

INFN-LNF

gruppo analisi dati

**Misura dei parametri fondamentali delle particelle
elementari**

Alfano Giulia

Baldini Matteo

Carbonelli Stefano

Chiara Angelo

Coculo Daniele

Magnisi Lorenzo

Stage estivo 2009

15-26/06/09

La Relativita'

$$\begin{cases} t' = t \\ x' = (x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \end{cases}$$

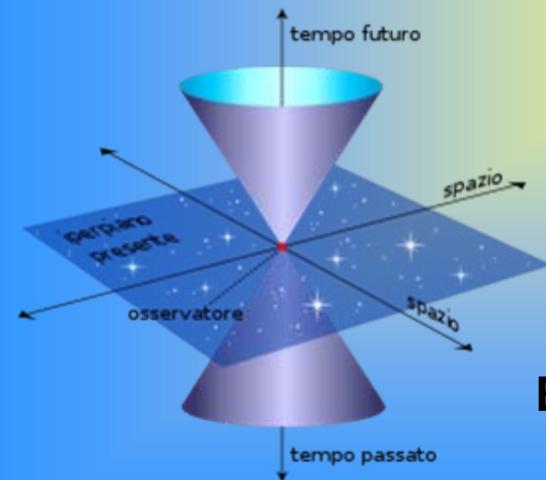
$$\begin{cases} t' = \gamma \left(t - \frac{v}{c^2} x \right) \\ x' = \gamma (x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \end{cases}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- **Relatività Galileiana**
- Secondo la relatività galileiana le leggi della meccanica sono le stesse in ogni sistema di riferimento inerziale.
⇒ **Leggi di trasformazioni (Galileo)**
Le equazioni dell'elettromagnetismo non sono invarianti per le trasformazioni di Galileo.

- **Relatività di Einstein**
- La relatività ristretta concilia il principio di relatività galileiano con le equazioni delle onde elettromagnetiche.
⇒ **Nuove trasformazioni (Lorentz)**

- La relatività ristretta si basa su due postulati:
- **Primo postulato (principio di relatività):** tutte le leggi fisiche sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali;
- **Secondo postulato (invarianza della luce):** la velocità della luce nel vuoto ha lo stesso valore in tutti i sistemi di riferimento inerziali, indipendentemente dalla velocità dell'osservatore o dalla velocità della sorgente di luce.



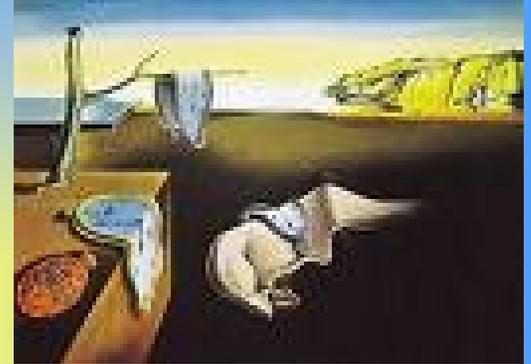
$$E = mc^2$$

Il tempo: una nuova dimensione

Il tempo e lo spazio seguendo le leggi di Lorentz, variano in modo da lasciare invariante la velocità della luce che è insuperabile, in quanto velocità limite.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

$$L = L_0 / \gamma$$



Introdotti i quadrivettori:

Spazio-tempo (ct;r)

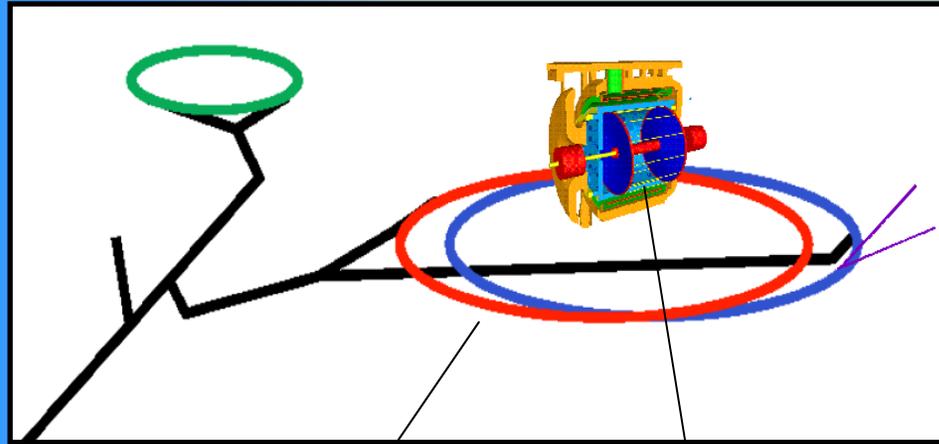
Energia-impulso (E/c;p)

la Relatività di Einstein afferma che la norma di un quadrivettore e il prodotto di due quadrivettori sono invarianti: non cambiano al variare del sistema di riferimento.

$$m_0^2 c^4 = E^2 - p^2 c^2$$

La conservazione dell'energia e dell'impulso viene sempre rispettata.

