



Decadimenti radiativi non leptonic:

$$K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \pi^0 \gamma$$

Mauro Raggi

Università & INFN Perugia

XC congresso nazionale
Società Italiana di Fisica
Brescia 20-25 Settembre 2004

Sommario

- NA48/2 e i K carichi
- Interesse della misura $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \pi^0 \gamma$
 - Stato delle misure sperimentali
- Strategia di analisi
- Principali fondi alla misura
- Il taglio in energia del π^{\pm} nel CM del K
- Stima dei fondi
- Conclusioni

NA48/2 e la misura di A_g

- ✓ L'esperimento NA48/2 si prefigge la misura del parametro di asimmetria di carica A_g nei decadimenti dei K^\pm in $\pi^+\pi^-\pi^\pm$ e $\pi^\pm\pi^0\pi^0$
- ✓ Tale parametro costituisce una misura diretta della violazione di CP nel sistema dei K carichi
- ✓ Nei run 2003-2004 sono stati raccolti più di $3 \cdot 10^9$ decadimenti in 3 pioni carichi, e $150 \cdot 10^6$ in $\pi^\pm\pi^0\pi^0$
- ✓ Una statistica così alta permette inoltre di migliorare molte misure di decadimenti rari di K carichi e di estrarre parametri interessanti per lo SM.

I BR di $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \gamma$

Frazione di decadimento sommata sulla polarizzazione dei gamma

$$\Gamma^\pm \sim \frac{p_\pi^2 \sin^2 \theta}{(m_K / 2 - \omega_0)^2} \left\{ 1 + 2 \left(\frac{m_\pi}{m_K} \right)^2 W^2 |E| \cos(\delta \pm \varphi) + \left(\frac{m_\pi}{m_K} \right)^4 W^4 (|E|^2 + |M|^2) \right\}$$

IB

INT

DE

Inner Bremsstrahlung (IB)

BR $(2.75 \pm 0.15) \cdot 10^{-4}$

Direct Emission (DE)

BR $(4.7 \pm 0.9) \cdot 10^{-6}$

Interference (INT)

non ancora misurato



Misure sperimentali

Autore	Data	BR(DE·10 ⁻⁶)	N eventi	CPV	INT(%IB)
H.Y.Cheng	1990	(2·10 ⁻⁵) _{teorico}	//	//	//
Abram	1972	(15.6±3.5±5.0) _{DE}	4000	No	No
Bolotov	1987	(20.5±4.6±3.9) _{DE}	??	No	No
E787 BNL	2000	(4.7±0.8±0.3) _{DE}	40000	No	(-0.4±1.6)
E470 KEK	2003	(6.1±2.5±1.9) _{DE}	4000	No	(0.6±0.9)
NA48		Err ≈ 0.005_{stat}	(3-4)·10⁶	<10⁻³_{stat}	≈100 eventi

- ✓ Tutti i BR hanno T_C^{π⁺} nel centro di massa K 55<T<90 MeV
- ✓ Solo per E470 T_C^{π⁺} nel centro di massa del K 35<T<90 MeV

