata di Gate.

Computer: Tramite il software LabView i dati vengono registrati e rielaborati in istogrammi tramite il programma Paw gestito dal sistema operativo Unix.

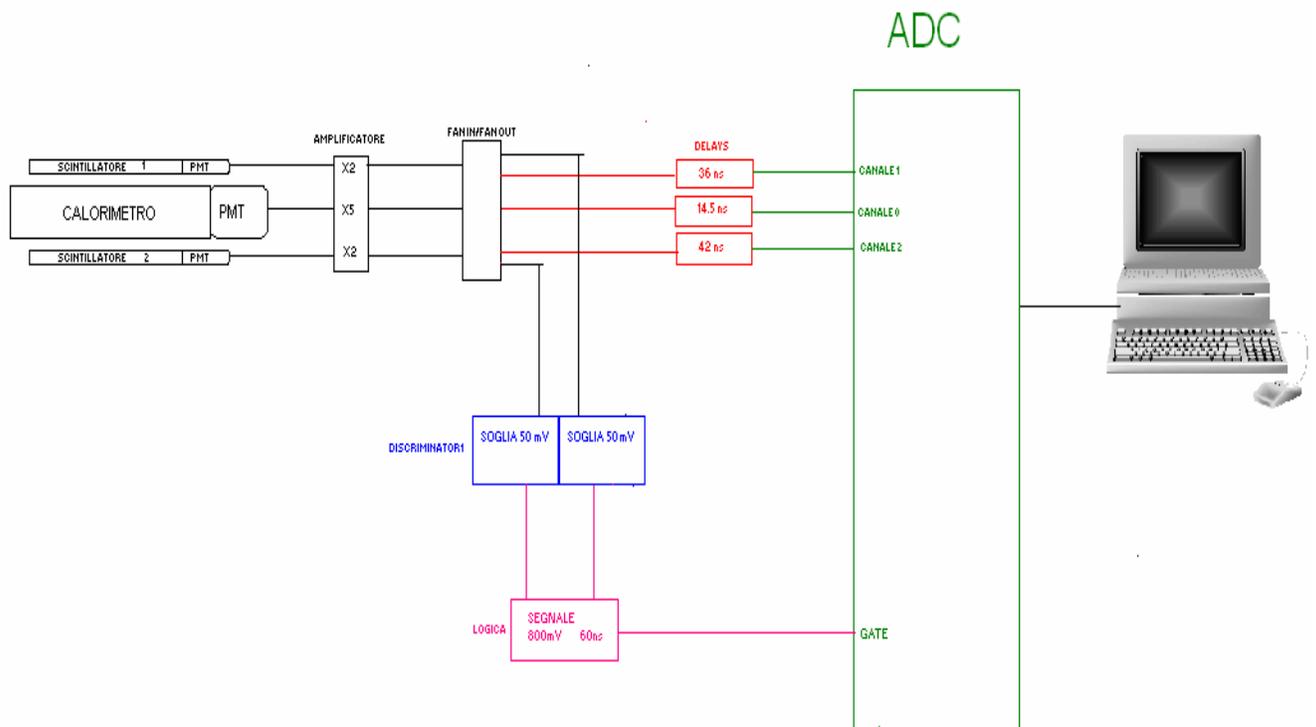


Figura 5: Catena di acquisizione

CAPITOLO 3

Studio della curva di tensione dei fotomoltiplicatori

Il primo passo e' la determinazione della curva di tensione dei tre fotomoltiplicatori. Abbiamo effettuato misure con tre diversi valori di tensione di alimentazione e per ogni istogramma dell'ADC abbiamo preso il picco e la σ riportati nella tabella 1.

Tabella 1: Misure per lo studio della curva di tensione

Strumento	Tensione (V)	Picco ($q / 10^{-1}$ pC)	σ
Calorimetro	1350	389	110
Calorimetro	1400	445	131
Calorimetro	1450	603	184
Scintillatore 1	1400	263	56
Scintillatore 1	1450	327	66
Scintillatore 1	1500	384	81
Scintillatore 2	1400	184	53
Scintillatore 2	1450	Non rivelato	Non rivelato
Scintillatore 2	1500	274	81

Con i risultati ottenuti abbiamo elaborato il grafico riportante le curve di tensione dei fotomoltiplicatori. Dalle curve dei due scintillatori abbiamo fissato le tensioni di 1410 V e 1500 V in modo da avere per entrambi il picco al canale 280.

