

**KLOE-2**



**P. Gauzzi**  
**(Univ. La Sapienza e INFN - Roma)**  
**per la Collaborazione KLOE-2**

DIPARTIMENTO DI FISICA



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

**Riunione CSN1**  
**16 luglio 2024 - RM3**



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Referee Report  
e  
Proposta Assegnazioni per il 2025

CSN1, La Biodola, 9 settembre 2024

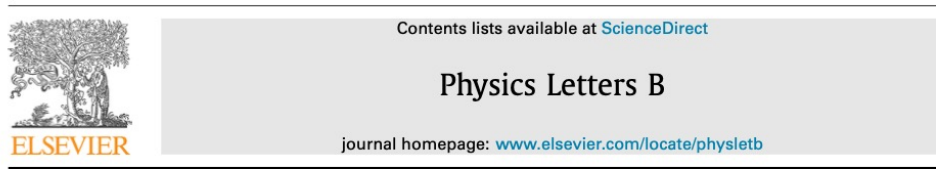
G. Cibirnetto (FE) - B. - S. Giagu (RM1) - A. Perrotta (BO) referee calcolo:  
B. Giacobbe (BO)

**KLOE-2 updates from  
CSN1 meetings**

Erika De Lucia

# KLOE-2 Achievements 2024

- ◎ Root Output for Data Preservation – KLOE-2 Data and MC completed, and KLOE Data started with Neutral Kaon stream & Min bias. Next KLOE MC
- ◎ New analysis of the hadronic cross section started with the Initial State Radiation method ( $e+e- \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ ) with the  $1.7 \text{ fb}^{-1}$  sample of 2004-2005 data – Liverpool University group joined in 2023 (G.Venanzoni et al.)
- ◎ Main physics results:



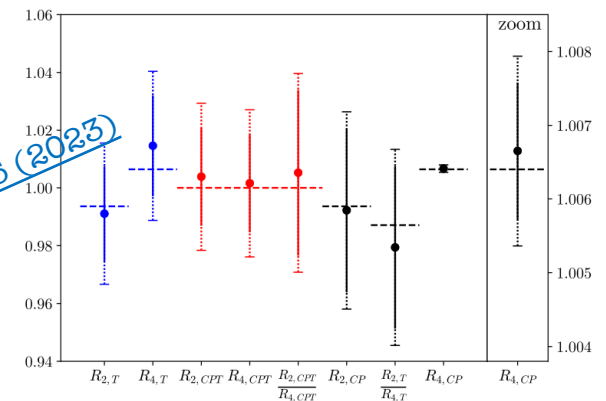
Direct tests of T, CP, CPT symmetries in transitions of neutral K mesons with the KLOE experiment

The KLOE-2 Collaboration

D. Babusci<sup>c</sup>, M. Berłowski<sup>r</sup>, C. Bloise<sup>c</sup>, F. Bossi<sup>c</sup>, P. Branchini<sup>n</sup>, B. Cao<sup>o</sup>, F. Ceradini<sup>m,n</sup>, P. Ciambrone<sup>c</sup>, F. Curciarello<sup>h,i</sup>, E. Czerwiński<sup>b,\*</sup>, G. D'Agostini<sup>k,l</sup>, R. D'Amico<sup>k,l</sup>, E. Danè<sup>c</sup>, V. De Leo<sup>k,l</sup>, E. De Lucia<sup>c</sup>, A. De Santis<sup>c</sup>, P. De Simone<sup>c</sup>, A. Di Domenico<sup>k,l</sup>, E. Diociaiuti<sup>c</sup>, D. Domenici<sup>c</sup>, A. D'Uffizi<sup>c</sup>, G. Fantini<sup>k,l</sup>, A. Gajos<sup>b</sup>, S. Gamrat<sup>b</sup>, P. Gauzzi<sup>k,l</sup>, S. Giovannella<sup>c</sup>, E. Graziani<sup>n</sup>, X. Kang<sup>q</sup>, A. Kupść<sup>o,r</sup>, G. Mandaglio<sup>e,a</sup>, M. Martini<sup>c,j</sup>, S. Miscetti<sup>c</sup>, P. Moskal<sup>b</sup>, A. Passeri<sup>n</sup>, E. Pérez del Río<sup>b</sup>, M. Schioppa<sup>h,i</sup>, A. Selce<sup>m,n</sup>, M. Silarski<sup>b</sup>, F. Sirghi<sup>c,d</sup>, E.P. Solodov<sup>f,g</sup>, W. Wiślicki<sup>r</sup>, M. Wolke<sup>o</sup>, J. Bernabéu<sup>p</sup>

