

Studio dei decadimenti del K_S a KLOE

Claudio Gatti

Università di Roma La Sapienza - INFN

- KLOE e DAΦNE
- tag del K_S
- $\text{BR}(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- (\gamma)) / \text{BR}(K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0)$
- $\text{BR}(K_S \rightarrow \pi e \nu) / \text{BR}(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-)$

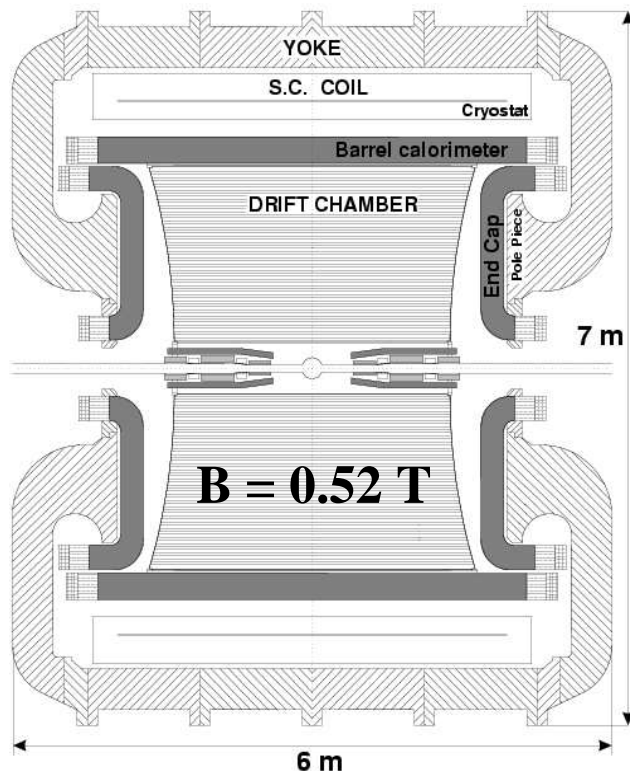
XV IFAE, Lecce 24/4/03

DAΦNE e KLOE

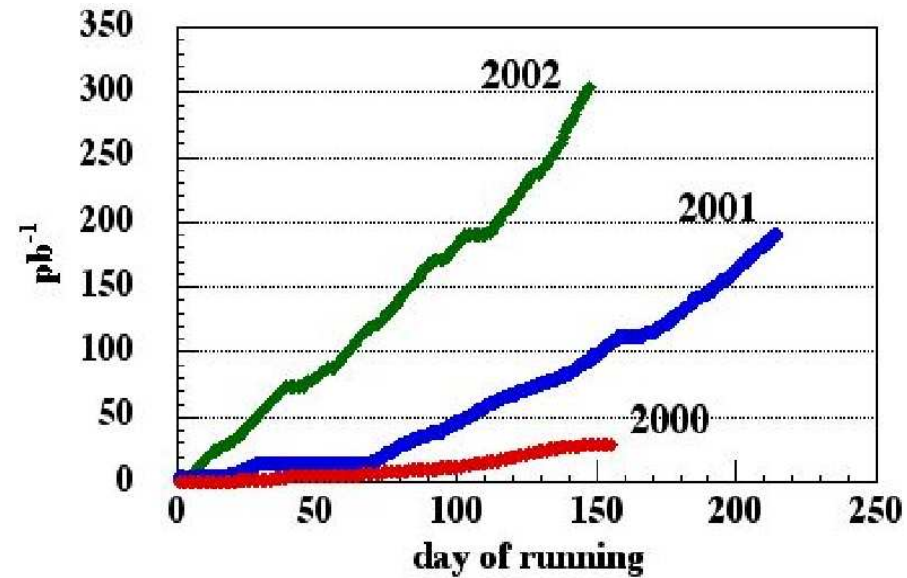
$$\sqrt{S} \approx 1020 \text{ MeV}$$

$$T_{\text{bunch}} = 2.715 \text{ ns}$$

$$\mathcal{L}^{\text{max}} \approx 8 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$



Claudio Gatti



DC: geometria stereo

$$\delta p / p \approx 4 \times 10^{-3} \quad \sigma_{r\phi} = 150 \mu\text{m}$$

$$\sigma_z = 2 \text{ mm}$$

EmC : piombo e fibre scintillanti

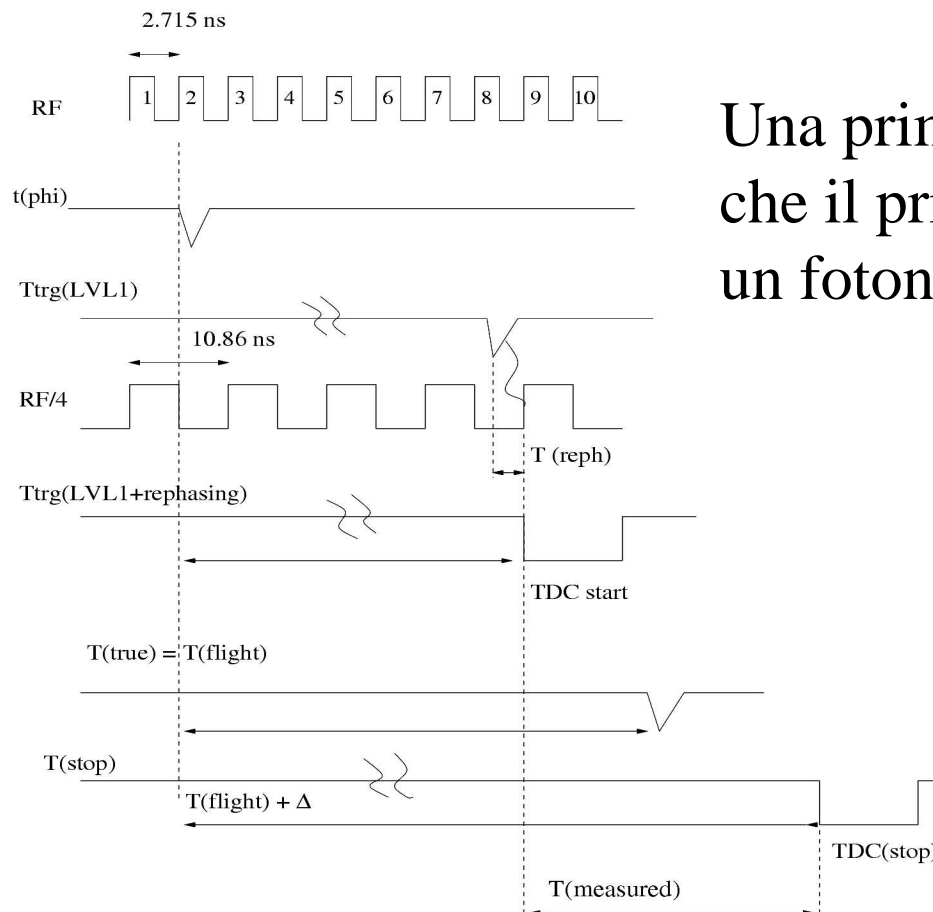
$$\frac{\sigma(E)}{E} = \frac{5.7\%}{\sqrt{E(\text{GeV})}} \quad \sigma(t) = \frac{54 \text{ ps}}{\sqrt{E(\text{GeV})}} \oplus 50 \text{ ps}$$

Determinazione del tempo iniziale dell'evento T0

Il tempo iniziale dell'evento (T0) è conosciuto a meno di un multiplo di T_{bunch} :

$$t_{\text{clu}} = t_{\text{ToF}} - nT_{\text{bunch}}$$

Una prima stima di n è ottenuta assumendo che il primo cluster in tempo sia dovuto ad un fotone dall'IP.