Parametro di violazione di CP

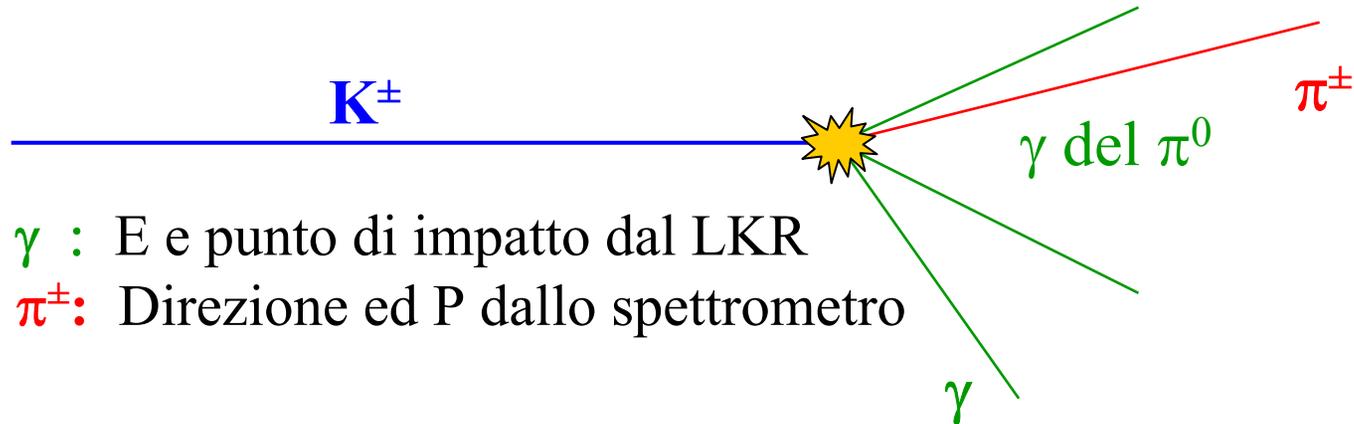
- ✓ Il parametro da misurare è:

$$\Delta\Gamma = \frac{BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma) - BR(K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \gamma)}{BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma) + BR(K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \gamma)}$$

- ✓ Le previsioni teoriche a riguardo sono discordanti:
- ✓ $DG \leq 9 \cdot 10^{-4}$ Dib et al. Phys. Lett. B249 (1990) E.M. penguin
- ✓ $DG \approx 10^{-6}$ McGuigan Phys. Rev. D36 (1987) gluon penguin
- ✓ $DG \ 2 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$ H.Y. Cheng Phys. Rev. D49 (1994) includes both

- ✓ Non esiste una buona misura sperimentale del parametro PDG $(0.9 \pm 3.3) \cdot 10^{-2}$
- ✓ Na48 può solo porre un limite superiore dell'ordine di 10^{-3}_{stat}

Strategia di analisi



- ✓ Ricostruzione dei possibili vertici imponendo la massa del π^0 a tutte le possibili coppie di γ
- ✓ Calcolo della massa del K usando tutti i vertici
- ✓ Scelta del vertice tramite la miglior massa del K
- ✓ Verifica che il vertice sia vicino a quello carico, punto di incontro tra la linea di volo del K^\pm e del π^\pm

