

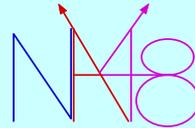
Stato di P326 a Perugia e richieste finanziarie 2008



Monica Pepe
Sezione INFN di Perugia

Consiglio di Sezione

19 giugno 2007



G. Anzivino, P. Cenci, M. Pepe, R. Piandani, A. Sergi

P326: proposta di esperimento per la misura del decadimento raro $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ al CERN

CERN-SPSC-2005-013
SPSC-P-326

CERN, Dubna, Ferrara, Florence, Frascati, Mainz, Merced, Moscow,
Naples, Perugia, Protvino, Pisa, Rome, Saclay,
San Luis Potosi, Sofia, Turin, Triumpf

Decadimenti rari dei K,
 mediati da FCNC, strumento
 sperimentale fondamentale



- verifiche del Modello Standard
- sondare effetti di nuova fisica
 - Minimal Flavour Violation (MFV)
 - nuove sorgenti di rottura della simmetria di sapore (TeV)

$$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$$

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

$$K_L \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$$

$$K_L \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$$

Golden modes

- Dinamica a corta distanza
- Ampiezza governata da un solo operatore semileptonico

Predizioni del Modello Standard

$$\text{BR}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu) \approx (1.6 \times 10^{-5}) |V_{cb}|^4 [\sigma \eta^2 + (\rho_c - \rho)^2] \rightarrow (8.0 \pm 1.1) \times 10^{-11}$$

$$\text{BR}(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu) \approx (7.6 \times 10^{-5}) |V_{cb}|^4 \eta^2 \rightarrow (3.0 \pm 0.6) \times 10^{-11}$$

Misura esistente (E787/949): $\text{BR}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu) = 1.47 \times 10^{-10}$ (3 eventi)

P326 - linee guida



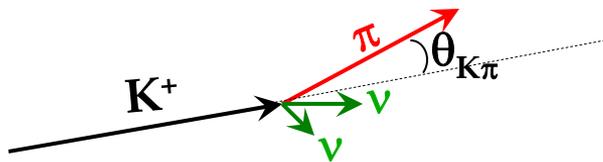
- ❖ BR(SM) = 8×10^{-11}
- ❖ Accettanza segnale 10%
- ❖ Decadimenti di K $\sim 10^{13}$



- ✓ Tecnica del decadimento in volo del K
- ✓ Fascio intenso di protoni dal SPS
- ✓ K di alta energia ($P_K = 75 \text{ GeV}/c$)
- ✓ Contatore Cerenkov per identificazione del K

Basso livello di fondo

- ❖ Cinematica



▶ $m^2_{\text{miss}} = (P_K - P_\pi)^2$

- ❖ Contatori di veto
- ❖ Identificazione di particelle

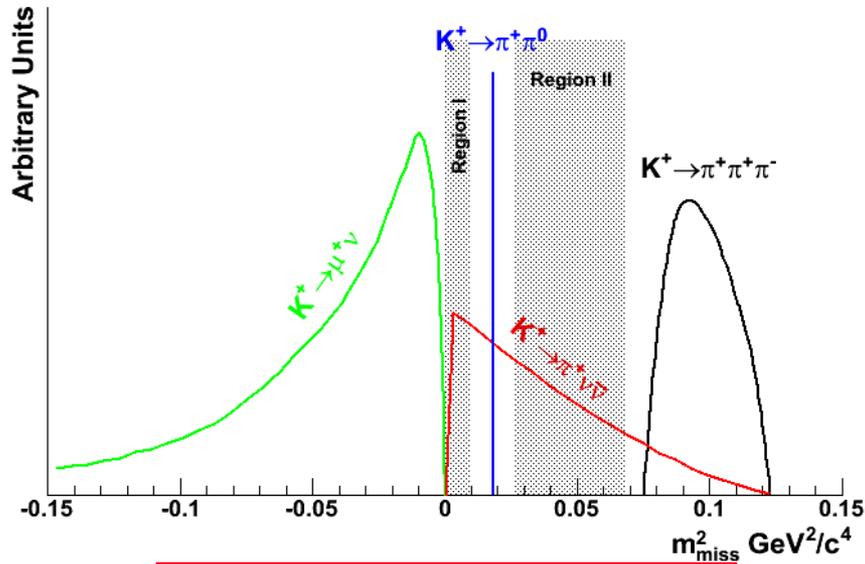


- ✓ Kaone: tracciatore di fascio
- ✓ Pione: Spettrometro

- ✓ Calorimetro per rivelare γ/μ
- ✓ RICH (separazione π/μ)
- ✓ Spettrometro per eliminare le particelle cariche