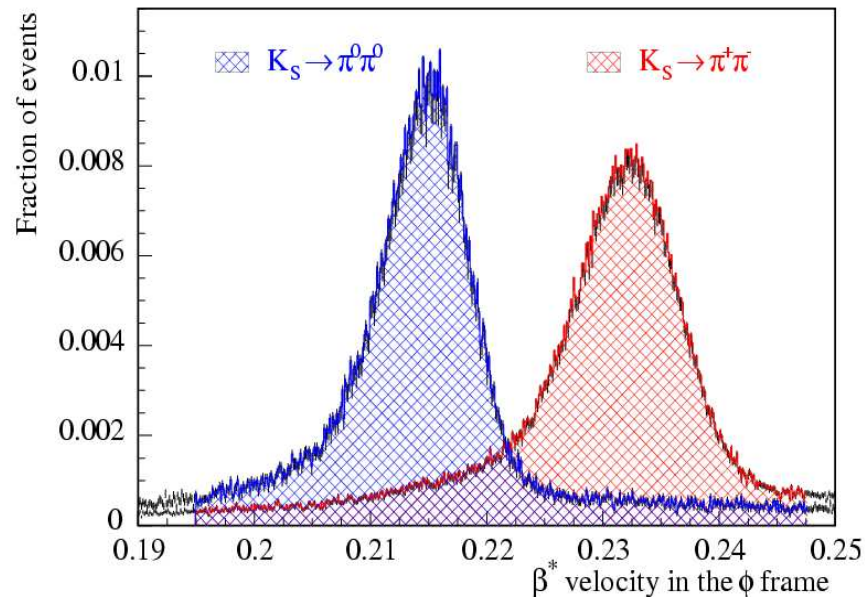


$$n = \text{rint} \left(\frac{t_{\text{clu}} - R/c}{T_{\text{bunch}}} \right)$$

K_S tag

K_L crash (30%):

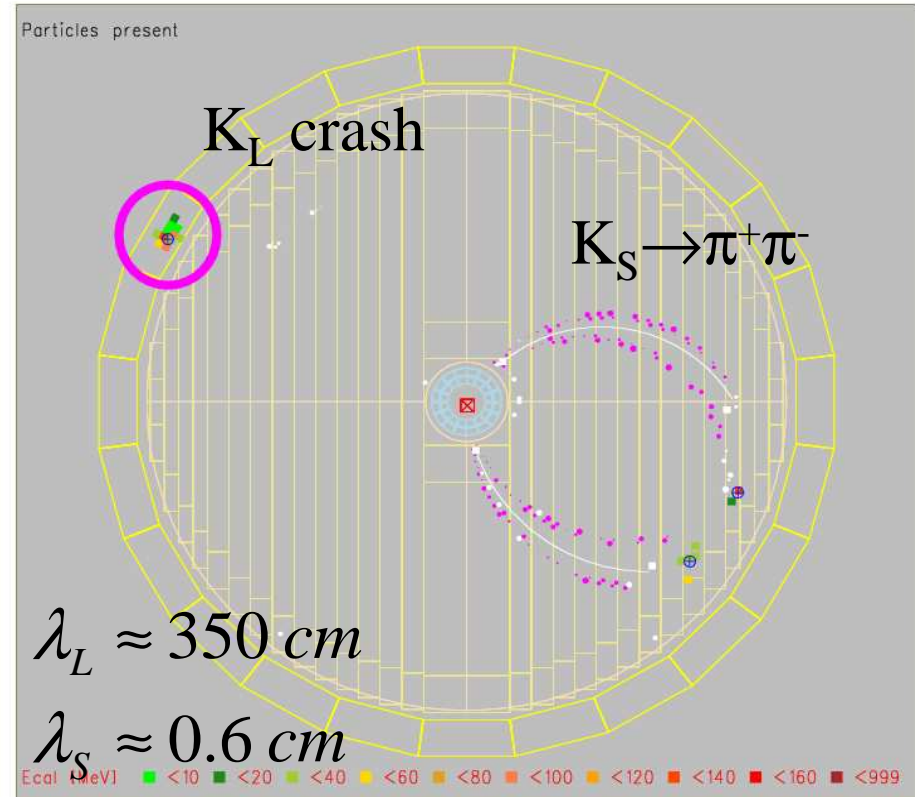
- Un cluster sul barrel
- $E_{clu} > 100$ MeV
- $0.17 < \beta^* < 0.28$ (velocità del K_L nel CMS della ϕ misurata dal tempo e posizione del cluster)



Claudio Gatti

$$J_{\phi}^{PC} = 1^{--} \Rightarrow$$

$$\phi \rightarrow K_S(q) K_L(-q) - K_S(-q) K_L(q)$$



La distribuzione della velocità β^* dipende dalla stima del T0 \Rightarrow tag bias.

$$\text{BR}(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- (\gamma)) / \text{BR}(K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0)$$

$$\text{Re}(\epsilon' / \epsilon) \Rightarrow \text{accuratezza richiesta } 10^{-3}$$

$$\text{PDG fit} \quad (2.186 \pm 0.028) \quad (\text{ultima misura nel } 1976)$$

Ampiezze di isospin e spostamenti di fase

$$\delta_0 - \delta_2 = (56.7 \pm 3.8)^\circ \quad \text{dai BR del PDG} \quad EM \Rightarrow (A_I + \partial A_I) \cdot e^{i(\delta_I + \gamma_I)}$$

$$\delta_0 - \delta_2 = (45.2 \pm 6.0)^\circ \quad \text{dallo scattering } \pi\pi \text{ e dalla } \chi^{\text{PT}}$$

Stima teorica di $\text{BR}(K_L \rightarrow \mu\mu)$

$$K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0$$

Almeno 3 cluster neutri dall'IP:

$$|T_{cl} - R_{cl}/c| \leq 5 \cdot \sigma_t(E_{cl})$$

Reiezione del MB e dei cluster spezzati:

$$E_{cl} \geq 20 \text{ MeV}$$

$$|\cos \theta_{cl}| \leq 0.9$$

$$P_{split} \approx 0.3\%$$

$$P_{acc} \approx 0.2\%$$

N. clusters	%
<2	1.3
2	8.6
3	33.2
4	56.6
>4	0.3

$$\varepsilon \sim 90\%$$

Misura quasi inclusiva poco sensibile ad inefficienze e a presenza di cluster accidentali.

