

L'Esperimento NA62 al CERN

Misura del decadimento

$$K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$$

Roberto Piandani
Università e INFN Perugia

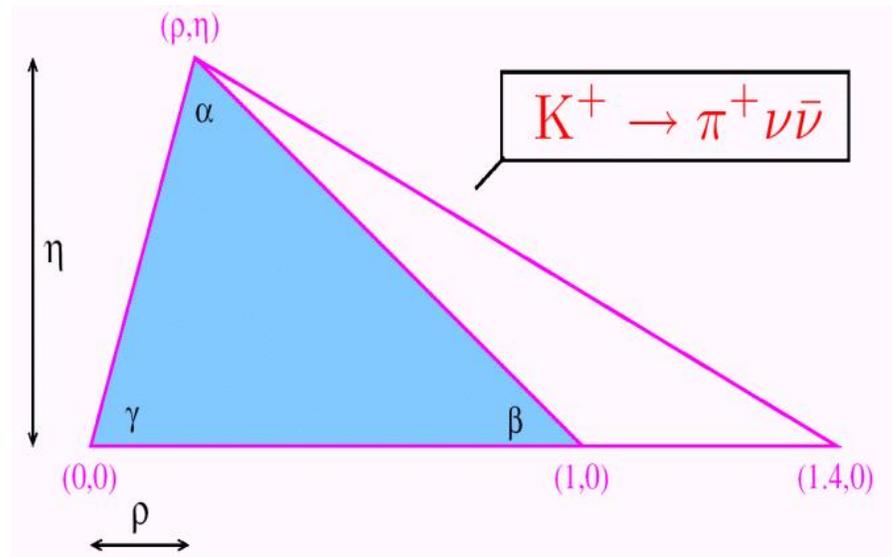
XCIII Congresso Nazionale
Società Italiana di Fisica
Pisa 28 Settembre 2007

Motivazioni Fisiche

- $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$: processo predetto con grande accuratezza nel SM
 - Dominato dall'interazione forte a corta distanza
 - Elementi di matrice adronici ricavati da $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$
 - Errore teorico intrinseco di $\sim 5\%$ dovuto al contributo del loop del quark c
- $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (8.0 \pm 1.1) \times 10^{-11}$ SM @ NLO

Misura attuale (E787/E949): $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = 1.47^{+1.30}_{-0.89} \times 10^{-10}$ (3 eventi)

Vincoli al triangolo CKM derivanti dal settore dei decadimenti del K

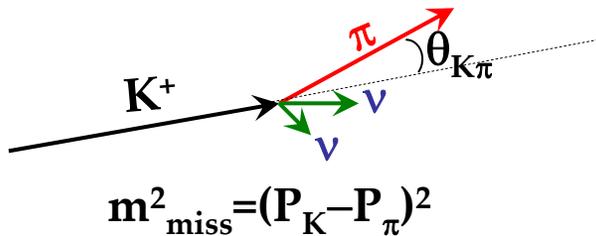


Strategia della misura

O(100) $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ eventi

~ 10% fondo

- **BR(SM) = 8×10^{-11}**
- **Accettanza 10%**
- **$\sim 10^{13}$ decadimenti K^+ in 2 anni**
- **Reiezione cinematica**



- **Veto ed identificazione di particelle**



- **Tecnica dei decadimenti in volo**
- **Intenso fascio di p dall'SPS**
- **K di alta energia ($P_K = 75 \text{ GeV}/c$)**
 - **Kaon ID (CEDAR)**



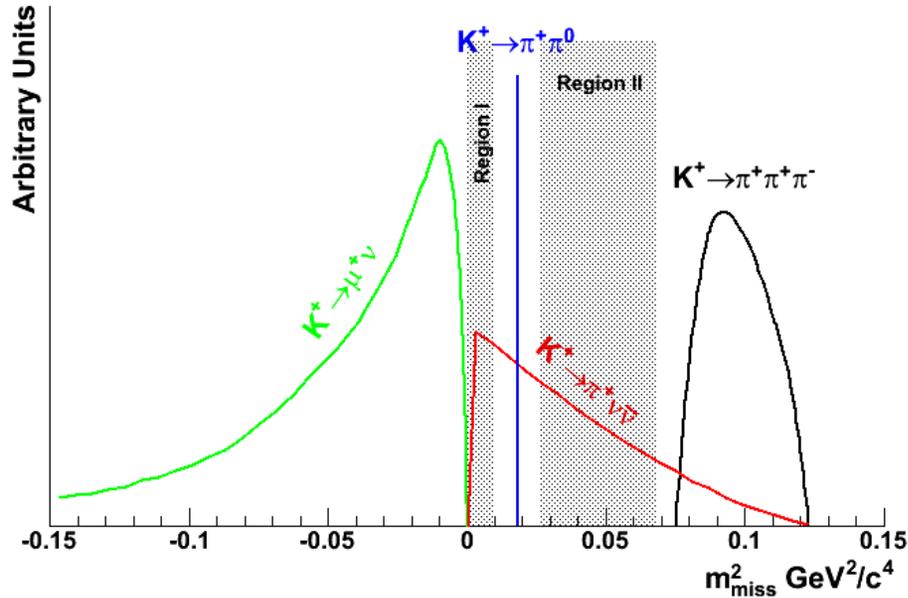
- **Impulso del K: **tracciatore del fascio****
- **Impulso del pione: **spettrometro****



