

# ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Genova

---

INFN/TC-92/15  
24 Aprile 1992

M. Anghinolfi, L. Mazzaschi, M. Ripani, A. Rottura:

**STUDIO DELLE PRESTAZIONI DI UN PICCOLO CONTATORE  
CERENKOV AD AEROGEL**



**STUDIO DELLE PRESTAZIONI DI UN PICCOLO CONTATORE  
CERENKOV AD AEROGEL**

**M. Anghinolfi, L. Mazzaschi, M. Ripani, A. Rottura**  
I.N.F.N. - Sezione di Genova, Via Dodecaneso 33, 16146 Genova (Italy)

**ABSTRACT**

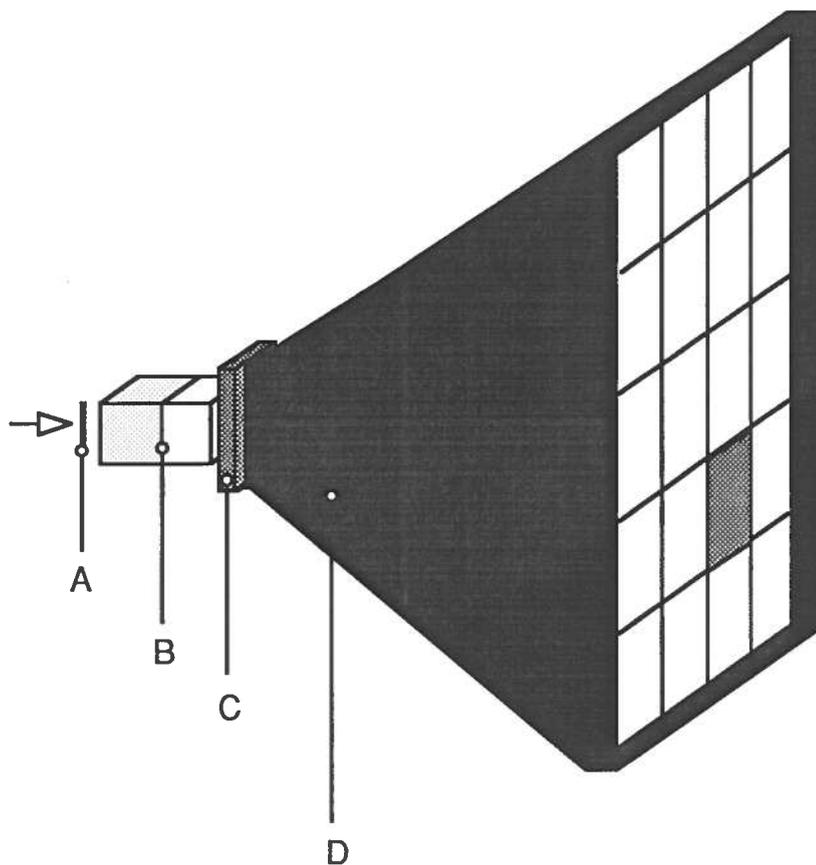
Si descrivono il disegno e le prestazioni di un contatore Cerenkov realizzato in aerogel ed utilizzato in un esperimento di scattering di elettroni su target gassosa in Adone.

Sono riportati i test effettuati su fascio  $e^+e^-$  e le misure dell'esperimento, con particolare riferimento alla separazione tra elettroni e pioni ottenuta dal rivelatore.

**1. - INTRODUZIONE**

Come parte di un programma per la misura degli spettri degli elettroni diffusi inelasticamente da una target gassosa installata in Adone<sup>(1,2)</sup>, abbiamo disegnato, costruito e testato un contatore Cerenkov che seleziona gli elettroni dal fondo costituito da pioni e protoni.

Questo contatore fa parte integrante del rivelatore illustrato in Fig.1:



**FIG. 1** - Il rivelatore per elettroni con le sue componenti: A plastico sottile anteriore, B contatore Cerenkov, C pre-shower in BGO, D calorimetro composto da 20 cristalli in BGO.