Selezione del $\pi^+\pi^-$

Fondo $\sim 0.1\%$ (K^+K^- , $\pi e \nu$,
 $\pi^0\pi^0 \rightarrow e^+e^- \gamma\gamma$, MB)

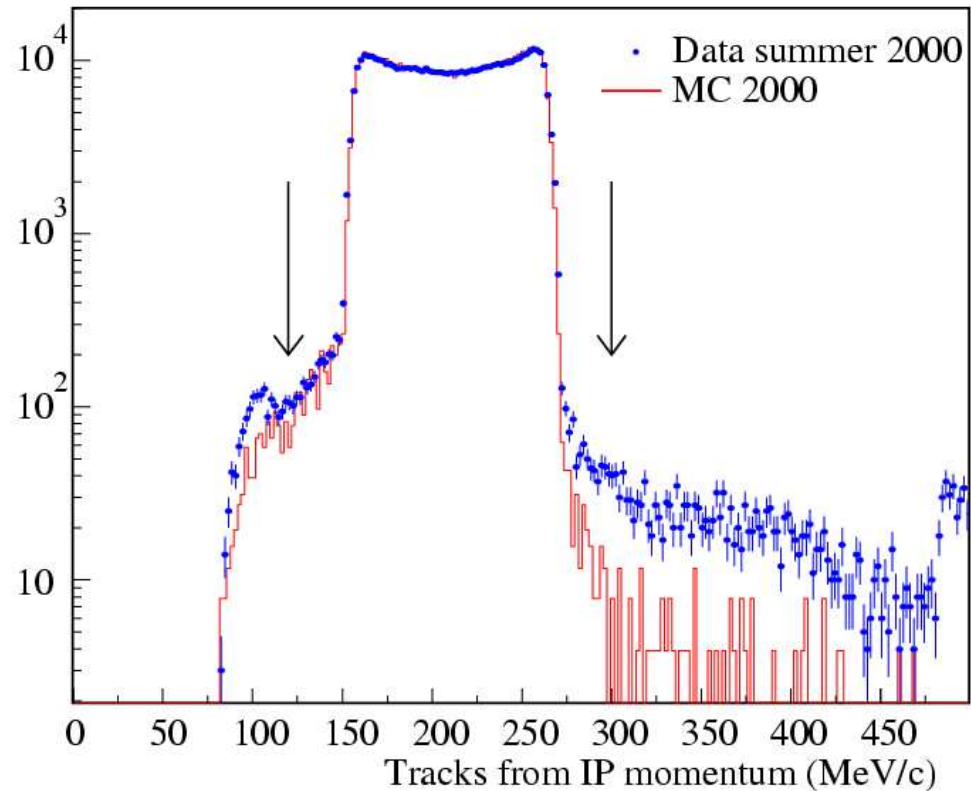
2 tracce dall'IP estrapolate
all' EmC:

$\rho_{\text{hit}} < 41 \text{ cm}$; $30^\circ < \theta < 150^\circ$

$\rho_{\text{PCA}} < 4 \text{ cm}$ $|Z_{\text{PCA}}| < 10 \text{ cm}$

$120 \text{ MeV} < p_{\text{TRK}} < 300 \text{ MeV}$

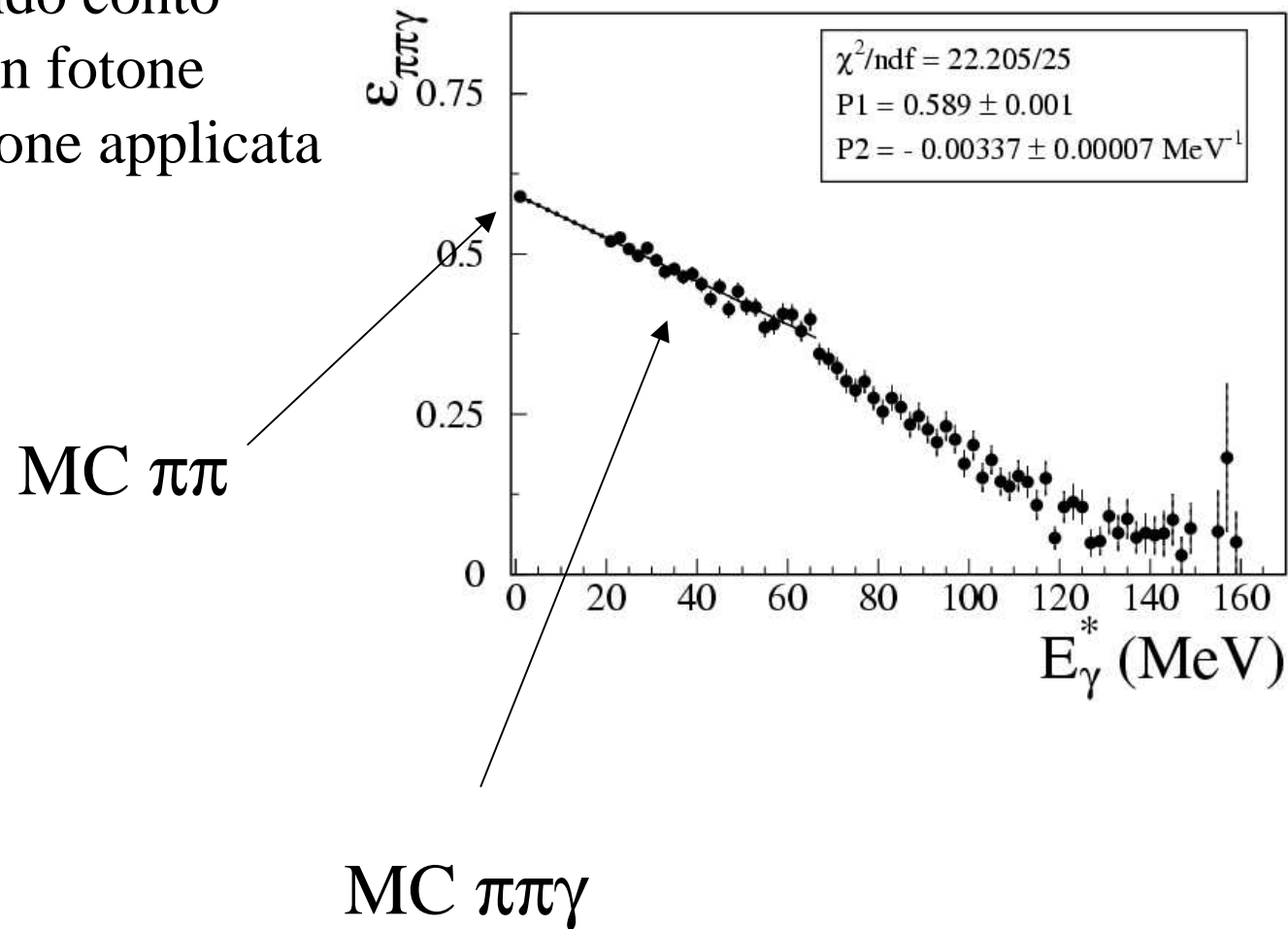
1 traccia associata a cluster



$\varepsilon \sim 60\%$

$$K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- (\gamma)$$

L'efficienza di selezione è stata corretta tenendo conto della presenza di un fotone radiato. La correzione applicata è pari al 0.3% .