Kinematics and Backgrounds

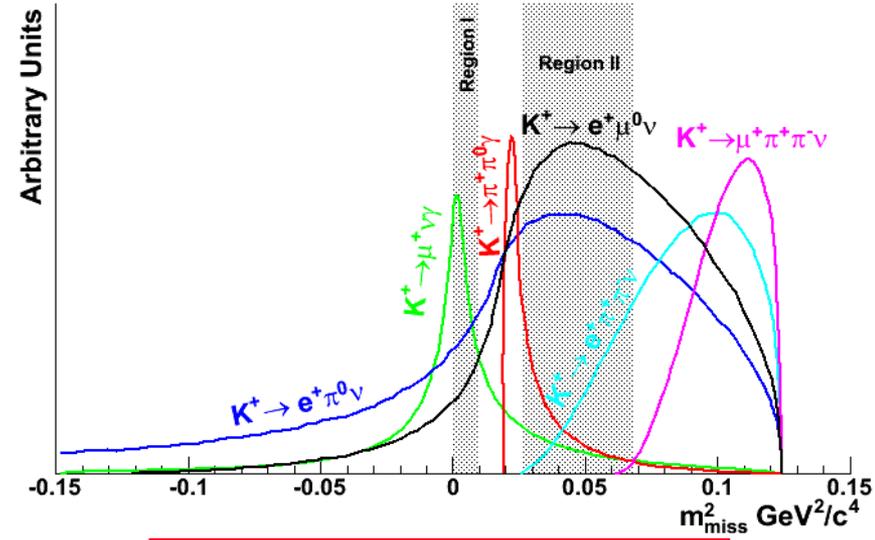
Kinematically constrained



92% of total background

- ▶ Allows us to define a signal region
- ▶ $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ forces us to split it into two parts (Region I and Region II)

Not kinematically constrained



8% of total background

- ▶ Span across the signal region
- ▶ Rejection must rely on votes

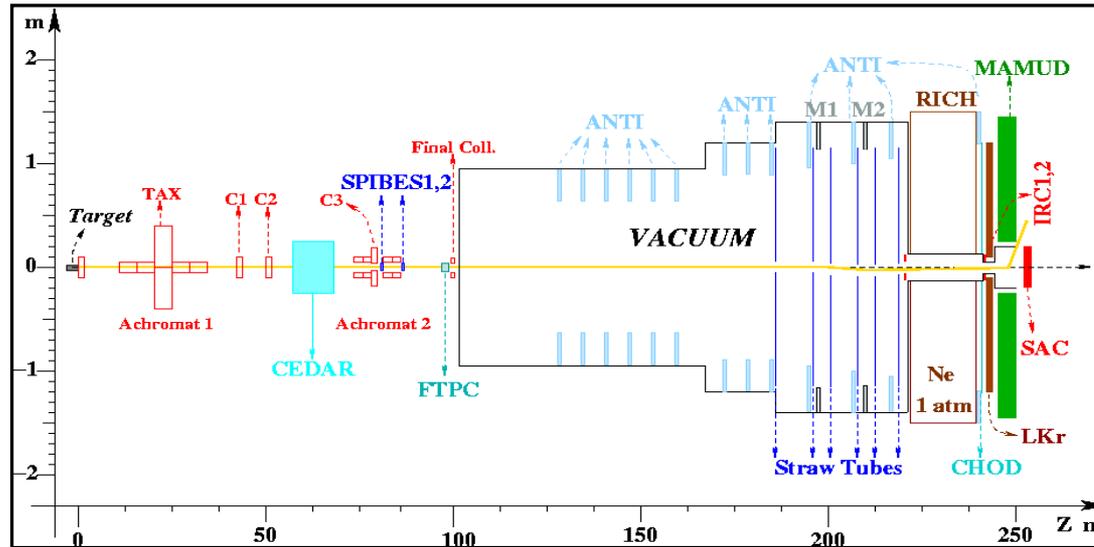
P326: risultati attesi



Eventi di segnale per anno@BR=8 10⁻¹¹: 65 (16 Regione I, 49 Regione II)
 Eventi di fondo ~9 (3 Regione I, ~6 Regione II)
 Signal/Background ~ 8 (S/B (Regione I) ~5, S/B (Regione II) ~ 9)

- Altre opportunità di fisica: situazione simile a quella di NA48, disegnato per misurare "solo" ϵ'/ϵ ma che ha prodotto molte altre misure interessanti
- Con un flusso ~100 volte quello NA48/2 si potrebbero studiare:
 1. Effetti "Cusp like" ($\pi\pi$ scattering): $K^+ \rightarrow \pi^0 \pi^0 e^+ \nu$
 2. Lepton Flavour Violation: $K^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ e^-$, $K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ e^+$, ($K_{e2}/K_{\mu2}$)
 3. Nuove particelle leggere: $K^+ \rightarrow \pi^+ X$, $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 P$ (sGoldstino pseudoscalare)
 4. Decadimenti rari π^+ & π^0
 5. Decadimenti rari radiativi con elevata precisione
 6. Confronto tra K^+ e K^- (alternando la polarità del fascio):
 - $K^{+/-} \rightarrow \pi^{+/-} \pi^0 \gamma$ (CPV interference)
 - T-odd Correlations in K_{l4}
 7. Argomenti di spettroscopia adronica