DaΦne & Kloe



DaΦne

Kloe



- **DAΦNE** è un acceleratore di particelle il cui scopo è quello di produrre fasci di elettroni e positroni, i quali successivamente vengono fatti collidere, con altissima luminosità ed energia di 1 GeV, generando nuove particelle rivelate da Kloe.

- **KLOE** (K Long Experiment) è il rivelatore di particelle elementari che sfrutta gli eventi prodotti dall'acceleratore di particelle DAΦNE dei Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN.

- **A cosa serve il rivelatore KLOE**

Il rivelatore KLOE serve principalmente a studiare la violazione di CP attraverso i decadimenti del mesone Φ in coppie di mesoni K.

Kloe rappresenta inoltre uno strumento molto sensibile per la fisica adronica.

- L'oggetto della nostra esperienza ha riguardato la produzione di coppie di particelle π e μ dall'annichilazione $e^+ e^-$ (processi al continuo). Dal rapporto delle probabilità di produzione di π e μ abbiamo ricavato informazioni sulla struttura interna del π .

Ingredienti dell'analisi dati

Luminosità (integrata del campione):
proporzionale al numero di interazioni $e^+ e^-$ per
 cm^2

$$L=1065 \text{ nb}^{-1}$$

Accettanza: percentuale di dati che vengono
selezionati per l'analisi secondo criteri stabiliti a
priori per eliminare dati di fondo

$$A_{\mu}=0,147$$

$$A_{\pi}=0,335$$

Sezione d'urto (σ): probabilità che da una
collisione avvenga una data interazione, si
misura in barn.

$$1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$$

Scopo dell'esperienza: calcolare e confrontare le sezioni d'urto con relativi
errori di eventi $\mu\mu \gamma$ e $\pi\pi \gamma$

Separazione π e μ su base statistica

Metodo di likelihood relativa

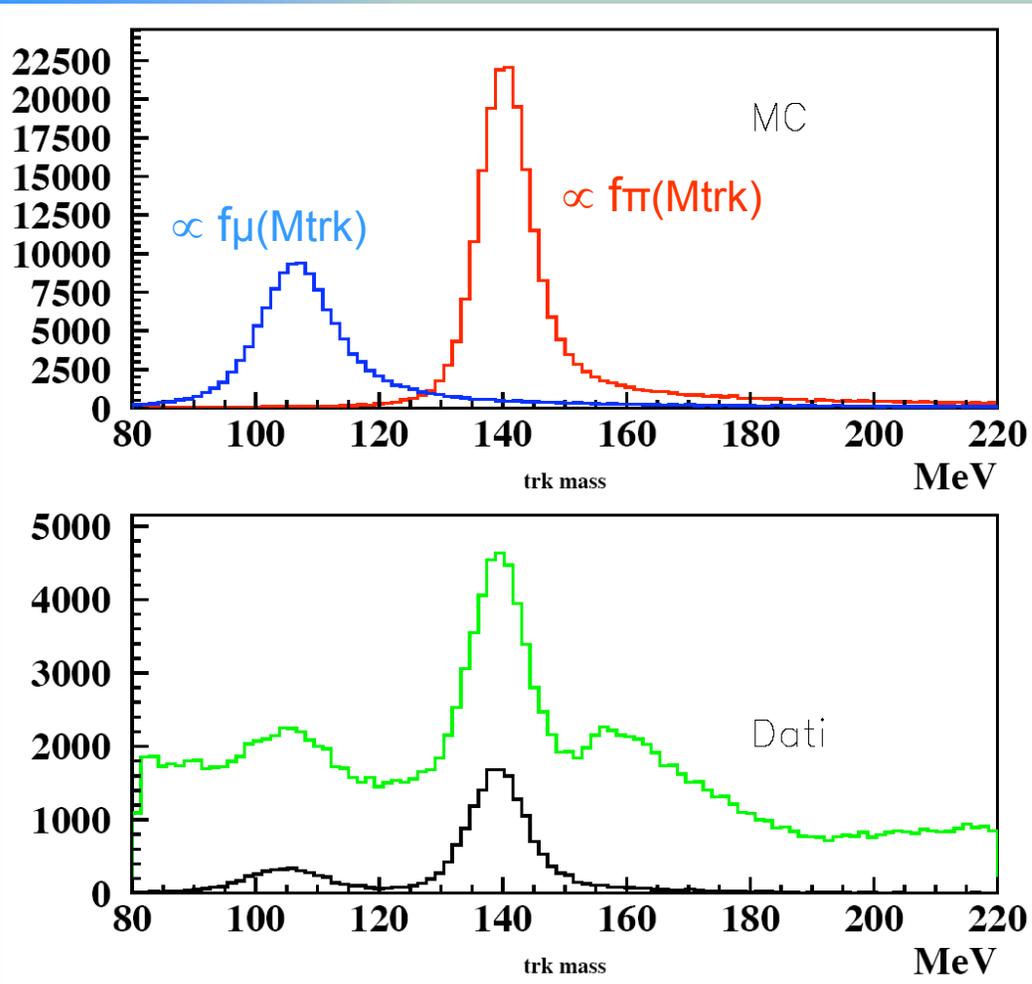
1. Individuazione di una variabile discriminante: M_{trk}
2. Costruzione della funzione densita' di probabilita' in ipotesi π e μ [$f_{\pi}(m_{trk})$ $f_{\mu}(m_{trk})$] usando eventi simulati (monte carlo)
3. Costruzione della likelihood relativa:
 $r = \ln f_{\pi}(m_{trk}) - \ln f_{\mu}(m_{trk})$
4. Scelta del taglio e stima dell'efficienza e della contaminazione associati al taglio