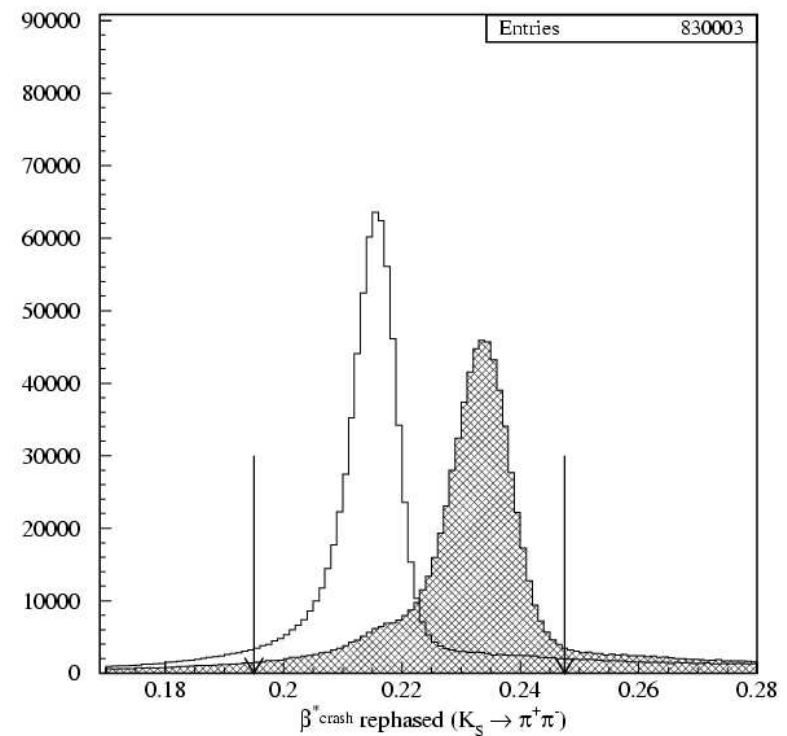
$$\text{BR}(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- (\gamma)) / \text{BR}(K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0)$$

Y2000: $\sim 17 \text{ pb}^{-1}$

$$\frac{\text{BR}(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-)}{\text{BR}(K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0)} = (2.236 \pm 0.003_{\text{stat}} \pm 0.015_{\text{syst}})$$

$$\delta_0 - \delta_2 = (47.8 \pm 2.8)^\circ \quad \text{Phys. Lett. B538}$$

L'errore sistematico è dominato dal tag bias. A partire dal 2001 la finestra di β^* è stata allargata riducendo la correzione da applicare.



$$K_S \rightarrow \pi e \nu$$

Asimmetria di carica

$$A = \frac{N^+ - N^-}{N^+ + N^-}$$

$$A_S = 2 \operatorname{Re} \varepsilon_K + 2 \operatorname{Re} \delta_K - 2 \operatorname{Re} y + 2 \operatorname{Re} x_-$$

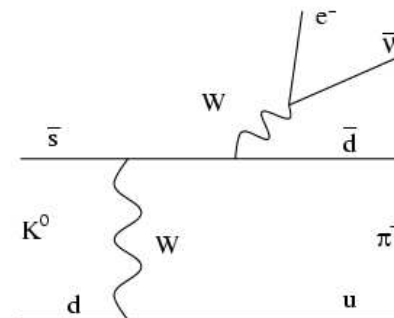
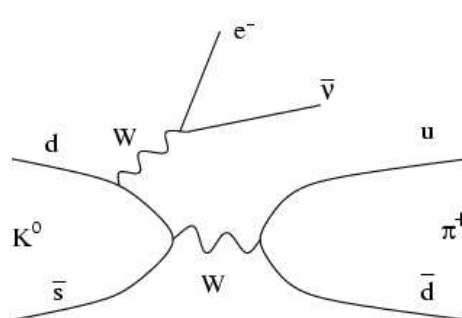
$$A_L = 2 \operatorname{Re} \varepsilon_K - 2 \operatorname{Re} \delta_K - 2 \operatorname{Re} y - 2 \operatorname{Re} x_-$$

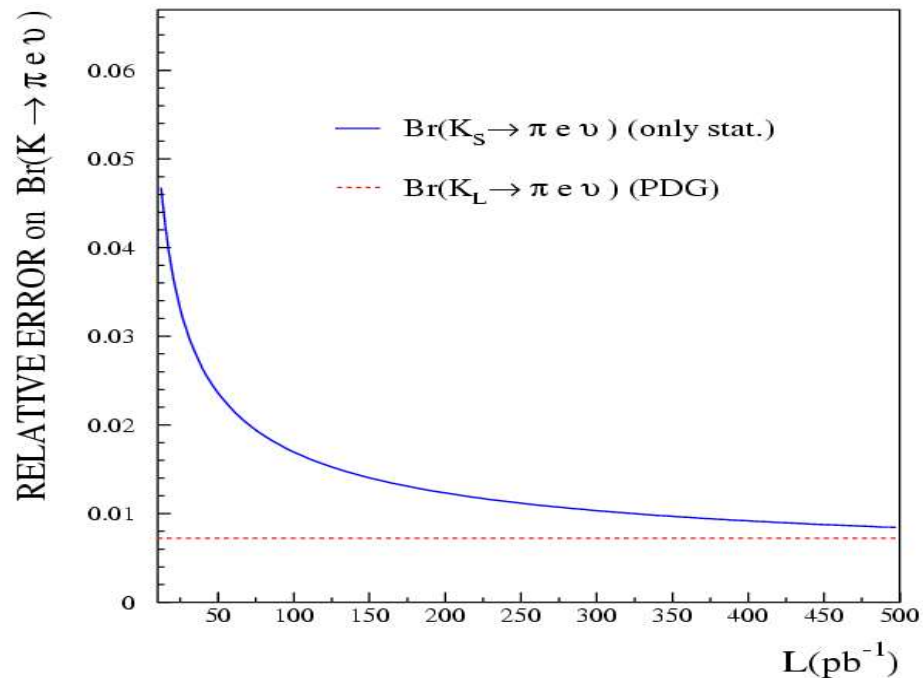
$\underbrace{\hspace{10em}}_{\cancel{CPT}}$

$$\Delta S = \Delta Q$$

$$|x_+| \approx 10^{-7}$$

$$\operatorname{Re} x_+ = \frac{1}{2} \frac{\Gamma_S^{\pi e \nu} - \Gamma_L^{\pi e \nu}}{\Gamma_S^{\pi e \nu} + \Gamma_L^{\pi e \nu}}$$