L'analisi correlata dell'energia rilasciata da una particella nel plastico A nel pre-shower C e nel calorimetro D non sempre è sufficiente a separare gli elettroni dal fondo, soprattutto agli angoli all'indietro (ove il numero di pioni e di protoni è circa un ordine di grandezza superiore a quello degli elettroni) e alle basse energie (inferiori a 200÷300 MeV) ove il comportamento dei pioni e degli elettroni è piuttosto simile.

Il contatore Cerenkov B, necessario per permettere l'esatta identificazione della particella incidente anche in questi casi ambigui, deve dunque soddisfare ai seguenti requisiti:

- 1) Una particella carica con velocità  $\beta$  che si muove in un mezzo trasparente di indice di rifrazione  $n$  emette luce Cerenkov se  $\beta > 1/n$ : la condizione che i pioni di energia inferiore a 300MeV non diano segnale è perciò soddisfatta se

$$n^2 < \frac{1}{\beta^2} \quad (1.1)$$

Ma

$$\beta^2 = 1 - \frac{m^2}{(T + m)^2} \quad (1.2)$$

ossia

$$n < \sqrt{(T + m)^2 / (T(T + 2m))} \quad (1.3)$$

ove  $m$  è la massa a riposo della particella e  $T$  la sua energia cinetica. Essendo  $m = 140$  MeV,  $T \approx 300$  MeV, la prima condizione si traduce in

$$n < 1.055 \quad (1.4)$$

2) Il numero di fotoelettroni  $\nu$  rivelati risulta

$$\nu = A L \sin^2 \theta_c = A L \sqrt{(1 - n^2) / (1 + \sqrt{(m^2 + p^2)})} \quad (1.5)$$

ove  $A$  è una costante che caratterizza l'efficienza di trasformazione dei fotoni Cerenkov in fotoelettroni,  $L$  è lo spessore del rivelatore,  $m$  e  $p$  sono la massa e la quantità di moto della particella<sup>(3)</sup>.

Poichè, a parità di spessore, un numero elevato di fotoelettroni permette una migliore efficienza di rivelazione, il materiale con  $n$  più elevato possibile è sempre il più conveniente.

Le due condizioni riportate indicano che un materiale con  $n = 1.05$  è il più adatto per i nostri scopi.

Con questo valore dell'indice di rifrazione, la scelta del materiale corrispondente è piuttosto limitata e soltanto l'aerogel, una sorta di schiuma di silicone, porosa e leggera ( $\rho = 0.1 - 0.3$  g/cm<sup>3</sup>) corrisponde ai requisiti richiesti.

Il campione da noi utilizzato ha un indice di rifrazione  $n = 1.045$  ed è quindi in grado di separare gli elettroni da pioni e protoni nel range di nostro interesse: la soglia di emissione per la luce Cerenkov è infatti di appena 1.25 MeV per gli elettroni mentre sale a circa 400 MeV per i pioni ed è ancora più alta per i protoni.

La geometria del contatore è descritta nel capitolo 2 mentre i test effettuati su un fascio di elettroni e i primi risultati ottenuti in un run di misura sono presentati nel capitolo successivo.

## 2. - IL CONTATORE

Come è già illustrato in Fig.1, il contatore Cerenkov deve coprire la parte anteriore del rivelatore in un volume piuttosto limitato.

La superficie sensibile è stata perciò fissata ad un valore di  $50 \times 50 \text{ mm}^2$  mentre per lo spessore sono stati scelti due valori di 70 e 40 mm rispettivamente.

Infatti nonostante la (1.5) indichi che il numero di fotoelettroni cresce linearmente con lo spessore, il valore della lunghezza di diffusione e di assorbimento piuttosto limitati (rispettivamente 50 e 20 mm per  $\lambda=350 \text{ nm}$ ) fa sì che la luce Cerenkov prodotta in grossi volumi di aerogel non venga poi completamente raccolta.