Physics Letters B 845 (2023) 138164

The KLOE-2 Collaboration



**Fig. 10.** Comparison of the measured symmetry-violation-sensitive single and double ratios and their expected values (horizontal dashed lines) assuming CPT invariance, the validity of the  $\Delta S = \Delta Q$  rule and T violation extrapolated from observed CP violation in the mixing [28]. Solid error bars denote statistical uncertainties and dotted error bars represent total uncertainties (including error on the D factor in case of single T and CPT-violation sensitive ratios). The right-hand-side panel magnifies the region of the CP-violation-sensitive ratio  $R_{4,CP}$ .

KLOE-2 LNF: D. Babusci, C. Bloise, F. Bossi, G. Capon, E. De Lucia (Resp. Loc.), A. De Santis, P. De Simone, S. Giovannella, M. Martini, S. Miscetti, and F. Fortugno

# Analisi in corso



## Stato avanzato:

- $\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$   $\Rightarrow$  draft dell'articolo pronto
- Ricerca di un bosone leptofobico in  $\phi \rightarrow \eta \pi^0 \gamma$  (B-boson)

## Altre analisi in corso :

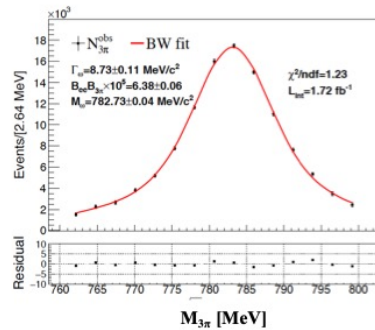
- $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma_{ISR}$
- HET:  $\gamma \gamma \rightarrow \pi^0$
- Nuova misura della sezione d'urto adronica
- Misura di  $\epsilon'/\epsilon$ , studio di fattibilita' con i dati di KLOE di KLOE-2
- $K_S \rightarrow 3\pi^0$  (CP viol.)
- $\phi \rightarrow \eta \pi^+ \pi^- / \eta \mu^+ \mu^-$
- Studio dell'effetto "from future to past" in  $\phi \rightarrow K_S K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$

# KLOE-2 Ongoing Analysis (I)

⊙  $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma_{ISR}$

$e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma_{ISR}$

- $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 e^+$  il secondo contributo alla polarizzazione del vuoto (HVP) per  $(g-2)_\mu$  e alla sua incertezza
- La radiazione di stato iniziale (ISR) usata da KLOE e BaBar e' complementare allo scan in energia a  $\sqrt{s} < M_\phi$  (SND e CMD-2/CMD-3)



Obiettivi:

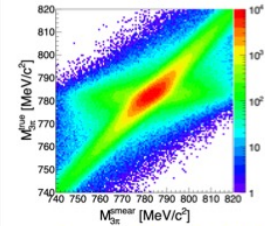
- Misura della sezione d'urto nella regione dell' $\omega(782)$
- Stima del contributo dei  $3\pi$  all'anomalia  $a_\mu$

P.Gauzzi

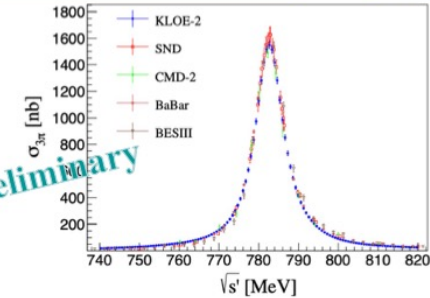
CSN1-RM3

## Unfolding

- Unfolding per ricavare la sezione d'urto



KLOE-2 preliminary



- Parametri estratti dal fit:

KLOE results\* compared with PDG

	$M_\omega$ [MeV/c <sup>2</sup> ]	$\Gamma_\omega$ [MeV]	$\mathcal{B}_{ee} \times \mathcal{B}_{3\pi}$ [10 <sup>-5</sup> ]
KLOE	782.54 ± 0.01	8.93 ± 0.03	6.33 ± 0.03
PDG	782.66 ± 0.13	8.68 ± 0.13	6.59 ± 0.19