$$BR(K_S \rightarrow \pi e \nu)$$

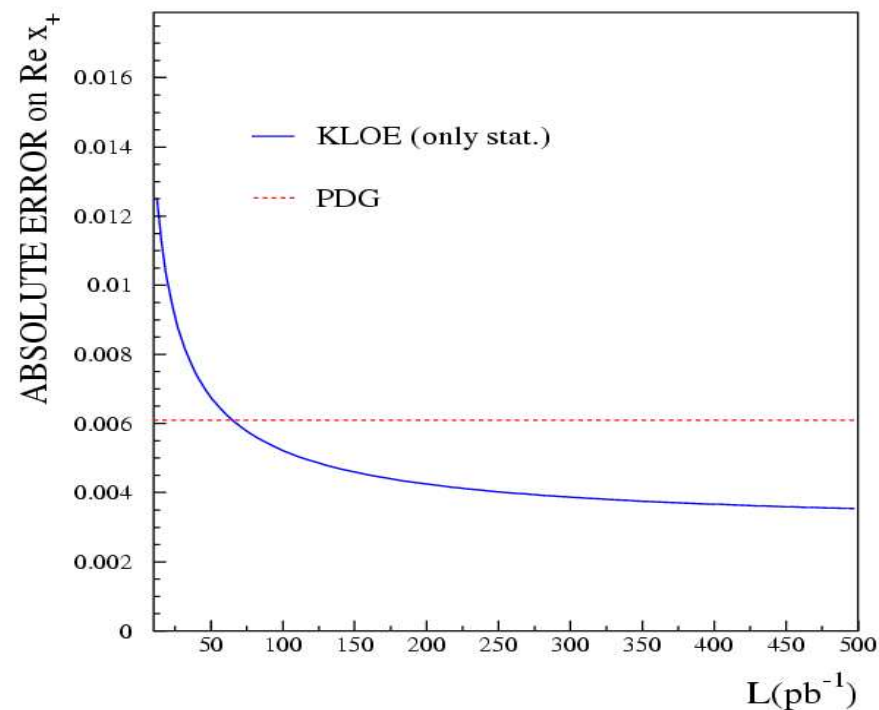
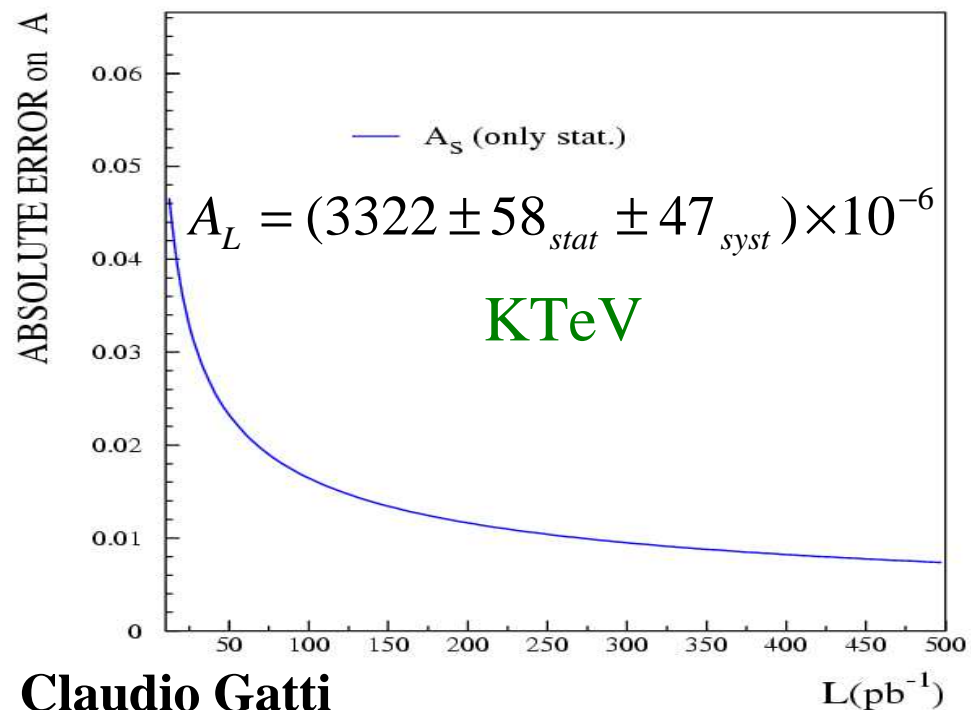
$$= (7.2 \pm 1.4) \times 10^{-4} \quad \text{CMD-2}$$

$$\text{KLOE} \quad \text{Phys. Lett. B535}$$

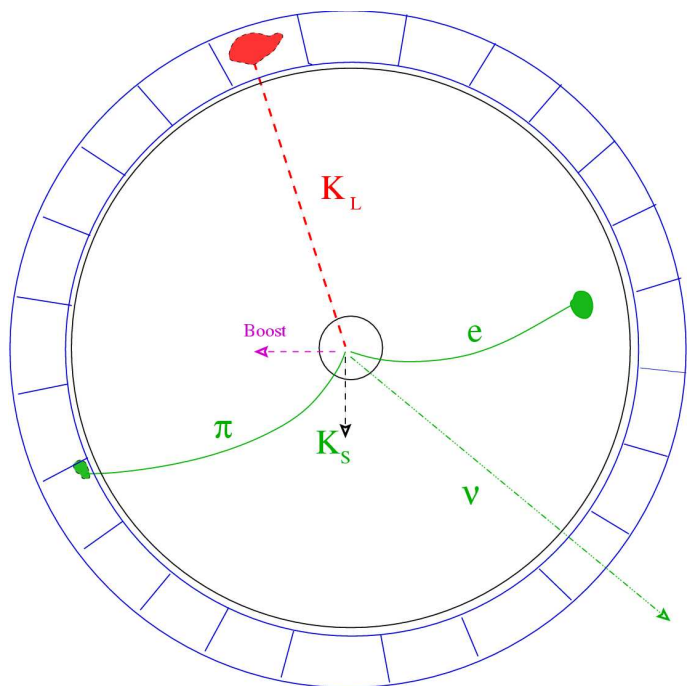
$$= (6.91 \pm 0.34_{stat} \pm 0.15_{syst}) \times 10^{-4}$$

$$\text{CPLEAR}$$

$$\text{Re} x_+ = (-1.8 \pm 4.1_{stat} \pm 4.5_{syst}) \times 10^{-3}$$



Claudio Gatti



$$K_S \rightarrow \pi e \nu$$

Preselezione DC

2 tracce dall'IP estrapolate all' EmC:

$\rho_{\text{hit}} < 41 \text{ cm}$; $22^\circ < \theta < 158^\circ$; $\rho_{\text{ext}} > 60 \text{ cm}$