Il rivelatore P326



- ❖ **CEDAR:** Cherenkov differenziale per identificazione (tag) del K positivo
- ❖ **GIGATRACKER:** Tracciamento del fascio secondario a monte della regione di decadimento
- ❖ **ANTICONTATORI:** Veto per fotoni attorno alla camera di decadimento
- ❖ **CAMERE A STRAW:** Camere di tubi straw per tracciare i prodotti di decadimento del K
- ❖ **RICH:** Ring Image Cherenkov, per distinguere muoni da pioni + trigger
- ❖ **CHOD:** Odoscopio veloce per coincidenza K-pione ad alta precisione + trigger
- ❖ **LKR:** Veto per fotoni e calorimetro e.m.
- ❖ **MAMUD:** Calorimetro adronico, veto per muoni e magnete deflettore
- ❖ **SAC e CHV:** Veto a piccolo angolo per fotoni e particelle cariche

Stato di P326



- ❖ Presentato al CERN SPSC in Settembre 2005
 - Approvazione decisa del caso di fisica
 - Esame critico della tecnica proposta
- ❖ Piano di R&D 2006 approvato dal RB del CERN nel dicembre 2005:
 - Effettuati con successo due test su fascio in ottobre e novembre 2006:
 - *Misura della efficienza di veto del calorimetro a LKr per fotoni di 1-10 GeV (~ 2 settimane, ottobre 2006)*
 - *Test di un rivelatore CEDAR con read-out veloce, test di fototub ed elettronica di frontend e readout per il RICH (~ 2 settimane, novembre 2006)*
- ❖ Nel 2007 approvato un lungo run per l'intero periodo di funzionamento del SPS (giugno-novembre 2007)
 - Run per la misura del rapporto $Ke2/Kmu2$: 18 giugno → fine ottobre circa
 - Test del prototipo di rivelatore RICH: 2 settimane circa da fine ottobre a metà novembre
- ❖ Il progetto P326 è in attesa di approvazione definitiva, in modo da completare il programma di R&D (2007-2008), iniziare la costruzione (2008-2010) e passare alla presa dati finale nel 2011-2012
 - In corso di preparazione il Technical Design Report
 - In attesa di notizie, le richieste per il 2008 in prima istanza si riferiscono al completamento e all'approfondimento di aspetti del R&D

Responsabilità di costruzione



- Beam Line (CERN)
- CEDAR (CERN)
- **GIGATRACKER** (CERN, INFN, Saclay [kabes])
- VACUUM TANK (Common fund)
- **ANTI Counters** (INFN)
- STRAW TRACKER (DUBNA, MAINZ)
- MNP33/2 (Common Fund)
- CHOD (INFN)
- RICH (**INFN**+CERN+?)
- LKR (CERN)
- MAMUD (INR+Protvino)
- SAC + IRC (Sofia)
- **Trigger & DAQ** (CERN+**INFN**+?)

Responsabilità di Costruzione e Budget INFN



Gigatracker

Ferrara, Torino [+ Cern + Saclay (Kabes)]

0.7-1.0 M€

Anticounters

Pisa, Roma1, Napoli, LNF

2.8-3.4 M€

RICHod

Firenze, Perugia [+ Cern + ?]

0.5-0.7 M€

Trigger

Pisa [+ Cern + ?]

0.5-0.8 M€

TOTALE

4.5-5.9 M€

Attività a Perugia (e a Firenze) il RICH

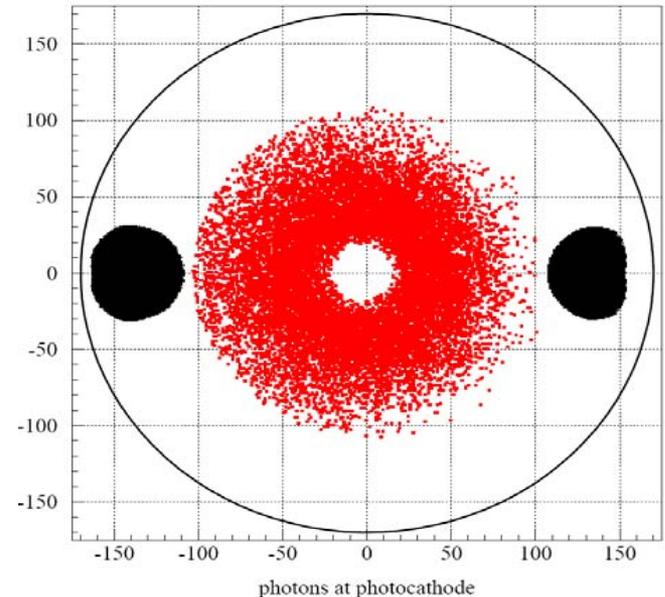
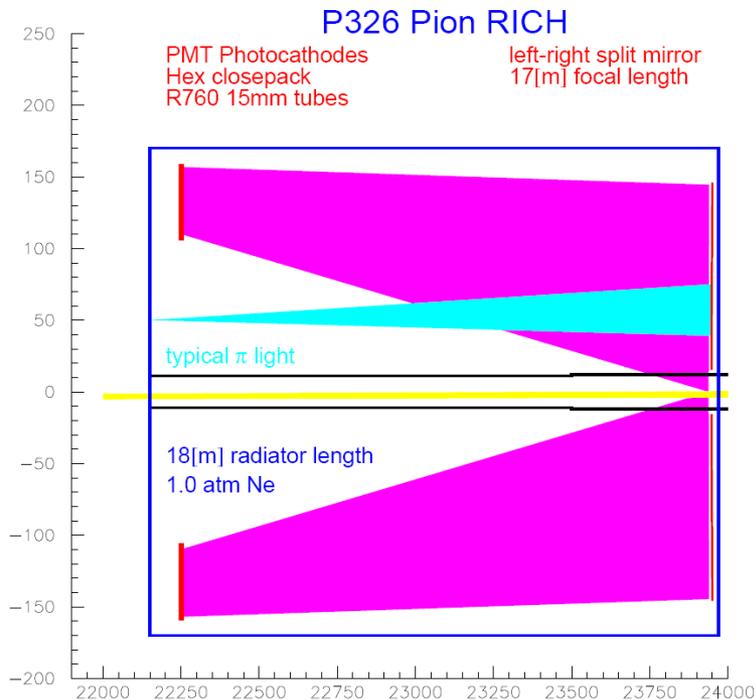