- **Rivelazione γ / μ : **calorimetri e veto****
- **Veto carico: **spettrometro****
- **Separazione $\pi / \mu / e$: **RICH****

Cinematica e Fondo

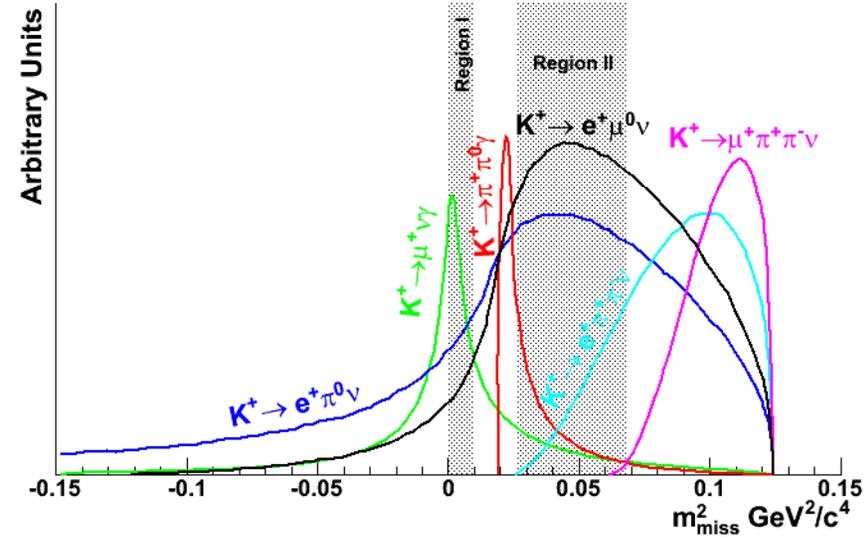
Vincolati Cinematicamente



92% di tutto il fondo

- Possibilità di definire una regione per il segnale
- $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ obbliga a dividere in 2 la regione di segnale
(Regione I e Regione II)

Non Vincolati Cinematicamente



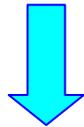
8% di tutto il fondo

- Diluito in tutta la regione del segnale
- Reiezione legata fortemente ai veti

Reiezione del Fondo



- BR maggiore: **63.4%**
- $\sim 10^{-12}$ fattore di reiezione
- Cinematica: 10^{-5}
- Muon Veto: 10^{-5} \rightarrow MAMUD
- Id. particelle: 5×10^{-3} \rightarrow RICH



Assumendo le inefficienze date sopra ed un'accettanza del 10%, si ottiene $S/B > 10$ se

$$(\Delta m_{\text{miss}})^2 \sim 8 \times 10^{-3} \text{ GeV}^2/c^4$$



- Secondo BR: **20.9%**
- $\sim 10^{-12}$ fattore di reiezione
- Cinematica: 5×10^{-3}
- Photon Veto: 10^{-5} per fotone
- \rightarrow Grande angolo:
12 ANTI (10 < accettazione < 50 mrad)
- \rightarrow Medio angolo:
NA48 LKr (1 < accettazione < 10 mrad)
- \rightarrow Piccolo angolo:
SAC (accettazione < 1 mrad)

Risoluzioni richieste:

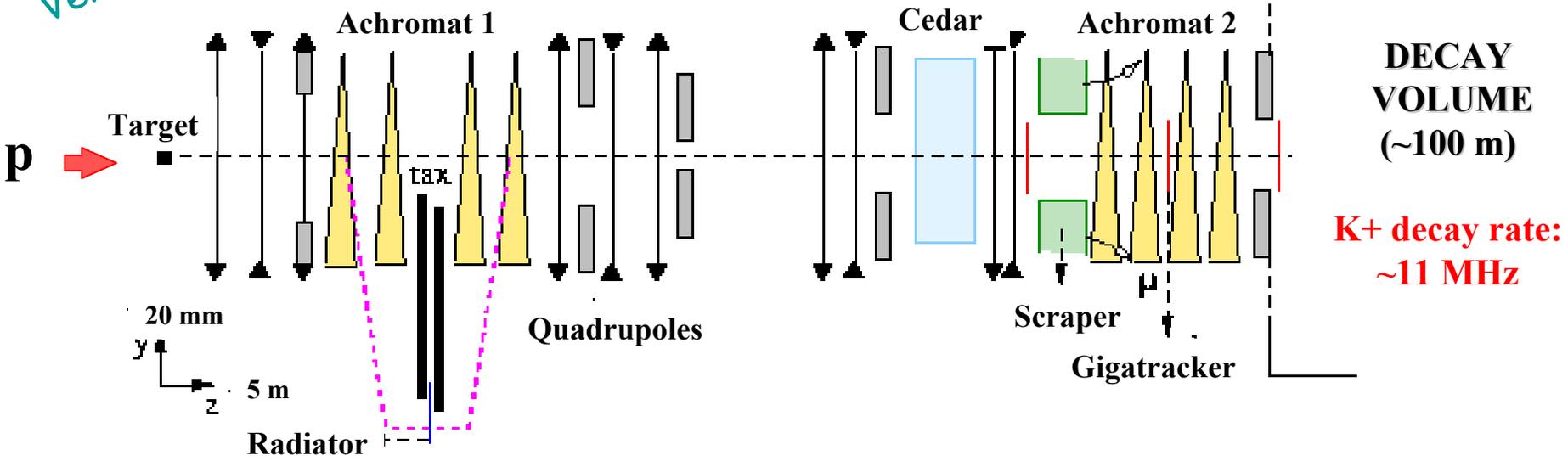
$$P_{\pi} \rightarrow < 1 \%$$

$$P_K \rightarrow 0.3 \%$$

$$\theta_{K\pi} \rightarrow 50-60 \mu\text{rad}$$

Il Fascio

Vertical view



**K+ decay rate:
~11 MHz**

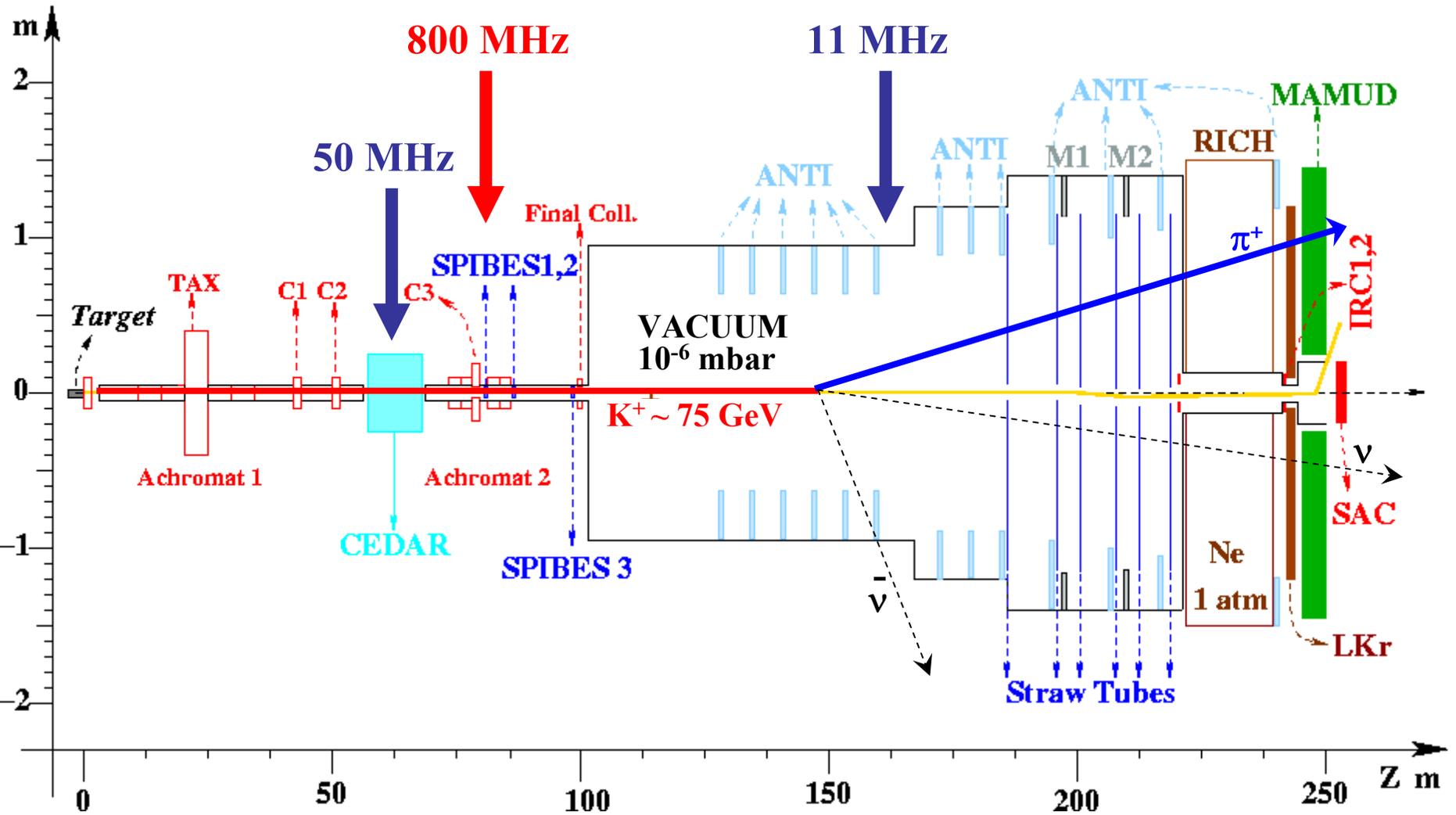
Fascio Primario

- **P protoni = 400 GeV/c**
- **Protoni/pulse 3.3×10^{12} ($\times 3.3$ NA48/2)**
- **Duty cycle 4.8/16.8 s**

Fascio Secondario

- **P Kaon = 75 GeV/c (DP/P ~ 1.1%)**
- **Frazione di K^+ ~ 6.6%**
- **Rate Medio = 760 MHz**
- **K^+ decadimenti / anno = 4.8×10^{12}**

NA62 Detector Layout



Technical Design Report in preparazione

Rivelatori

- CEDAR
 - Contatore Cherenkov differenziale per l'identificazione dei K^+
 - GIGATRACKER
 - Tracciatore del fascio prima della regione di decadimento
 - ANTI
 - Veto per fotoni intorno alla regione di decadimento
 - SPETTROMETRO
 - 2 magneti + 6 straw chambers per tracciare i prodotti di decadimento
 - RICH
 - Separazione pioni/muone
 - ODOSCOPIO CARICO
 - Tempo di arrivo del pione ad alta risoluzione (~ 100 ps)
 - LKR
 - Veto per fotoni in avanti e calorimetro elettromagnetico
 - MAMUD
 - Calorimetro adronico, veto per muoni e magnete deflettore
 - SAC
 - Veto per fotoni a piccolo angolo
- $\left(\begin{array}{l} \sigma(P_K)/P_K \sim 0.22\% \\ \sigma(\theta_K) \sim 16 \mu\text{rad} \end{array} \right)$
- Ineff. 10^{-3} ($0.05 < E_g < 1$) GeV
Ineff. 10^{-4} $E_g > 1$ GeV
- separazione $>3\sigma$ π/μ $P > 35$ GeV/c
 $\sigma(t) \sim 100$ ps
- Ineff. 10^{-4} ($1 < E_g < 5$) GeV
Ineff. 10^{-5} $E_g > 5$ GeV
- Ineff. 10^{-5} for $E_g > 10$ GeV

TRIGGER