Seguendo le indicazioni di Benot et al.<sup>(4)</sup> abbiamo costruito una scatola in anticorrosodal con volume di  $50 \times 50 \times 70 \text{ mm}^3$  le cui pareti interne sono state rivestite con tre strati di carta Millipore di colore bianco, ottimo diffusore tipo GSWP 293 25 con porosità  $22 \mu\text{m}$ , mentre due fototubi EMI 9954QB con fotocatodo in quarzo sono stati accoppiati direttamente all'aerogel.

In Fig. 2 è riportata la sezione verticale del contatore nelle due configurazioni di 40 e 70 mm ottenute assemblando diversamente dei pezzi inviateci dalla casa\* ricavati da fogli di grande superficie ma di più piccolo spessore. L'aerogel è stato tagliato in un sandwich di legno con una sega circolare di elevata velocità a lama sottile.

Se la configurazione (a) di Fig.2 corrisponde ad un modello comunemente usato<sup>(3,4)</sup> in cui la luce di Cerenkov prodotta direzionalmente nell'aerogel viene diffusa verso i fototubi nel volume libero del contenitore, la configurazione (b) è stata lo stesso tentata in quanto la (1.5) prevede a suo favore circa un fattore due sul numero di fotoelettroni prodotti trascurando gli effetti d'autoassorbimento.

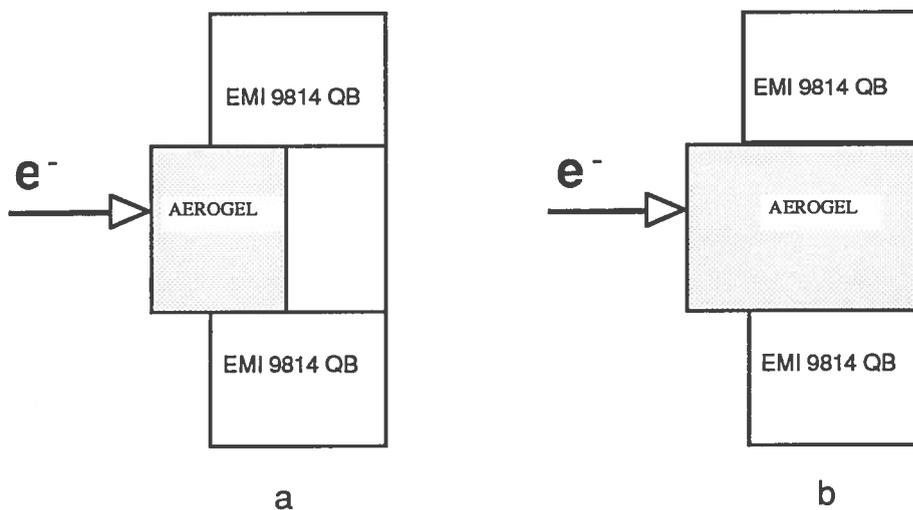


FIG. 2 - Le due geometrie in cui è stato provato il contatore Cerenkov: a) spessore 40 mm e b) spessore 70 mm.

\* AIRGLAS - BOX 150, S - 24500 Steffanstorp, Sweden.

### 3. - TEST SUL FASCIO E PROVE IN MISURA

Il contatore nelle due configurazioni descritte è stato dapprima testato utilizzando le coppie  $e^+e^-$  prodotte dall'interazione del fascio di fotoni marcati in Adone con un convertitore in oro (40 x 40 mm.).

La Fig. 3 illustra la geometria sperimentale utilizzata in questo test.