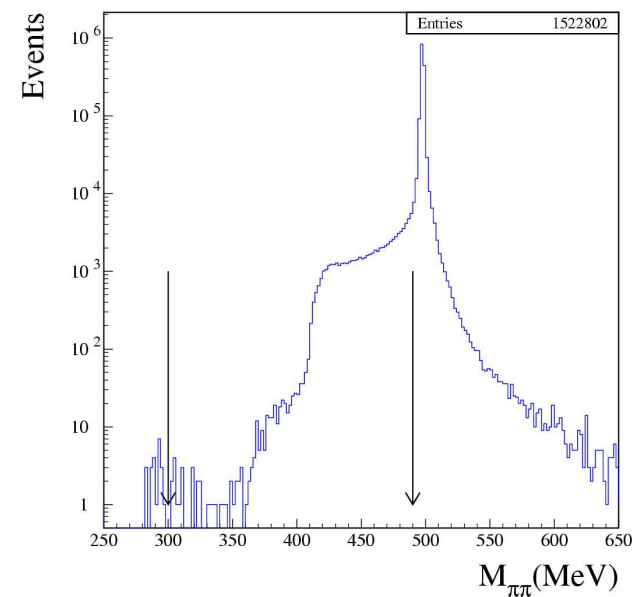
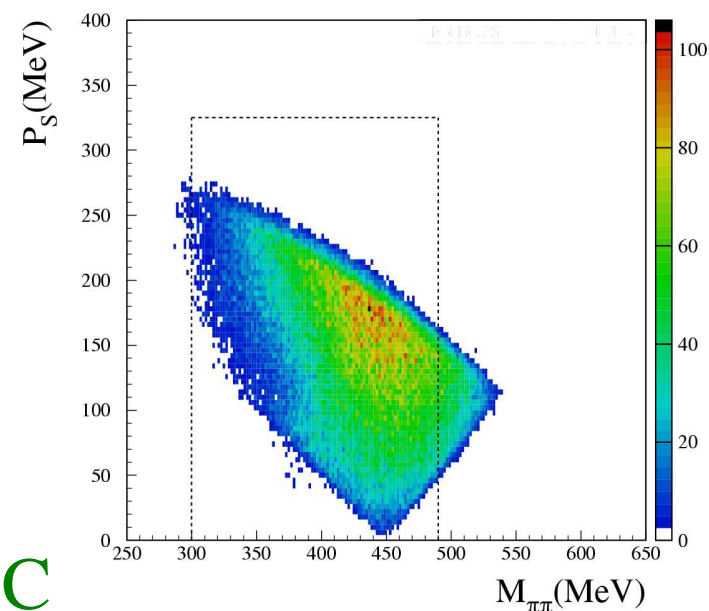
1 VTX : $|Z| < 10 \text{ cm}$ $\rho < 4 \text{ cm}$

$300 \text{ MeV} < M_{\pi\pi} < 490 \text{ MeV}$

$|P_S| < 325 \text{ MeV}$

BKG: $K_S \rightarrow \pi\pi \rightarrow \pi\mu$ (5%)

$\epsilon \sim 30 \%$ (accettanza)

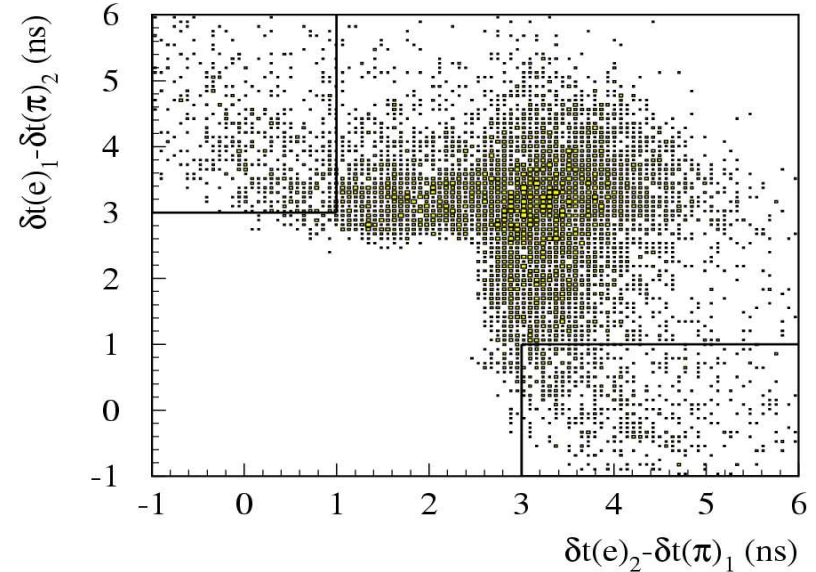
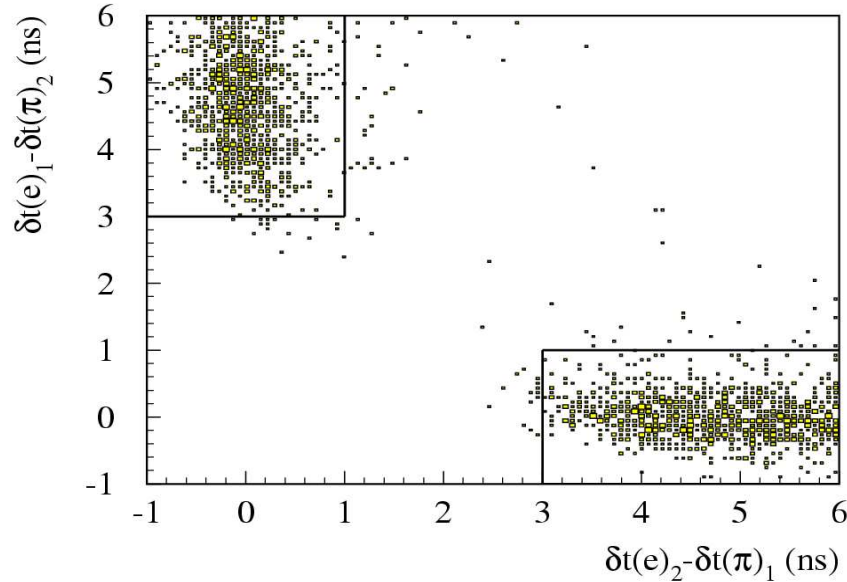