- ❖ Approvata dalla CSN1 nel corso del 2006 un'attività **Firenze - Perugia** volta alla ottimizzazione dei parametri di un rivelatore **Rich**, che permetta
 - la separazione π/μ fino a 35 GeV/c a livello 3σ nella zona fiduciale di decadimento
 - la associazione, in coincidenza con il **gigatracker** tra **pione di decadimento** e il **K⁺ che lo origina** con una risoluzione temporale pari a $\sigma = 100\text{ps}$ in modo da ridurre al massimo la possibilità di associazioni accidentali

Caratteristiche del RICH



- ❖ Tubo in acciaio lungo 18 m (5.6% X₀)(CERN, parzialmente esistente)
- ❖ Radiatore: Neon @1 atm ($n-1 = 67 \times 10^{-6}$)
- ❖ Soglia per il $\pi = 12 \text{ GeV}$ (15 GeV per piena efficienza)
- ❖ Specchio con $f=17 \text{ m}$ ($<10\%X_0$)
- ❖ Due matrici di $\sim 1000+1000$ fototubi ($\varnothing 16 \text{ mm}$), posti nel piano verticale, alla distanza focale
- ❖ Fotoelettroni per ring @ $\beta=1$: $N_{pe} = 30 \text{ } \oplus \text{ } 40$
- ❖ Track timing $\sim 100 \text{ ps}$ (separazione del pileup nel Gigatracker)



RICH - R&D

I gruppi INFN di Firenze e Perugia si sono assunti la responsabilità, in particolare, della scelta dei fotorivelatori e della elettronica del Rich

Validazione della scelte sperimentali (test su fascio al CERN, Novembre 2006)

- 1) Fotorivelatori: Hamamatsu R7400U (ottime prestazioni temporali)
- 2) Front-end: Scheda preamplificatore + NINO (shaper e discriminatore time-over-threshold)
- 3) TDC: HPTDC CAEN 1290A (alta risoluzione)

A) Test CEDAR in H6 in novembre 2006
Perugia: Coordinamento test e Responsabilità del read-out/DAQ e del software offline
Firenze: responsabilità front-end

B) Test dei PMT in laboratorio con LASER a Firenze e Perugia

C) Costruzione di prototipo in scala 1:1 e test in novembre 2007



Scelta PM
Validazione front-end
Limiti read-out

PMT Hamamatsu

Hamamatsu R7400U



Min - Max
wavelength[nm
]
Costo
≈2000 p

R7400U-06

160-650

310€

R7400U-04

185-850

360€

R7400U-03

185-650

250€

Base: 50€

Part Number	R7400U-03
Type	Head on
Size	16mm
Active Area Diameter or Length	8mm
Min wavelength	185nm
Max wavelength	650nm
Peak Sensitivity Wavelength	420nm
Cathode Radiant Sensitivity	62mA/W
Window	UV Glass
Cathode Type	Bialkali
Cathode Luminous Sensitivity	70 μ A/lm
Cathode Blue Sensitivity Index	-
Red White Ratio	-
Anode Luminous Sensitivity	50A/lm
Gain	7.0E+05
Dark Current	0.2nA
Rise Time	0.78ns
Transit Time	5.4ns
Transit Time Spread	0.28ns
Number of Dynodes	8
Applied Voltage	800V



Ricercatori in P326 (e NA48) a Perugia (INFN e Dipartimento di Fisica)

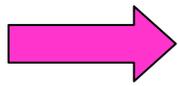
- | | | |
|---|-------------------------------------|------|
| ❖ | Giuseppina Anzivino (P.A.) | 100% |
| ❖ | Patrizia Cenci (I Ric. INFN) | 100% |
| ❖ | Monica Pepe (I Ric. INFN) | 70% |
| ❖ | Roberto Piandani (Dottorando) | 100% |
| ❖ | Antonino Sergi (Ass. Ric. INFN) | 100% |
| + | Ermanno Imbergamo (Ass. Ric. Univ.) | 100% |