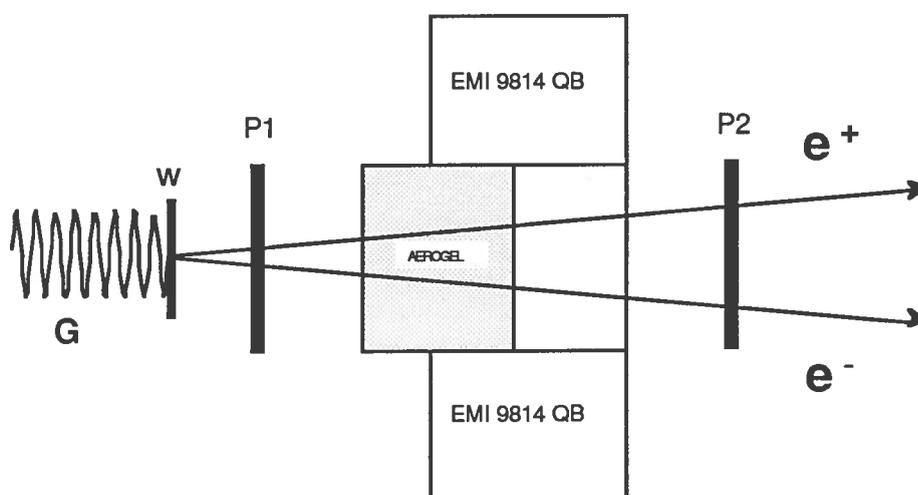


FIG. 3 - Schema dell'apparato sperimentale utilizzato per provare il contatore Cerenkov descritto nel testo.

Il fascio di Bremsstrahlung G di energia compresa tra pochi MeV e 1200MeV produce nel convertitore W una coppia  $e^+e^-$  che rilascia un segnale nel plastico P1 di  $50 \times 50 \times 3 \text{ mm}^3$  posto davanti al contatore Cerenkov.

Un plastico P2 identico a P1 messo a valle del sistema è posto in coincidenza con P1 ed ha una soglia tale che soltanto le coppie  $e^+e^-$  che attraversano sia P1 sia P2 e quindi anche il contatore Cerenkov vengano registrate.

Questa coincidenza serve da gate ai due segnali provenienti dal Cerenkov i quali sono stati dapprima equalizzati e poi sommati tra loro.

In Fig.4 (a) è rappresentato un tipico spettro in carica ottenuto con 70 mm di aerogel, nelle condizioni descritte precedentemente.

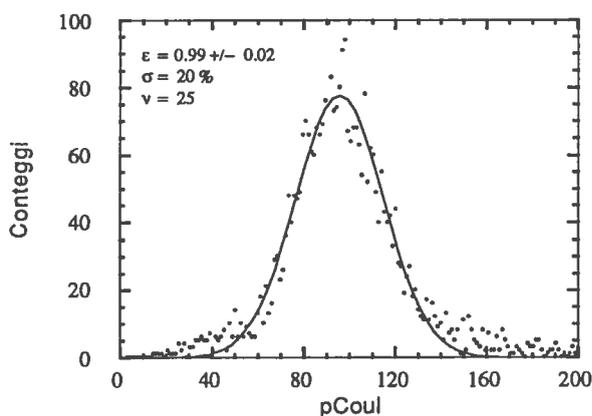


FIG. 4 (a) - Spettro dell'analisi in carica dei segnali del contatore Cerenkov nella geometri descritta in Fig. 3; lo spessore di aerogel è 70 mm; la curva continua che fitta i dati sperimentali è una gaussiana la cui larghezza indica  $\nu = 25$ .

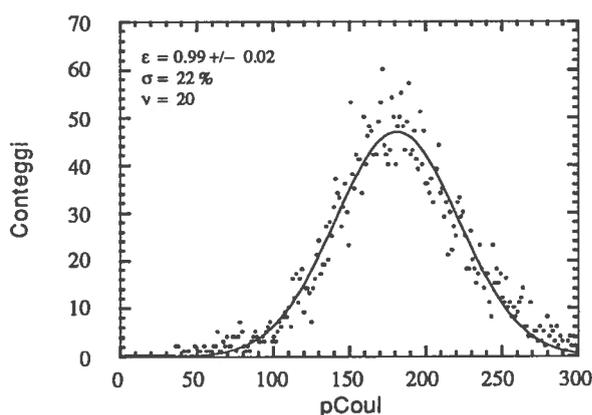


FIG. 4 (b) - Come Fig. 4 (a) ma con spessore di aerogel 40 mm; in questo caso  $\nu = 20$ .

L'integrale dello spettro sopra il livello di rumore ( $\approx 10$  pC) diviso per il numero di coincidenze tra P1 e P2 rappresenta l'efficienza  $\epsilon$  del contatore, risultata sempre maggiore del 97 % in tutti i test eseguiti.