➔ Un possibile schema:

Level	L0 “hardware”	L1-L2 “software”
Input	~10 MHz	1 MHz
Output	1 MHz	O(KHz)
Implementazione	Hardware dedicato	TDAQ farm
Azioni	1 traccia, μ veto, γ veto	L1 = sotto rivelatori singoli L2 = evento ricostruito

Studi Preliminari su Segnale e Fondo

<i>Eventi/anno</i>	Totale	Regione I	Regione II
Segnale (<i>acc=17%</i>)	65	16	49
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$	2.7	1.7	1.0
$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu$	1.2	1.1	<0.1
$K^+ \rightarrow e^+ \pi^+ \pi^- \nu$	~2	trascurabile	~2
Altri dec. a 3 tracce	~1	trascurabile	~1
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$	1.3	trascurabile	1.3
$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu \gamma$	0.5	0.2	0.2
$K^+ \rightarrow e^+ (\mu^+) \pi^0 \nu$, altri	trascurabile	–	–
Fondo totale	9	3	6

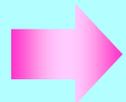
➔ **S/B ~ 8** (Regione I ~5, Regione II ~9)

CONCLUSIONI

- ✓ **Esperimento NA62** : Ricerca di nuova fisica usando i decadimenti rari dei K^+
- ✓ Un nuovo esperimento (**sensibilità per evento $\sim 10^{-12}$**) a una **macchina esistente** che si basa sulle infrastrutture di un **esperimento esistente**
- ✓ **Progetto generale** praticamente definito. In corso simulazione globale e studi delle prestazioni del rivelatore
- ✓ **Programma di R&D**: costruzione dei prototipi dei rivelatori e test in corso. Importanti risultati attesi per la fine del 2007

✓ **Scopo principale di NA62** $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$

✓ **Flusso di K circa 100 volte NA48**



molte altre opportunità e possibili misure