N.B. Mauro Piccini fellow al CERN in P326

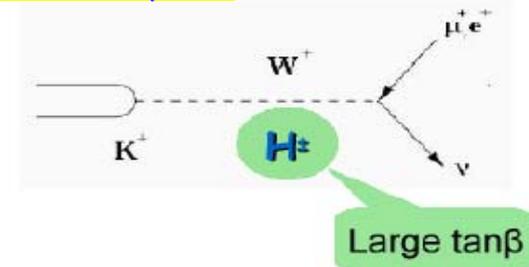
Attività del gruppo P326 di Perugia nel 2007 (Run di NA62)



Misura del rapporto $R_k = K \rightarrow e\nu_e / K \rightarrow \mu\nu_\mu$



test dell'universalità leptonica
 e dell'accoppiamento V-A



Masiero, Paradisi e Petronzio¹ hanno ipotizzato che violazioni supersimmetriche del sapore leptonico (SUSY LFV) possono variare il valore di R_k di 2-3 %

$$\tan\beta \sim 50 \text{ e } M_{H^+} \sim 500 \text{ GeV}/c^2$$

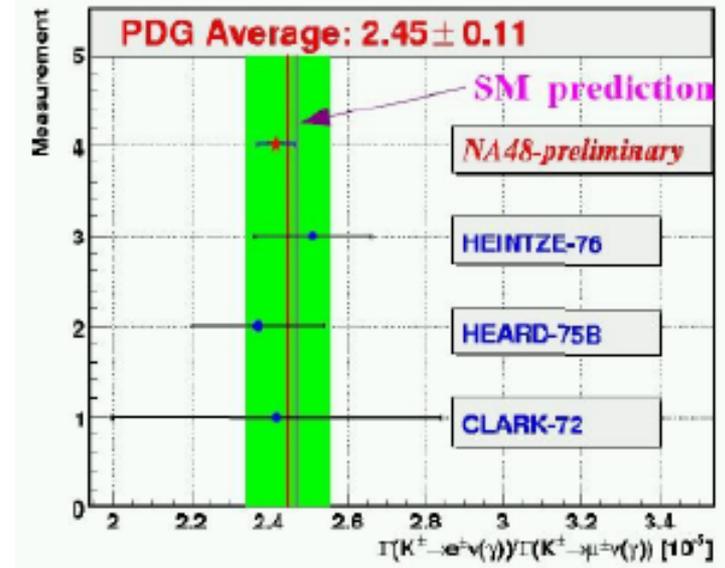
$$R_k = (2.472 \pm 0.001) \times 10^{-5} \text{ SM}$$

$$R_k = (2.45 \pm 0.11) \times 10^{-5} \text{ PDG}$$

$$R_k = (2.416 \pm 0.043 \pm 0.024) \times 10^{-5} \text{ NA48/2 preliminare}$$

1 mese di presa dati 2003

1) hep-ph/0511289



Misura del rapporto

$$R_k = \Gamma(K \rightarrow e\nu_e) / \Gamma(K \rightarrow \mu\nu_\mu)$$


Si può migliorare l'incertezza dall'attuale 2% allo 0.4%
con l'apparato esistente

Proposta presentata in febbraio all'SPSC ed al Research Board

Ottenuti :

2 settimane di technical run in maggio

5 mesi di run dal 18 giugno al 12 novembre 2007 (per la misura di R_k
e il test-run dei prototipi di P326)

Attività di Perugia

- Partecipazione agli shift di presa dati
- Manutenzione apparato (Odoscopi e Pretrigger)
- Manutenzione codice di decodifica e ricostruzione offline

Attività del gruppo P326 di Perugia nel 2007 (Hardware)



❖ R&D prototipo RICH: in scala 1:1 (longitudinale)

- 96 PMT posizionati lungo un cerchio
- Test PMT a Perugia
- Finestre di quarzo per separare i PMT dal Ne
- Test su fascio K12 al SPS di impulso 200 GeV/c (31 ott.-12 nov.)
- Flangia lato PMT → Perugia
- Flangia lato specchio → Firenze

Misurare:

- ★ risoluzione dell'angolo Cherenkov
- ★ numero di fotoelettroni a $\beta = 1$
- ★ risoluzione temporale

- ## ❖ Approvato PRIN per R&D su P326 (RICH per PG e FI, che formano gruppo unico con responsabile locale: G. Anzivino), fondi disponibili dal 2007