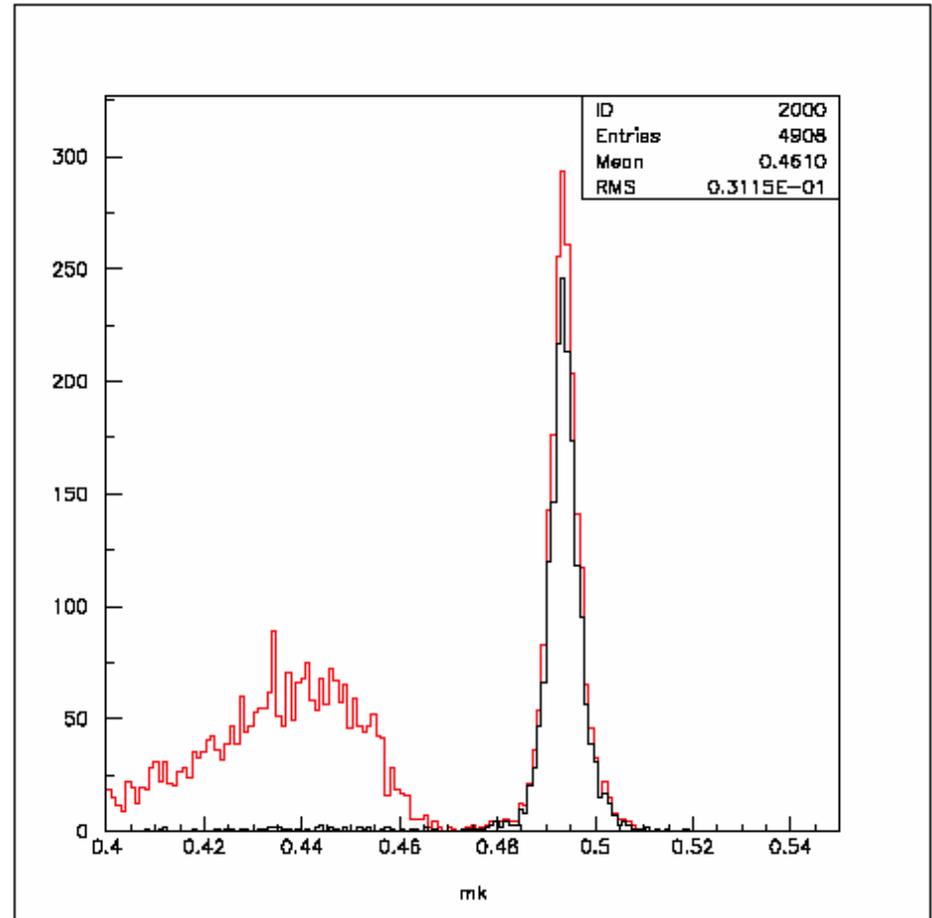
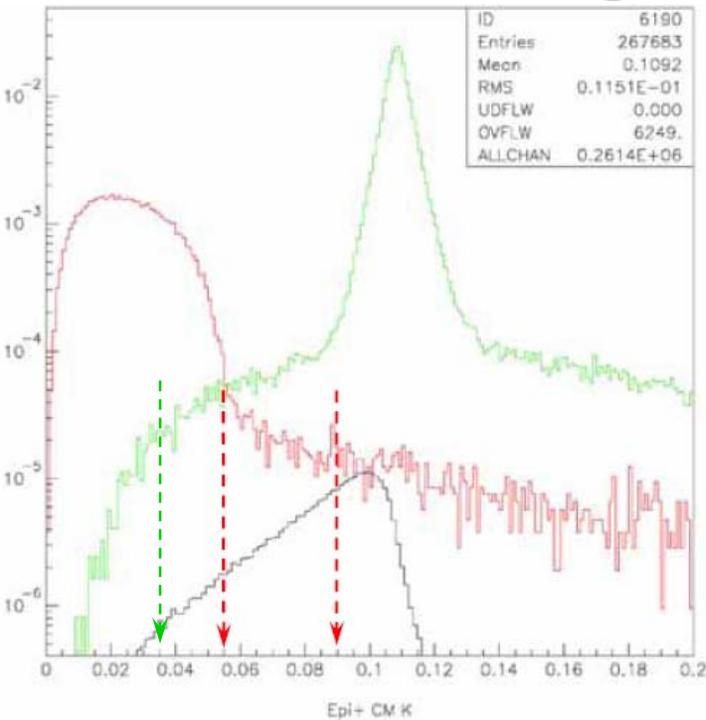
Fondi principali alla misura

- ✓ $\pi^\pm\pi^0$: $\text{BR}(\pi^\pm\pi^0) = 21.13 \%$
 - Può essere un fondo se c'è un γ accidentale
 - Se lo sciame adronico del π^\pm genera un extra cluster
- ✓ $\pi^\pm\pi^0\pi^0$: $\text{BR}(\pi^\pm\pi^0\pi^0) = 1.73 \%$
 - Costituisce fondo alla misura quando un γ viene perso
 - Se 2 γ sono così vicini nel calorimetro da essere visti come 1

Entrambi i decadimenti possono essere rigettati con tagli sul COG e il P_T a causa della presenza di cluster addizionali o mancanti 

Il potere di rigetto ottenuto non è tuttavia sufficiente a escluderli dai fondi alla misura. 