I dati sono stati fittati con una gaussiana rappresentata in figura dalla curva continua: dalla sua larghezza si puo' stimare il numero medio di fotoelettroni raccolti ottenendo in questo caso  $\nu=25$  vale a dire circa 12 fotoelettroni per singolo elettrone o positrone che attraversa l'aerogel.

Analogo risultato si ottiene passando da 70 a 40mm di spessore di aerogel posizionato come già descritto in Fig. 2 (a).

Lo spettro ottenuto, illustrato in Fig. 4 (b), indica in questo caso  $v = 20$ ; si osserva che riducendo la lunghezza di un fattore  $4/7$  non si riduce in proporzione il numero di fotoelettroni raccolti probabilmente a causa dell'autoassorbimento della luce Cerenkov o della geometria utilizzata.

Questi risultati del tutto confrontabili ci hanno fatto scegliere la configurazione in cui l'aerogel è spesso 40 mm in quanto il decremento molto contenuto nel numero di fotoelettroni è ben compensato dal vantaggio di avere un minor scattering multiplo degli elettroni sul rivelatore Cerenkov.

E' facile a questo punto ricavare il numero di fotoelettroni in funzione dell'energia per elettroni, pioni e protoni prodotti nel nostro rivelatore di 40mm di aerogel.

Imponendo nella (1.5)  $v = 10$  per elettroni di grande energia si ottiene

$$v = 120 \sqrt{(1 - \sqrt{1 - n^2}) \sqrt{(1 + \sqrt{m^2; p^2})}} \quad (3.1)$$

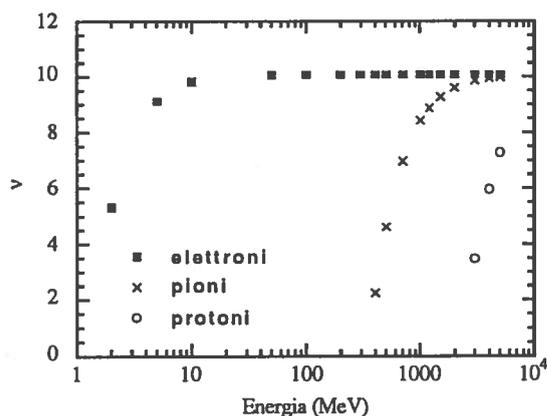


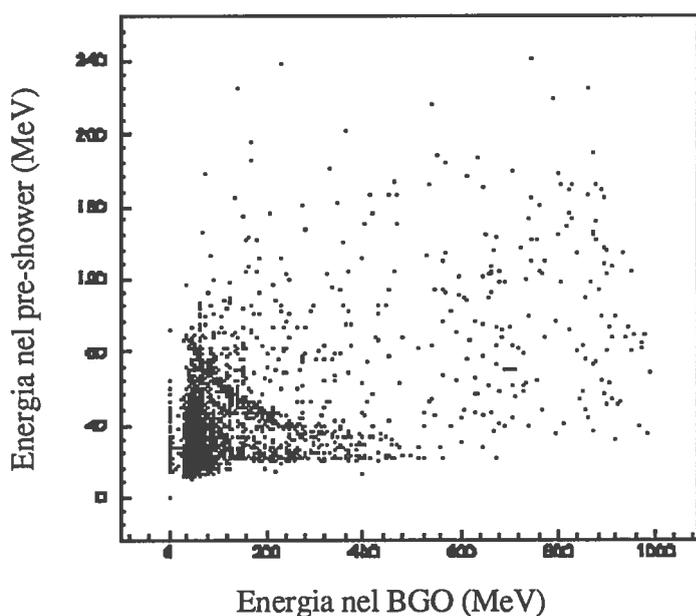
FIG. 5 - Previsione sul numero  $v$  raccolti, in accordo con la formula (3.1) per elettroni, pioni e protoni.