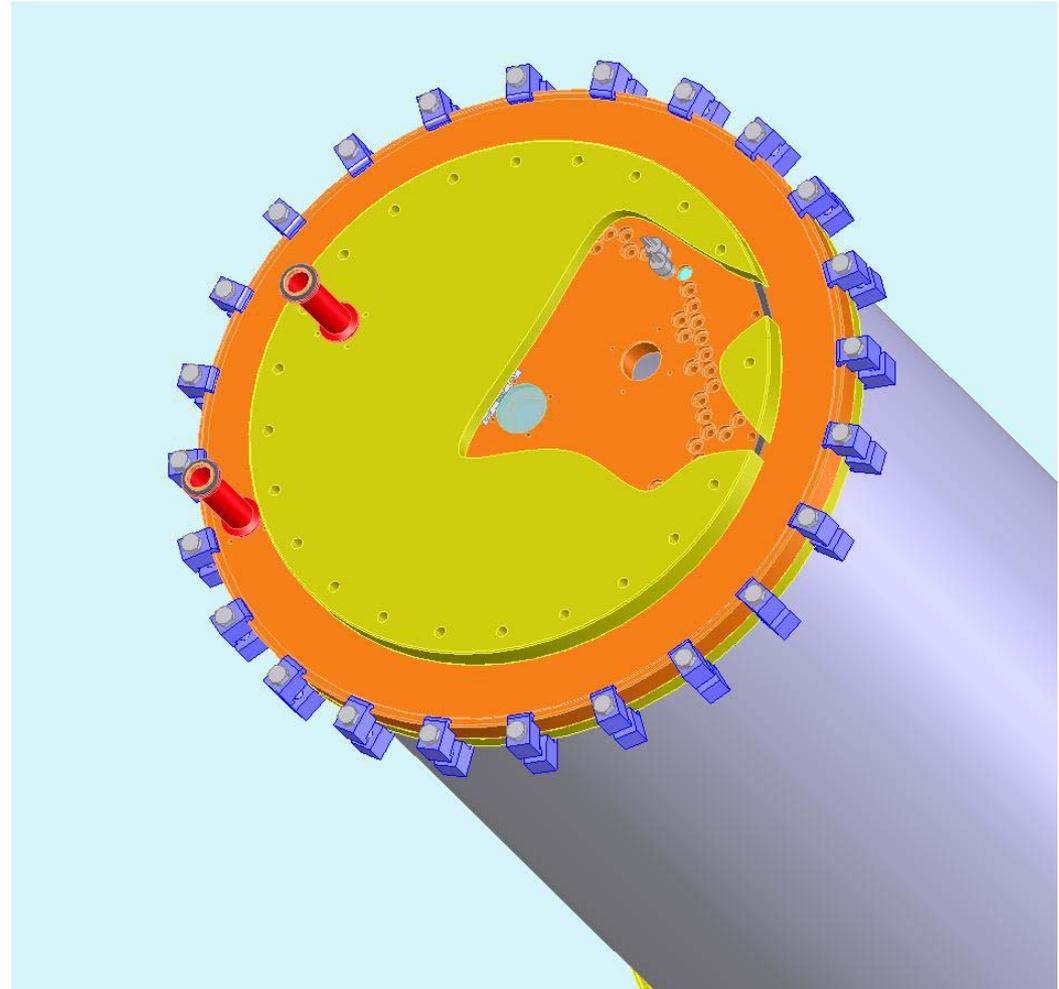
RICH - Attività in sede

Meccanica

Progettazione della flangia
all'estremità del tubo per
l'alloggiamento PM

Servizio meccanica
Damiano Aisa
Antonfranco Piluso

Diametro interno 600 mm
Diametro esterno 658 mm

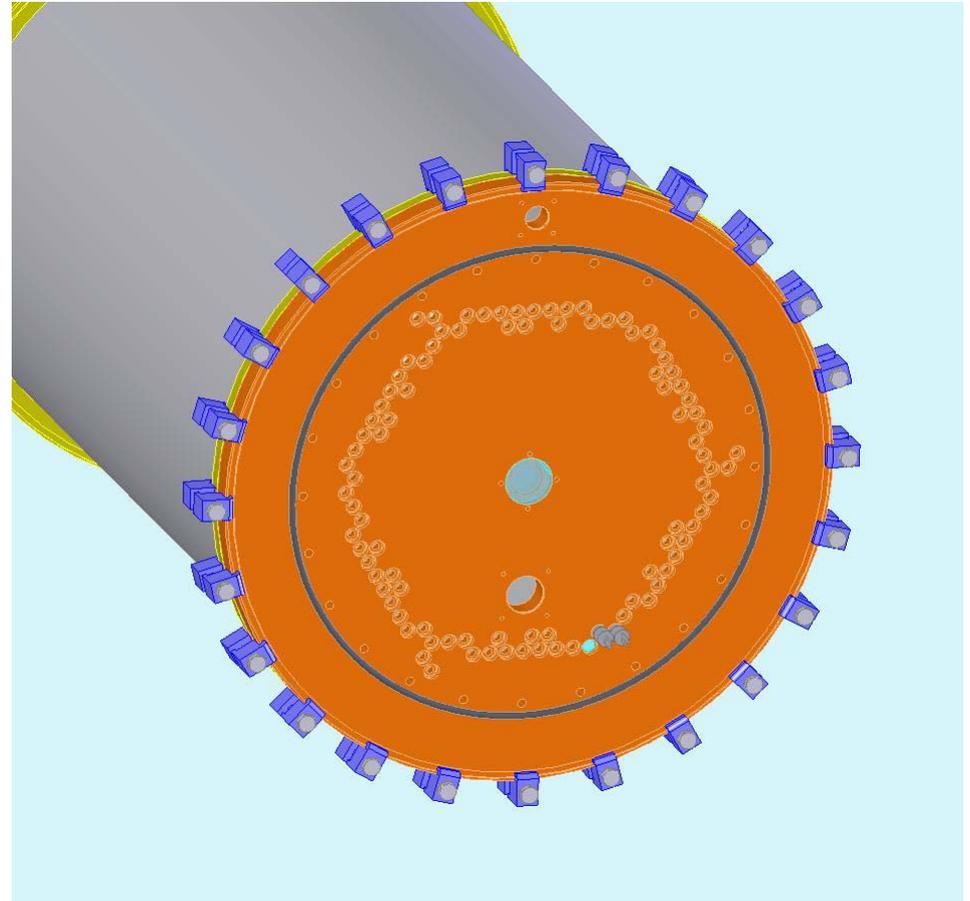
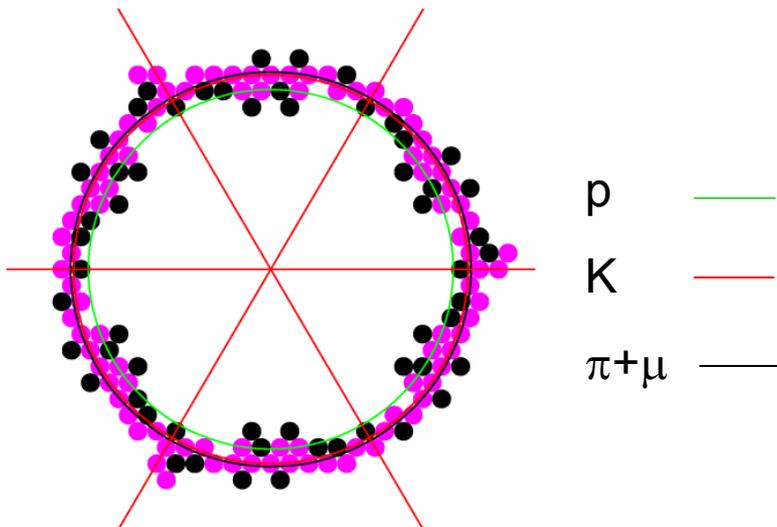