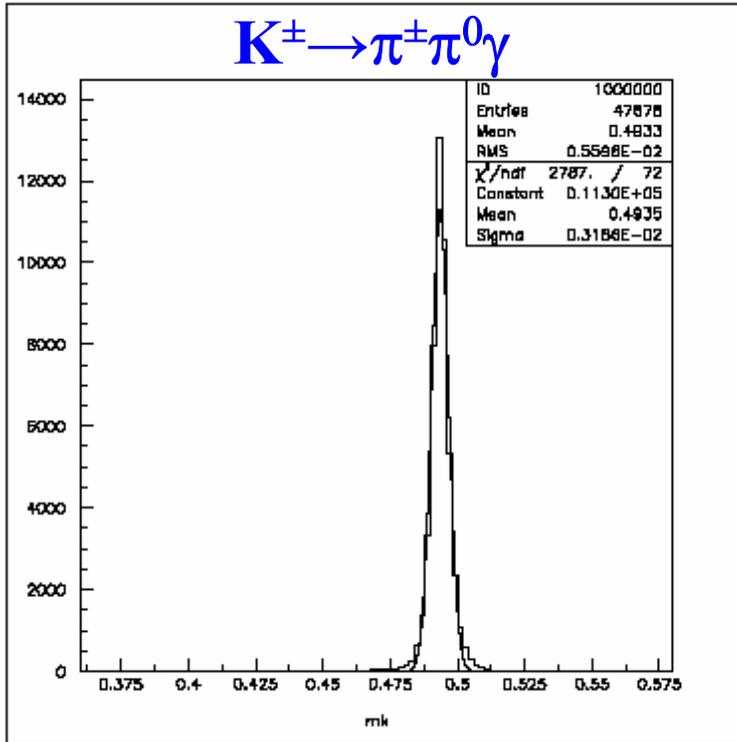
Taglio in $T_C^{\pi^+}$ CMK



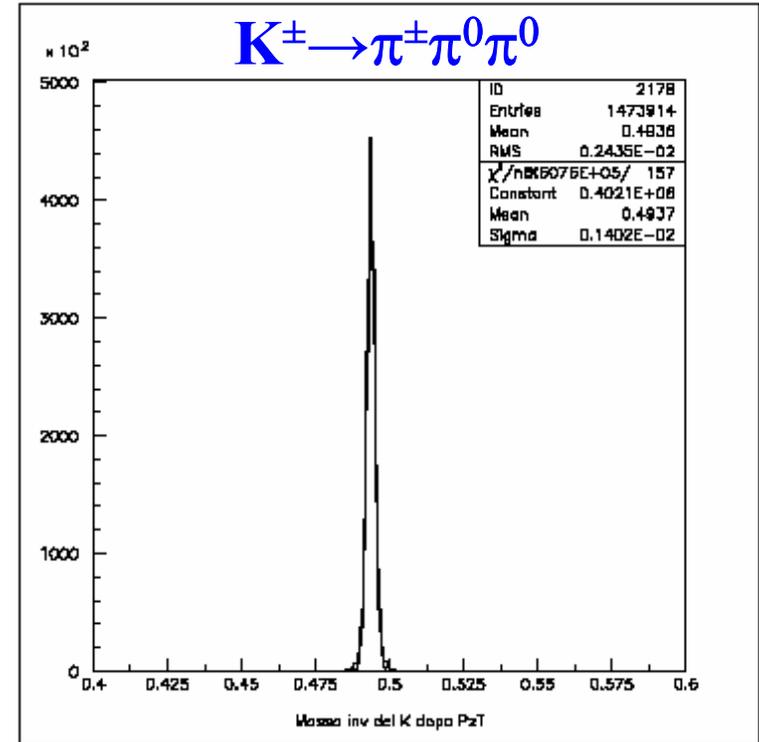
- ✓ $55 \text{ MeV} < T_C^{\pi^+} < 90 \text{ MeV}$
- ✓ 45% di segnale perso
- ✓ Molto efficace contro
 - ❖ $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \pi^0 \pi^0$ & $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \pi^0$
- ✓ La finestra può essere allargata a: $35 \text{ MeV} < T_C^{\pi^+} < 90 \text{ MeV}$