Likelihood relativa: la funzione del rapporto dei likelihood permette di distinguere le varie ipotesi formulate

MC ("monte carlo"): simula processi complessi (come l'interazione di pioni e muoni dentro Kloe). Elemento fondamentale nell'analisi dati di un esperimento come Kloe



Variabili discriminanti: Mtrk



La massa-traccia (M_{trk}) e' calcolata a partire dalla conservazione dell'energia e dell'impulso, buona discriminante per separare i π dai μ

$$M_{trk} = \sqrt{\frac{\left(\frac{A_S}{2}\right)^2 - (|\mathbf{p}_+| \cdot |\mathbf{p}_-|)^2}{\left(E_{\phi} - |\mathbf{p}_{\phi} - \mathbf{p}_+ - \mathbf{p}_-|\right)^2}}$$

Con

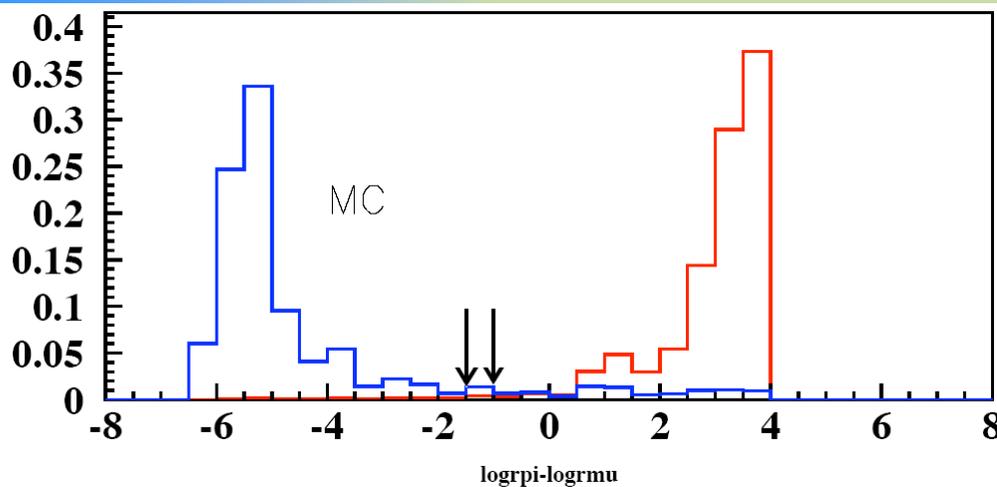
$$A_S = \left(E_{\phi} - E_{\gamma}\right)^2 - \left(|\mathbf{p}_+|^2 + |\mathbf{p}_-|^2\right)$$