Claudio Gatti

MC $K_S \rightarrow \pi e \nu$

Tempo di volo

MC $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$



$$\delta_t(m) = t_{cl} - \frac{L}{c\beta(m)}$$

$$|d\delta_{t,\pi\pi}| > 1.5 ns$$

$$d\delta_{t,\pi\pi} = \delta_t(m_\pi)_1 - \delta_t(m_\pi)_2$$

$$|d\delta_{t,\pi e}| < 1 ns ; d\delta_{t,e\pi} > 3 ns$$

$$d\delta_{t,\pi e} = \delta_t(m_\pi)_1 - \delta_t(m_e)_2$$

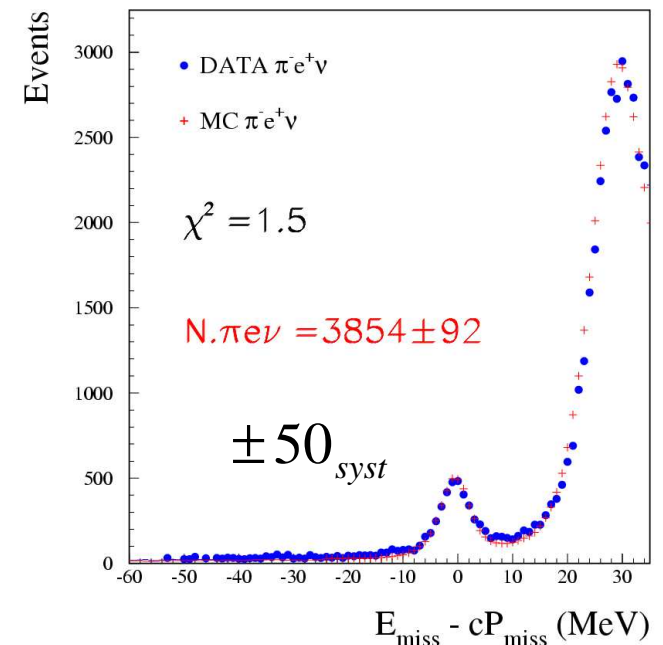
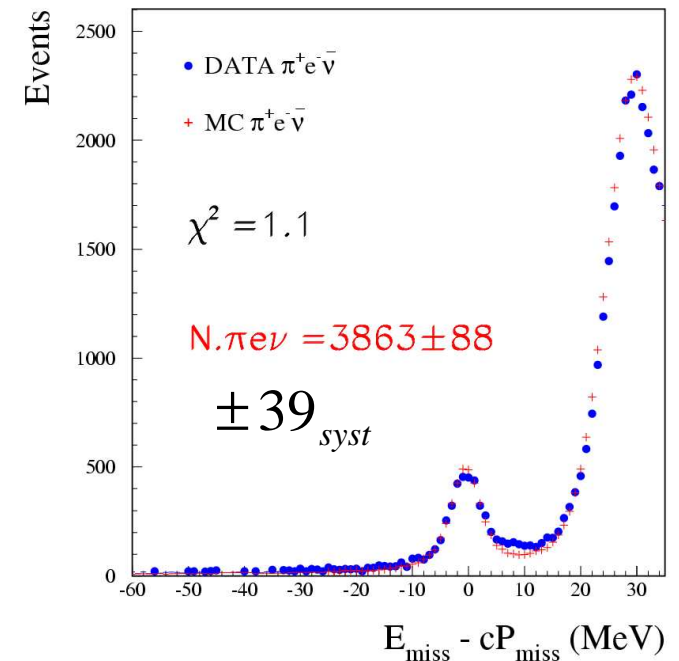
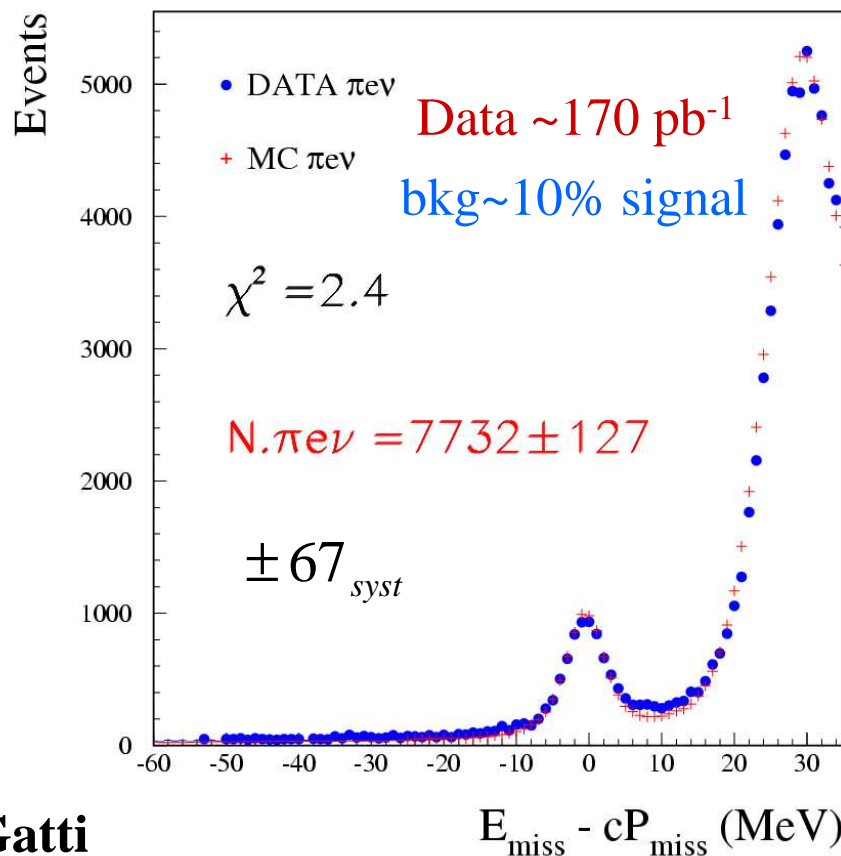
OR

$$d\delta_{t,e\pi} = \delta_t(m_e)_1 - \delta_t(m_\pi)_2$$

$$|d\delta_{t,e\pi}| < 1 ns ; d\delta_{t,\pi e} > 3 ns$$

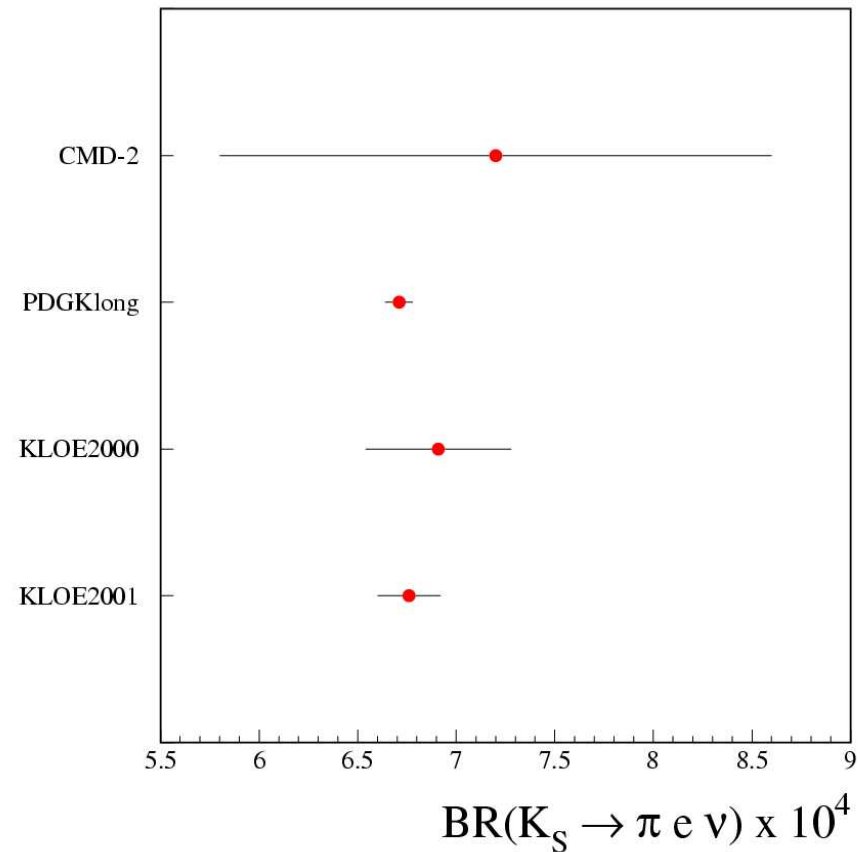
Conteggio degli eventi Y2001

- Per un neutrino mancante: $E_{\text{miss}} - P_{\text{miss}} = 0$.
- Ipotesi di massa dal ToF.
- Fit ottenuto usando istogrammi del MC per segnale e fondo.