M_K segnale e controllo

Previsti almeno 3M di eventi di segnale nei run 2003-2004



$$\sigma_{MK} \sim 3 \text{ MeV}$$



$$\sigma_{MK} \sim 1.5 \text{ MeV}$$

Stime del fondo

- ✓ Il fondo proveniente da $\pi^\pm\pi^0\pi^0$ può essere stimato usando il montecarlo:
 - Una stima eseguita con il montecarlo suggerisce che tale fondo sia $< 5 \text{ ‰}$
- ✓ Il fondo $\pi^\pm\pi^0$ non può essere stimato con il montecarlo a causa dell'inaffidabilità delle accidentalità e della trattazione dei cluster adronici:
 - Una stima basata sui dati ha fornito un valore dell'ordine del ‰
 - Le stime sono tuttora in corso

Circa la misura di DE

- ✓ La misura del BR di DE viene effettuata tramite un fit alla distribuzione della variabile W

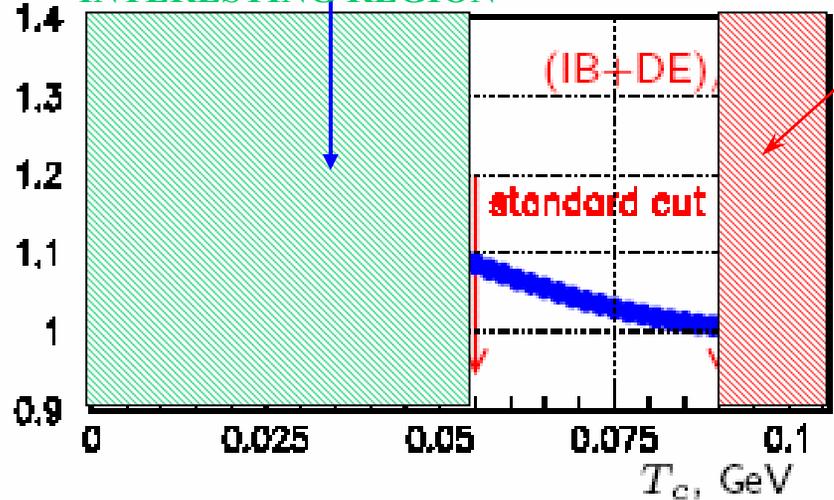
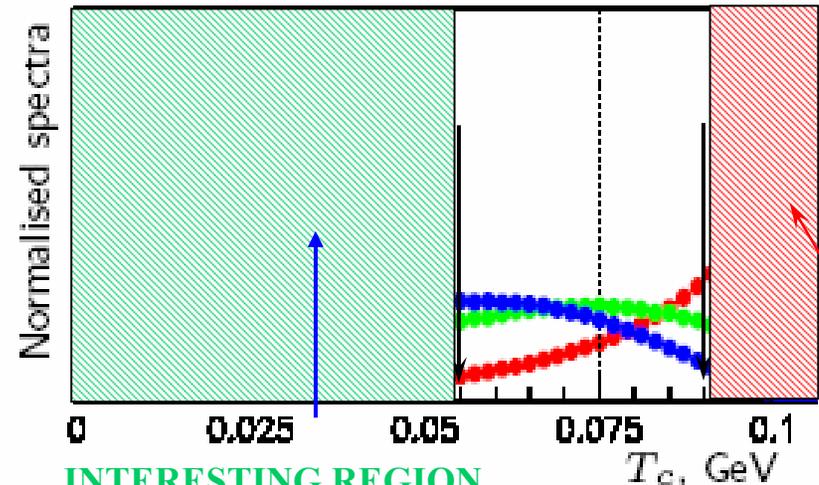
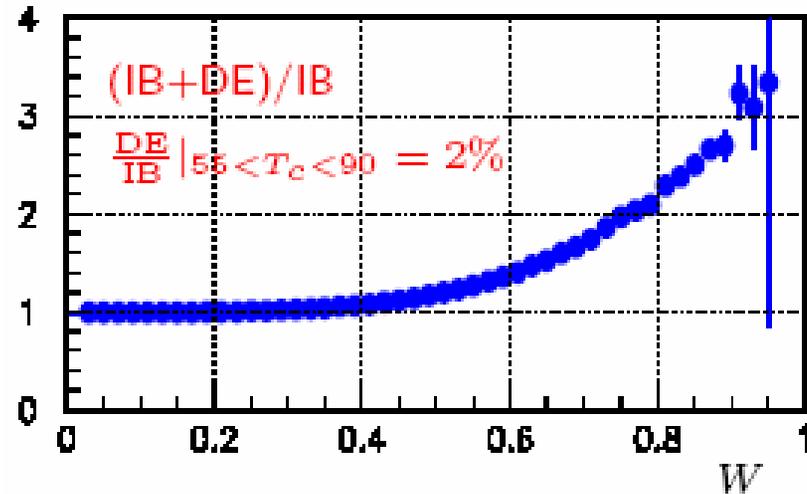
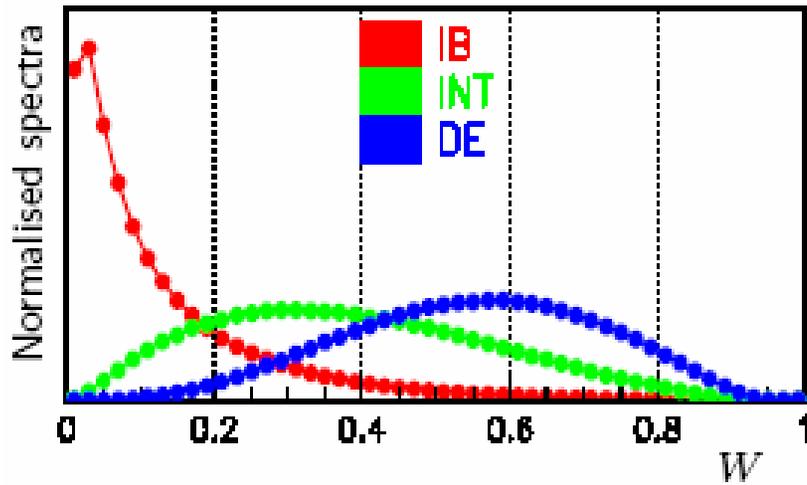
$$W^2 = \frac{(P_K \cdot P_\gamma)(P_\pi \cdot P_\gamma)}{(m_K m_\pi)^2}$$