RICH - Attività in sede

Meccanica

I fori di alloggiamento dei PMT sono posizionati lungo il cerchio dove l'anello Cherenkov è atteso

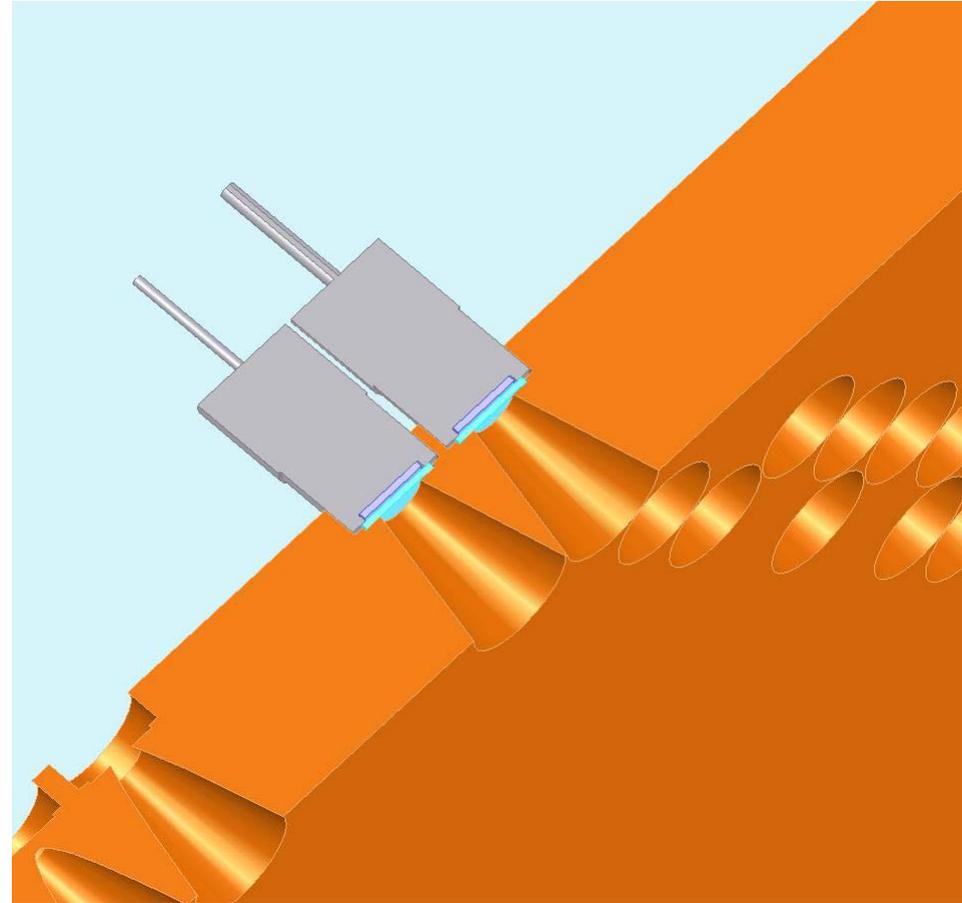
Simulazione 96 PMT



Meccanica

Diametro finestra PMT 8 mm
Diametro base partitore 18 mm

Coni di Winston per la raccolta della luce, ottimizzati con simulazioni effettuate in collaborazione con Winston stesso