$$BR(K_S \rightarrow \pi e \nu) = \frac{N^{\pi e \nu}}{N^{\pi\pi}} \times \frac{\mathcal{E}_{\pi\pi}}{\mathcal{E}_{\pi e \nu}} \times R_{tag}^{\pm/\pi e \nu} \times R_{veto}^{\pm/\pi e \nu} \times BR(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-)$$

Branching ratios



PRELIMINARY RESULT

$$BR(K_S \rightarrow \pi^- e^+ \nu) = (3.44 \pm 0.09_{stat} \pm 0.06_{syst}) \times 10^{-4}$$

$$BR(K_S \rightarrow \pi^+ e^- \bar{\nu}) = (3.31 \pm 0.08_{stat} \pm 0.05_{syst}) \times 10^{-4}$$

$$BR(K_S \rightarrow \pi e \nu) = (6.76 \pm 0.12_{stat} \pm 0.10_{syst}) \times 10^{-4}$$

Asimmetria di carica

PRELIMINARY RESULT

$$A_S = \frac{N^+/\varepsilon^+ - N^-/\varepsilon^-}{N^+/\varepsilon^+ + N^-/\varepsilon^-}$$

$$A_S = (1.9 \pm 1.7_{stat} \pm 0.6_{syst}) \times 10^{-2}$$

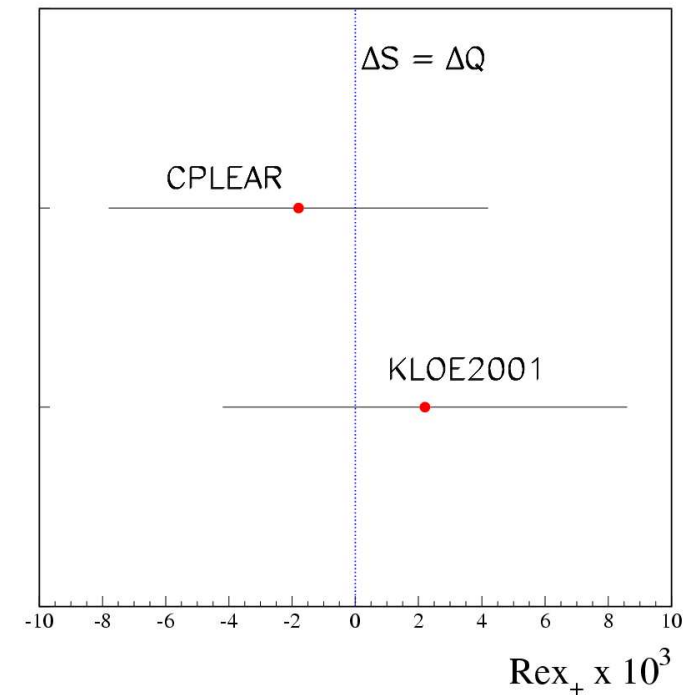
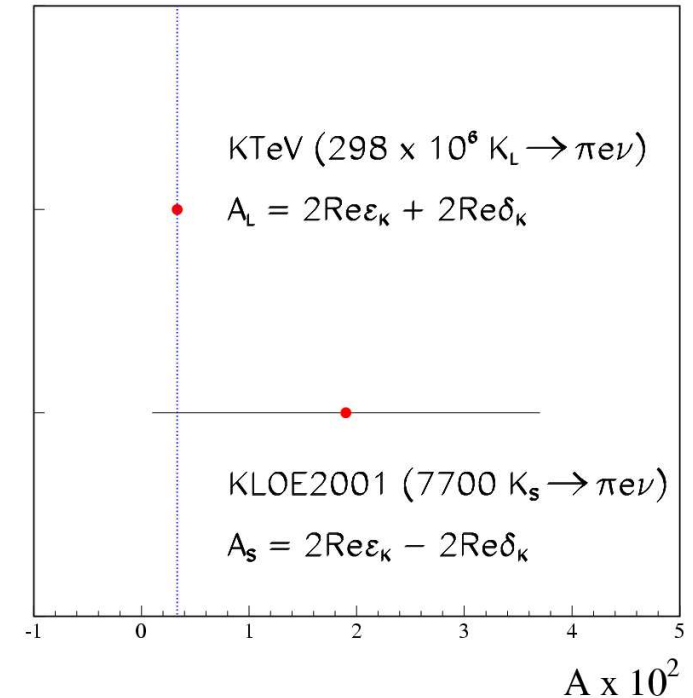
$$\Delta S = \Delta Q$$

$$\text{Re } x_+ =$$

$$\frac{1}{2} \frac{BR(K_S \rightarrow \pi e \nu)/\tau_S - BR(K_L \rightarrow \pi e \nu)/\tau_L}{BR(K_S \rightarrow \pi e \nu)/\tau_S + BR(K_L \rightarrow \pi e \nu)/\tau_L}$$

$$\text{Re } x_+ = (2.2 \pm 5.3_{stat} \pm 3.5_{syst}) \times 10^{-3}$$

Claudio Gatti



Conclusioni

- Con i dati raccolti nel 2000 ($\sim 17 \text{ pb}^{-1}$) è stato possibile misurare il rapporto $\text{BR}(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- (\gamma)) / \text{BR}(K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0)$ con un errore pari a 0.7% (0.1% stat.) dimezzando l'errore sulla misura preesistente e ottenendo per $(\delta_0 - \delta_2)$ un valore in accordo con quello ottenuto dal $\pi\pi$ scattering e dalla χ^{PT} . Lavoro in corso per ridurre l'errore sistematico e per misurare lo spettro del fotone radiato.
- Utilizzando $\sim 170 \text{ pb}^{-1}$ raccolti nel 2001 è stato possibile misurare il branching ratio e l'asimmetria di carica per il **decadimento semileptonico del K_S** con un errore di $\sim 2\%$. Il confronto tra il branching ratio misurato del K_S e quello del K_L ha permesso una verifica della regola $\Delta S = \Delta Q$. Con i dati del 2002 si hanno risultati consistenti limitati però dalla statistica MC.
- KLOE ripartirà a settembre con una nuova zona di interazione. Qualche fb^{-1} permetterebbe di misurare $\text{Re}\delta_K$ (violazione di CPT) con un errore $< 10^{-3}$.

Claudio Gatti