- ✓ L'espressione di Γ all'inizio si può semplificare: 

$$\Gamma = \text{BR}(\pi^\pm \pi^0 \gamma)_{\text{IB}} \cdot (1 + C_1 \cdot W^4)$$

- ✓ In tale espressione la C_1 rappresenta la percentuale di DE rispetto al BR di IB

$T_c^{\pi^+}$ e la variabile W



Conclusioni

- ✓ NA48/2 ha raccolto, nei run 2003 2004, il più grande campione esistente di decadimenti $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \gamma$
- ✓ Con tale statistica NA48/2 può migliorare sensibilmente l'attuale misura del BR di DE ed effettuare la prima misura dell'interferenza.
- ✓ L'analisi ha fino ad ora mostrato che il BG è ben sotto controllo ed al di sotto di pochi %

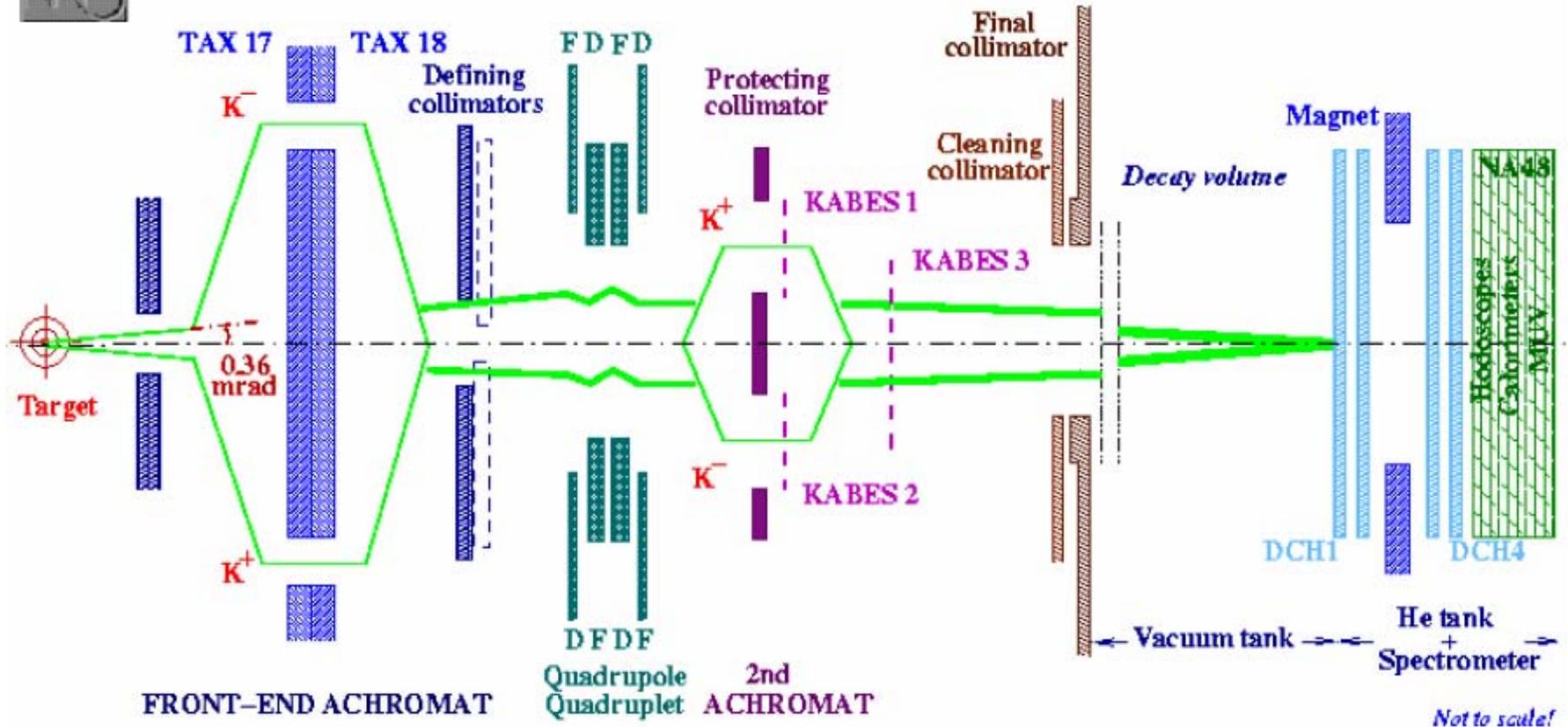
Tagli di selezione $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \gamma$

1. energia LKR > 10 GeV
2. Numero tracce = 1
3. Numero cluster ≥ 3
4. Tagli di regione fiduciale
5. Nessun hit MuV
6. $E/p < 0.8$ per cluster del π
7. $\min |\text{time}_{\text{evt}} - \text{time}_{\text{CL}(i)}| < 1.5$ ns
8. Larghezza del cluster < 1.2 per EM
9. Minima energia cluster > 2 GeV
10. $480 \text{ MeV} < M_{\pi^+\pi^0\pi^0} < 506 \text{ MeV}$
11. COG < 5 cm
12. $55 \text{ MeV} < T_C^{\pi^+} < 90 \text{ MeV}$
13. $P_T < 0.025$
14. $|Z_{\text{CDA}} - Z_{\text{VER}}| < 400$ cm
15. Anti $\pi^+\pi^0$ cut

Il fascio di K^\pm



SIMULTANEOUS K^+ AND K^- BEAMS



$$P_K = 60 \pm 3 \text{ GeV}$$

$$K^+/K^- = 1.7$$

$K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \gamma$ - Mauro Raggi