Costruzione della likelihood relativa

$$r = \ln(f_{\pi}(\text{Mtrk})/f_{\mu}(\text{Mtrk}))$$

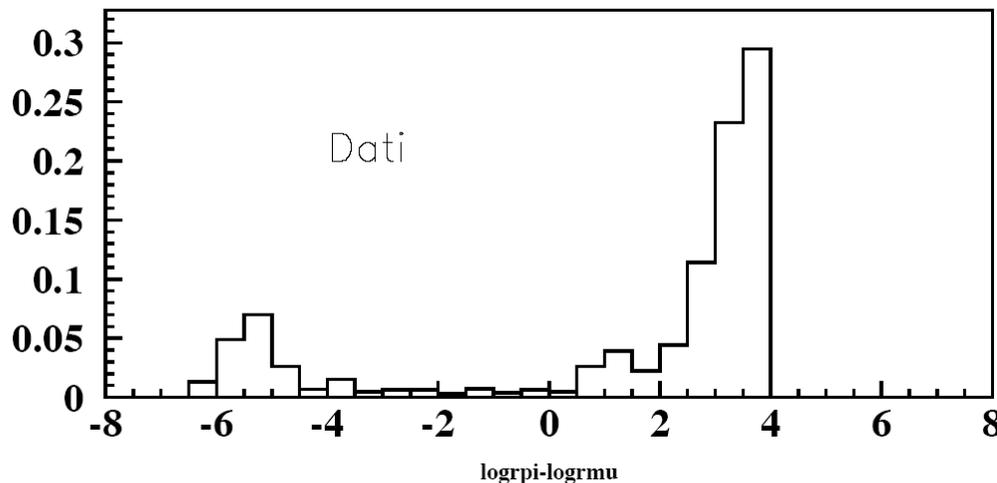
$f_{\mu}(r)$

$f_{\pi}(r)$



Questi 2 istogrammi rappresentano la funzione di distribuzione di r nel caso di **muoni** e **pioni**.

→ i tagli



Nel primo grafico entrambi gli istogrammi sono normalizzati ad 1, mentre nel secondo la somma delle aree dei 2 istogrammi e' uguale a 1 poiche' rappresenta la **distribuzione dei dati rispetto ad r**



Selezione μ

r	e_{μ}	e_{π}	k_{μ}	$e_{\mu}/(1+k_{\mu})$
<-2,5	0,87	0,007	0,026	0,848
<-2	0,8867	0,0089	0,033	0,858
<-1,5	0,8933	0,0102	0,037	0,8614
<-1	0,906	0,0142	0,052	0,8612
<- 0,5	0,913	0,017	0,0725	0,851
<0	0,92	0,024	0,086	0,847
<0,5	0,92	0,03	0,108	0,83
<1	0,9383	0,0528	0,204	0,779

Selezione π

r	e_{π}	e_{μ}	K_{π}	$e_{\pi}/(1+k_{\pi})$
>1,5	0,891	0,041	0,014	0,879
>1	0,94	0,05	0,015	0,926
>0.5	0,969	0,069	0,0213	0,948
>0	0,97	0,07	0,0216	0,955
>-0,5	0,98	0,08	0,024	0,957
>-1	0,984	0,086	0,02	0,964
>-1,5	0,987	0,099	0,03	0,9589
>-2	0,989	0,106	0,0321	0,9588

Con

$$K_{\mu} = (e_{\pi}/e_{\mu}) * (N_{\pi}/N_{\mu})$$

-Tra i vari tagli effettuati si sceglie quello che massimizza il rapporto tra efficienza e contaminazione-

con

$$K_{\pi} = (e_{\mu}/e_{\pi}) * (N_{\mu}/N_{\pi})$$

Efficienza e' data dalla frazione degli eventi che sopravvivono al taglio scelto.

Contaminazione e' data dal rapporto tra eventi di fondo ed eventi di segnale che soddisfano un certo taglio.

Risultati

Sezione d'urto

$$\sigma_{\mu\gamma} = D_{r < \text{cut}\mu} / ((1 + K\pi) \cdot \varepsilon\mu \cdot A\mu \cdot L) = 28,3 \text{ nb} \quad \text{cut}\mu = -1,5$$

$$\sigma_{\pi\gamma} = D_{r > \text{cut}\pi} / ((1 + K\mu) \cdot \varepsilon\pi \cdot A\pi \cdot L) = 44,9 \text{ nb} \quad \text{cut}\pi = -1$$

Errore relativo

$$e_{r\sigma} = (e_{rD}^2 + e_{rL}^2 + e_{r\varepsilon}^2 + e_{rA}^2)^{1/2}$$

$$e_{rL} = 0,03$$

$$e_{rD} = D^{-1/2}$$

Gli altri errori sono trascurabili

$$\sigma_{\mu\gamma} = (28,3 \pm 0,9) \text{ nb}$$

$$\sigma_{\pi\gamma} = (44,9 \pm 1,4) \text{ nb}$$

Conclusioni

$$\sigma_{\pi\pi\gamma} = (44,9 \pm 1,4) \text{ nb}$$

$$\sigma_{\mu\mu\gamma} = (28,3 \pm 0,9) \text{ nb}$$

Da questi risultati si nota che e' più probabile che si verifichi la produzione delle particelle $\pi\pi\gamma$ anziché $\mu\mu\gamma$.

La differenza delle sezioni d'urto e' legata alla struttura interna dei π che, al contrario dei μ , non sono particelle elementari, infatti sono composti da quarks.