In Fig.5 è rappresentato il numero previsto di fotoelettroni in funzione dell'energia per elettroni, pioni e protoni nell'aerogel da 40mm, secondo il risultato della formula precedente: come si vede gli elettroni raggiungono rapidamente il numero di fotoelettroni massimo ( $v=10$ ) mentre soltanto i pioni di energia superiore a 500 MeV presentano lo stesso comportamento.

Il rivelatore è stato successivamente provato in una misura di scattering inelastico di elettroni con energia di 1.2 GeV inserendolo nella parte anteriore del rivelatore di Fig.1 ad un angolo di rivelazione di  $32^\circ$ .

In Fig. 6 (a) è rappresentato un plot bidimensionale degli eventi raccolti. L'asse x misura l'energia rilasciata nel calorimetro mentre in y è graficata la perdita di energia nel pre-

shower; i protoni e i pioni, addensati nelle due strisce in basso sono già parzialmente separati dagli elettroni distribuiti su tutto il piano. I soli eventi corrispondenti ad un segnale sul contatore Cerenkov sopra il suo livello di rumore sono invece rappresentati in Fig.6 (b): si tratta prevalentemente di elettroni ad esclusione della zona compresa tra 200 e 350 MeV lungo x e 20 e 30 MeV lungo y in cui sono anche presenti pioni di alta energia (>500MeV) non completamente fermati dal calorimetro.



**FIG. 6 (a)** - Plot bidimensionale dell'energia rilasciata nel pre-shower in funzione dell'energia rilasciata nel calorimetro senza l'informazione data dal contatore Cerenkov.

Con questi risultati abbiamo dimostrato che è possibile costruire un efficiente contatore Cerenkov utilizzando un aerogel silicato di indice di rifrazione  $n=1.045$ .

Questo valore è il risultato di un compromesso tra un indice di rifrazione minore, più efficiente per la separazione degli elettroni dai pioni di energia elevata, ed uno maggiore che fornirebbe invece un più elevato numero di fotoelettroni.

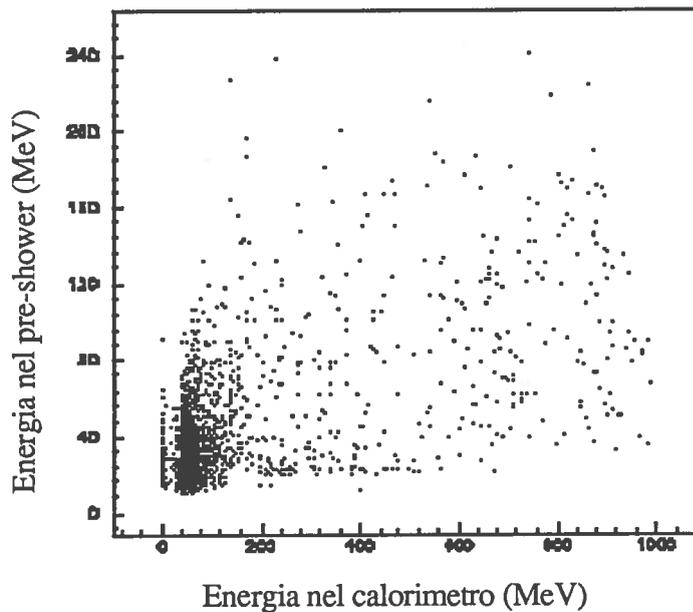


FIG. 6 (b) - Plot bidimensionale dell'energia rilasciata nel pre-shower in funzione dell'energia rilasciata nel calorimetro con l'informazione data dal contatore Cerenkov.

I buoni risultati ottenuti mostrano che questa scelta è stata ragionevole e indicano che contatori Cerenkov simili a questo possono essere utilizzati con successo in esperimenti di energie intermedie ove si richiede la misura di spettri di elettroni in presenza di alti fondi di particelle di massa più elevata.

## REFERENZE

- (1) M. Anghinolfi et al. Report I.N.F.N. in stampa
- (2) M. Taiuti et al. NIM A 297 (1990), 354
- (3) P.J. Carlson et al. NIM 166 (1979), 425
- (4) Benot et al. NIM 154 (1978), 253