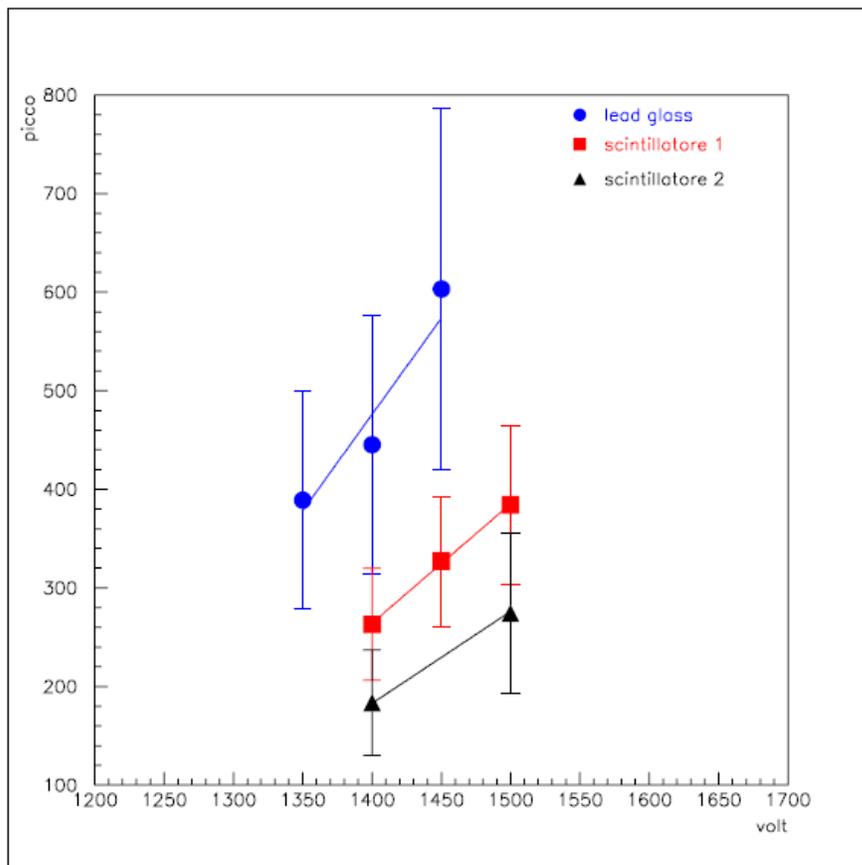


Figura 6: Grafico con le curve di tensione dei fotomoltiplicatori

CAPITOLO 4

Misura del flusso dei raggi cosmici in funzione all'angolo di incidenza

Vogliamo misurare il differente flusso di particelle rivelate in base all'angolo di incidenza rispetto alla normale alla superficie terrestre utilizzando il lead glass.

Abbiamo eseguito tre misurazioni con diversi inclinazioni del nostro apparato sperimentale.

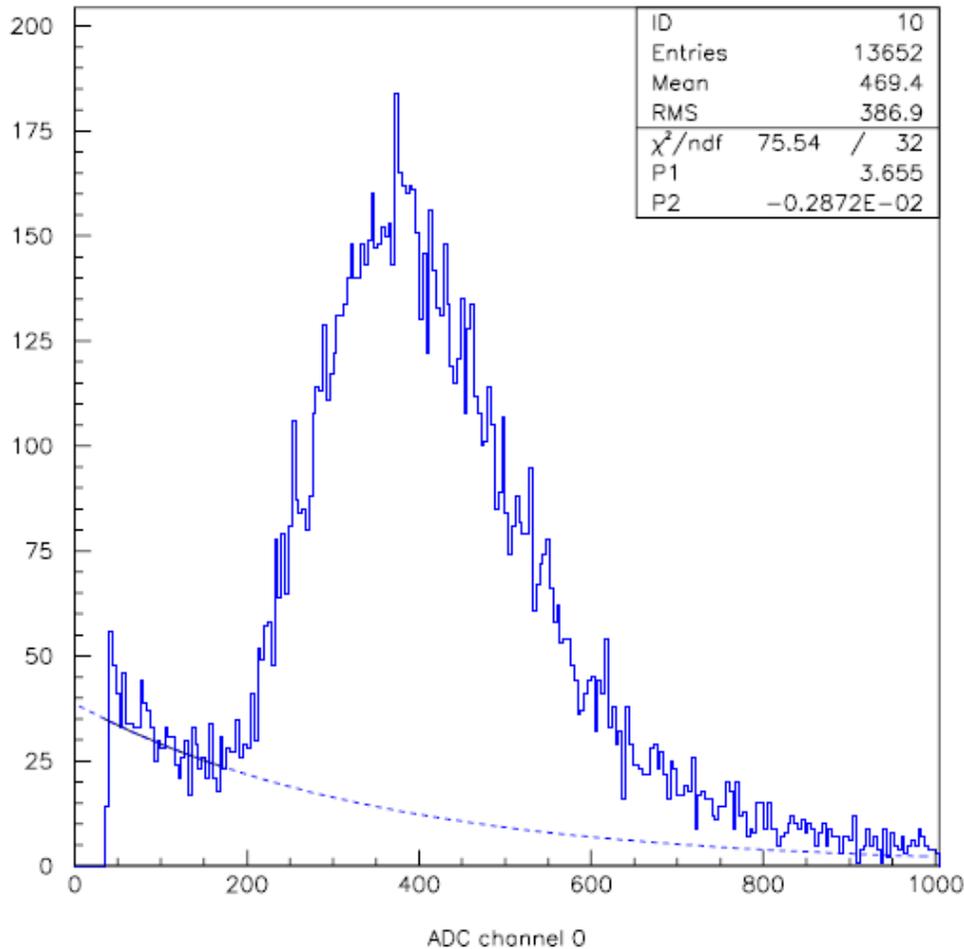


Figura 7: Istogramma di una acquisizione (22°)

Un esempio di tali misure e' riportato nella figura 7.