\* Only stat. uncertainty

BaBar:  $\mathcal{B}_{ee} \times \mathcal{B}_{3\pi} = (6.56 \pm 0.10) \times 10^{-5}$   
[PRD 104 (2021) 112003]

CMD-3 [PRD109 (2024)112002]:  
 $M_\omega = (782.66 \pm 0.05) \text{ MeV}$   
 $\Gamma_\omega = (8.71 \pm 0.10) \text{ MeV}$   
 $\mathcal{B}_{ee} \times \mathcal{B}_{3\pi} = (6.82 \pm 0.23) \times 10^{-5}$

CSN1-RM3

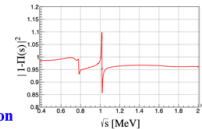
## Stima di $a_\mu^{3\pi}$

$$a_\mu^{3\pi} = \frac{1}{2\pi^3} \int_{\sqrt{s_{th}}}^{\infty} K(s) \sigma_{3\pi}^0(s) \sqrt{s} ds$$

Bare cross-section

$$\sigma_{3\pi}^0 = \sigma_{3\pi}^{vis} [1 - \Pi(s)]^2$$

Vacuum polarization



$$a_\mu^{3\pi} (740 < \sqrt{s} < 820 \text{ MeV}) = (32.77 \pm 0.95) \times 10^{-10}$$

KLOE-2 preliminary

P.Gauzzi

CSN1-RM3

16

g Sep 2024



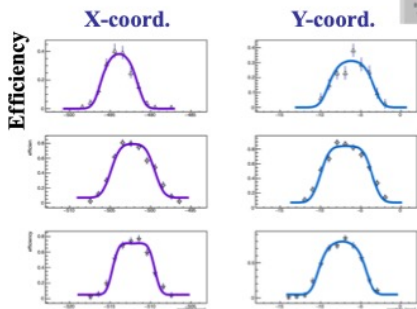
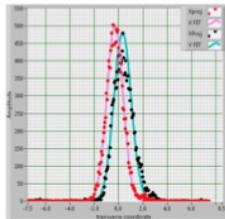
# KLOE-2 Ongoing Analysis (II)

- Finalizing  $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0$  analysis with High Energy Tagger (HET): test beam at BTF in 2023 on HET response to evaluate efficiency & acceptance. Simulation of Bhabha scattering events at very low angles validated

## HET: test beam

- Test alla BTF di LNF con  $e^-$  da 450 MeV per misurare l'efficienza e le posizioni relative degli scintillatori usati nell'analisi

Profilo del fascio:  
 $\sigma_{x,y} \approx 0.6 - 0.8 \text{ mm}$



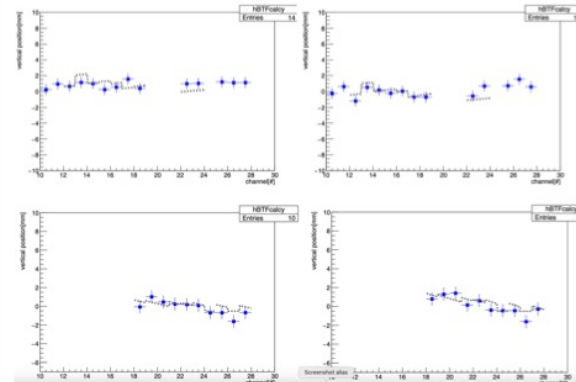
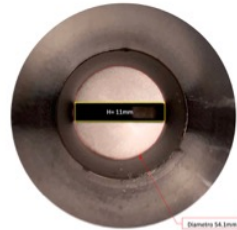
$$f_i(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{P_i-hL_i}^{P_i+hL_i} \epsilon_i(t) e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} dt$$

$$\epsilon_i(t) = \epsilon_{0i}(1 + \text{curv}_i(t - P)^2)$$

CSN1-RM3

## Rotazioni nel piano Y-Z

- Piccole rotazioni dei tagger sono possibili a causa delle dimensioni dei Roman Pots (11 mm;  $\Delta Y_{\text{scint}}$ : 6 mm)
- Rotazioni ricavate con un fit utilizzando:
  - La sezione d'urto efficace Bhabha misurata
  - Le efficienze misurate alla BTF
  - La dipendenza della sezione d'urto Bhabha dalla posizione Y ricavata dal MC