Test PMT

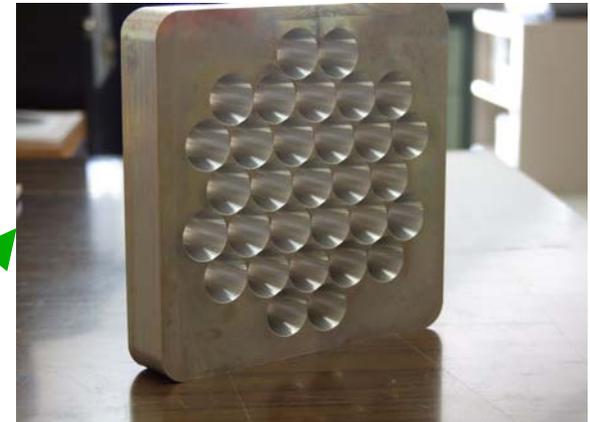
- Laser ($\lambda=405$ nm) disponibile in sezione (laboratorio test rivelatori)
- Sistema ottico e supporto dei PMT progettato e costruito dal servizio di meccanica
- Front-end e read-out in fase di test in laboratorio con il supporto di A.Papi, M.Bizzarri

Misurare:

- ✓ Risposta singolo fotone
- ✓ Risoluzione temporale
- ✓ Efficienza

Tubo per ottica

Flangia supporto PMT con coni di Winston



Attività del gruppo P326 di Perugia nel 2007 (Software)



- **Roberto P.** sta concludendo l'analisi relativa al lavoro di tesi, studio del decadimento $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ nei dati di NA48/2 (potenzialità del rivelatore, e prospettive):
(nota interna in preparazione)
- MC (Geant4) del rivelatore (Rich per TDR)

Attività del gruppo P326 di Perugia nel 2008



- ❖ Prototipo di RICH: si prevede di completare i test per mettersi nelle stesse condizioni dell'esperimento quanto alla separazione π/μ e alla misura del numero di fotoelettroni a bassa energia
 - Maggiore numero di canali letti: PMT, HV, frontend (Nino) e readout
 - Test di specchi: piu' specchi esagonali messi assieme
 - Test di allineamento degli specchi e calibrazione

- ❖ Finanziamenti: da definire, informazioni quanto prima

Tesi recenti in P326/NA48



Tesi di Laurea

- R. Piandani Studio del decadimento raro $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \nu \bar{\nu}$ con l'esperimento NA48/2: analisi e stima dei fondi

Tesi di Dottorato

- M. Piccini (*XVI ciclo*) Studio del decadimento β della particella Ξ^0 in NA48
- E. Imbergamo (*XVIII ciclo*) Measurement of the $\alpha(\Xi^0 \rightarrow \Lambda \gamma)$ decay asymmetry factor in the experiment NA48/1 at CERN
- M. Raggi (*XVIII ciclo*) Experimental study of the $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \gamma$ decay

Dottorato

- Roberto Piandani 1° anno XXI ciclo

❖ Beach2006

Sessione "K Physics":

Convener P. Cenci Scientific Secretary: M. Raggi

Contributi: G. Anzivino, M. Raggi

❖ Crimea2006 (M. Pepe)

❖ AUSHEP2006 (E. Imbergamo, 2 talks)

❖ C2CR07 (P. Cenci)

❖ XLII Moriond EW 2007 (M. Raggi)

❖ KAON 2007 (E. Imbergamo)

❖ PASCOS 2007 (G. Anzivino)

❖ EPS HEP 2007 (M. Pepe)

Publicazioni recenti (≥ 2006)



- Search for direct CP violation in the decays $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$ PLB634, p. 474-482, 2006
- Search for direct CP violation in $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \pi^0$ decays PLB638, p. 22-29, 2006
- Measurement of $K_0(\mu_3)$ form factors PLB647, p. 341-350, 2007
- Measurement of the ratio $\Gamma(K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-) / \Gamma(K_L \rightarrow \pi e \nu)$ and extraction of the CP violation parameter $|\eta^\pm|$ PLB645, p. 26-35, 2007
- Measurement of the branching ratio of the decays $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+ e^- \nu$ and anti- $\Xi^0 \rightarrow$ anti- $\Sigma^+ e^+ \nu$ PLB645, p. 36-46, 2007 (Analisi di M. Piccini)
- Measurements of Charged Kaon Semileptonic Decay Branching Fractions $K^\pm \rightarrow \pi^0 \mu^\pm \nu$ and $K^\pm \rightarrow \pi^0 e^\pm \nu$ and their ratio Eur.Phys.J C50, p. 329-340, 2007
- Measurement of the Dalitz plot slopes of the $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$ decays PLB649, p. 349-358, 2007
- First observation and branching fraction and decay parameter measurements of the weak radiative decay $\Xi^0 \rightarrow \Lambda e^+ e^-$ PLB650, p. 1-8, 2007
- The Beam and detector for the NA48 neutral kaon CP violation experiment at CERN N.I.M. A574, p. 433-471, 2007