Per ogni misura abbiamo calcolato i conteggi nella regione del picco. Poi abbiamo fittato il fondo con una curva esponenziale e calcolato l'integrale di questa. Lo abbiamo quindi sottratto dai conteggi totali e abbiamo cosi' ottenuto il numero di eventi di cosmici reali. Dividendo per il tempo di misura abbiamo ottenuto il flusso di cosmici al secondo. Tutti questi dati sono riportati nella tabella 2 ed illustrati nella figura 8. Come si vede questi dati sono ben riprodotti dal fit rappresentante una funzione cosinusoidale.

Tabella 2: Misure per lo studio angolare delle frequenze dei raggi cosmici

Run	Angolo	Eventi Totali	Fondo	Eventi Cosmici	Tempo (s)	Frequenza (Hz)
15	15° ± 20°	12362	1666	8834	57840	0.152
16	22° ± 20°	13652	1652	9928	70920	0.140
17	0° ± 20°	18090	1745	14265	80100	0.178

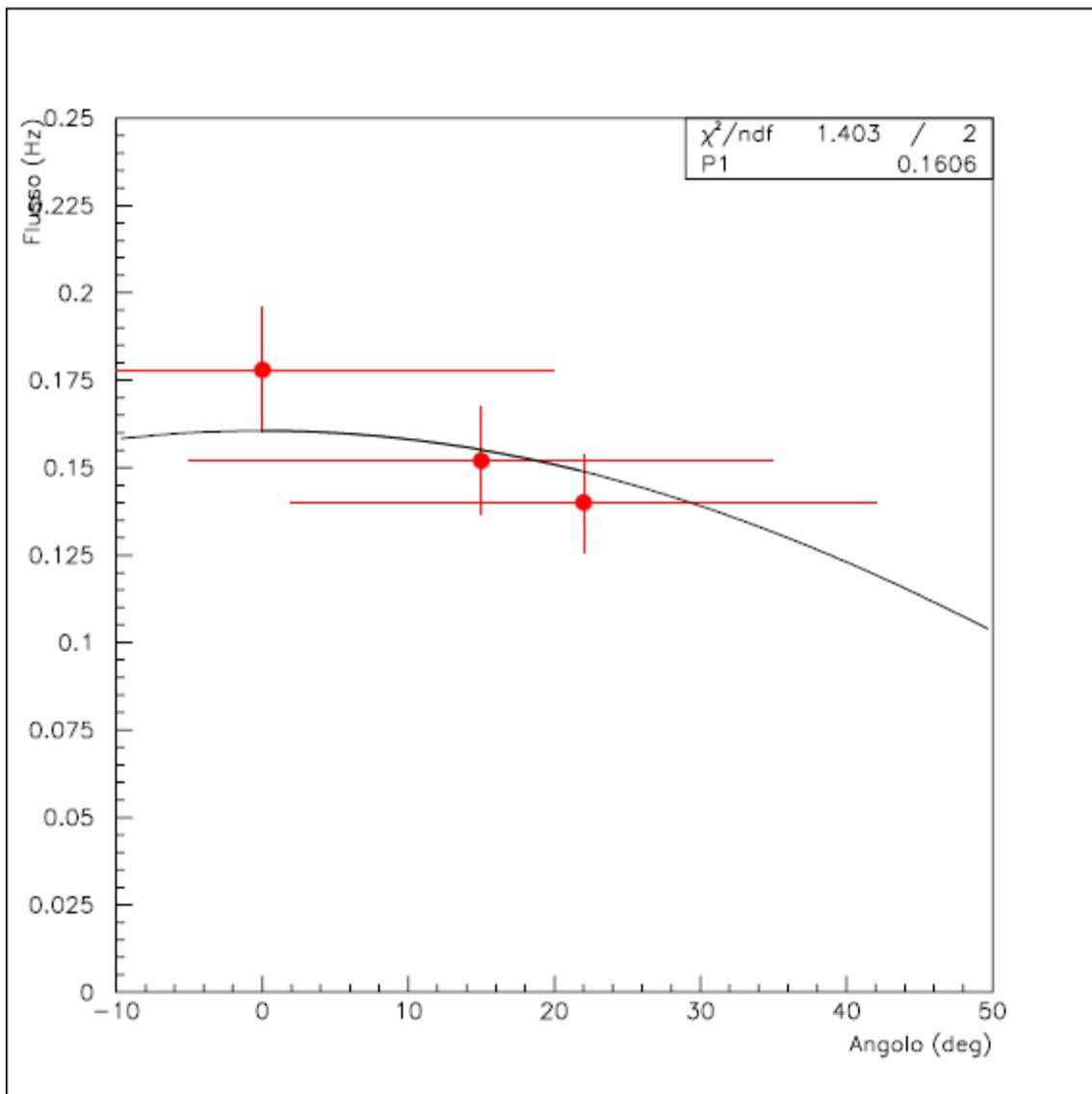


Figura 8: Grafico del flusso di cosmici in funzione dell'angolo