• Posizioni stimate da MC  
— Fit

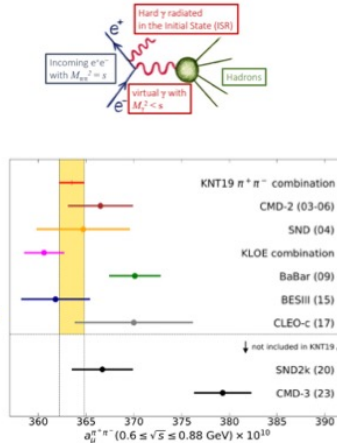
# KLOE-2 Ongoing Analysis (II)

- ◎ New analysis of the hadronic cross section started with the Initial State Radiation method ( $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ ) with the  $1.7 \text{ fb}^{-1}$  sample of 2004-2005 data – Liverpool University group joined in 2023 (G.Venanzoni et al.)

## Nuova misura della $\sigma_{\text{had}}$



- Gruppo di Liverpool entrato nella Collaborazione lo scorso anno
- Contributo adronico a  $(g-2)_\mu$  stimato con le relazioni di dispersione a partire dalla misura della sezione d'urto  $e^+e^- \rightarrow \text{adroni}$
- Discrepanza di  $\sim 2.8 \sigma$  fra KLOE e BaBar
- Misura di CMD-3 in disaccordo con tutte le misure precedenti
- Scopo di questa analisi: usare il campione di dati di KLOE (2004-2005)  $\Rightarrow \sim 2.5 \times 10^6$  eventi  $\pi^+\pi^-$  per una nuova misura
- Schema dell'analisi:
  - Fotone a piccolo angolo  $\vartheta < 15^\circ$
  - 2 tracce cariche a  $\vartheta > 50^\circ$
  - Normalizzazione alla sezione d'urto  $\mu\mu\gamma$



## Nuova misura della $\sigma_{\text{had}}$



- Scopo: ridurre l'incertezza totale  
 $0.1\%_{\text{stat}} \oplus 0.2\%_{\text{th}} \oplus 0.3\%_{\text{syst}} \sim 0.4\%_{\text{tot}}$

### Strategia dell'analisi:

- Blind analysis per evitare bias nell'estrazione del risultato finale
- Studio dell'efficienza di tracciamento con eventi  $\pi^+\pi^-\pi^0, \pi^+\pi^-, \pi^+\pi^-\gamma, \mu^+\mu^-\gamma$
- Studio delle possibili discrepanze dati-MC
- Migliorare la sottrazione del fondo  $\pi^+\pi^-\pi^0$  e  $\mu^+\mu^-\gamma$

### Areas to reduce systematic uncertainty from KLOE8 and KLOE12 analyses

Syst Errors (%)	$\sigma_{\mu^+\mu^-}$ absolute	$\sigma_{\mu^+\mu^-}$ ratio
Background Filter (FILF0)	negligible	negligible
Background Subtraction	0.3	0.6
Trackmass	0.2	0.2
Particle ID	negligible	negligible
Tracking	0.3	0.1
Trigger	0.1	0.1
Unfolding	negligible	negligible
Acceptance ( $\theta_{\pi\pi}$ )	0.2	negligible
Acceptance ( $\theta_x$ )	negligible	negligible
Software Trigger (L3)	0.1	0.1
Luminosity	0.3 (0.1 <sub>th</sub> @ 0.3 <sub>exp</sub> )	-
$\sqrt{s}$ dep. of $H$	0.2	-
Total exp. systematics	0.6	0.7
Vacuum Polarisation	0.1	-
FSR treatment	0.3	0.2
Rad. function $H$	0.5	-
Total theory systematics	0.6	0.2
Total systematic error	0.9	0.7

# Data Preservation & Computing

- ◎ **Root Output** for Data Preservation – KLOE-2 Data and MC completed, and KLOE Data started with Neutral Kaon stream & Min bias. Next KLOE MC

## Computing



### Qualche problema durante lo scorso anno:

- Ripetuti allarmi di temperatura hanno portato a un malfunzionamento della procedura di shutdown controllato ⇒ si sono rotti alcuni dischi della aree di analisi
- Fabio Fortugno ha recuperato quasi tutti i dati, solo una piccola parte e' andata persa

### Vecchia tape library:

- Vari problemi: una scheda di elettronica rotta e malfunzionamento di un braccio robotico
- E' stata contattata una ditta esperta di questo tipo di dispositivi, ma non sono stati capaci di rimettere in funzione la libreria
- Alla fine il problema e' stato risolto con grande sforzo da Fabio, che ha comprato un manuale delle tape libraries IBM e ha usato alcuni componenti spare ha rimesso in funzione la libreria
- Nuovo problema lo scorso aprile: contaminazione di polvere e una miscela di acqua e olio sulle rotaie di un braccio robotico
- Fabio aveva iniziato a pulire tutte le parti contaminate

P.Gauzzi

CSN1-RM3

7

## Computing



- Il nostro calcolo e' in una situazione di emergenza a causa della malattia dell'unica persona rimasta a occuparsene
- **La nostra prima preoccupazione, dopo la salute di Fabio naturalmente, e' stata di mettere in sicurezza il nostro CED**
- Azioni a breve termine:
  - Fare una copia di backup di tutte le aree disco importanti (/dataroot, /datarec, le aree di analisi di gruppo e utenti, le aree di recall)
    - ⇒ **buffer disco temporaneo di 640 TB in prestito dal centro di calcolo dei LNF**
    - ⇒ **copia iniziata con l'aiuto di F.Sborzacchi**
  - (uno dei problemi e' la velocita' del collegamento fra il CED di KLOE e il centro di calcolo LNF, che e' solo 1 Gb/s)
  - Teniamo accese tutte le macchine di KLOE per continuare le analisi in corso
- Il buffer dei LNF a un certo punto andra' restituito, dovremo comprare una quantita' equivalente di spazio disco
  - ⇒ 250 TB finanziati lo scorso anno, da comprare entro la fine dell'anno
  - ⇒ disponibilita' del gruppo di Liverpool a contribuire
- **Il Direttore dei LNF ha promesso un Assegno di Ricerca Senior per una persona esperta che si occupi del nostro CED**

P.Gauzzi

CSN1-RM3

8

# KLOE-2 Referee report

---

## Stato dell'esperimento

- Collaborazione ancora attiva nonostante un fisiologico calo di FTE
- Molte analisi ancora in corso
- Appaiono importanti criticità relative al calcolo e alla data preservation
  - Importante attività a LNF fino a questo punto, non più efficiente e sostenibile
  - La collaborazione accoglie l'invito dei referee a iniziare una migrazione delle risorse verso il CNAF
  - **Maggiori dettagli nella presentazione di Benedetto sul referaggio del calcolo non-LHC**
- Le richieste dell'esperimento riflettono la situazione
- Dettagli nella presentazione di Paolo a luglio





Referee Report  
e  
Proposta Assegnazioni per il 2025

CSN1, La Biodola, 9 settembre 2024  
G. Cibirnetto (FE) - B. - S. Giagu (RM1) - A. Perrotta (BO) referee calcolo:  
B. Giacobbe (BO)

# Referaggio calcolo GR1 Esperimenti non-LHC 2025

b.Giacobbe  
July 2024

## Referees concerns and proposed strategy

- Infrastructures show criticality & weakness
  - Person-power dedicated is now absent
- Data must be preserved and analyses completed
- Libraries strategy:
  - D. Cesini provided companies hopefully able to fix the problem with OLD library
    - same companies ensuring maintenance of TIER1 libraries → funding requested
    - Possible alternative: use robotic arm of another library of the same type → to be investigated
  - If fixed, finalize the copy into the NEW library → contract for NEW lib maintenance requested
- **Longer-term strategy that makes KLOE computing model less critical discussed with the experiment and the referees:**
  1. **Gradually move to Tier1:**
    - Copy of all ROOTUPLES to CNAF in order to perform all final analyses @ T1 (allows easy access also to external groups (Liverpool) → rootuple analysis possible on Tier1 processors (not reconstruction of old data)
    - Safety backup of all data into Tier1 TAPE (3.1 PB already available)
  2. keep the NEW library (complete data transfer from OLD lib)
  3. One year to organize next steps depending on OLD/NEW lib evolution

21

# Conclusioni



- **Un articolo pubblicato nel corso dell'ultimo anno:  
Direct tests of T, CP, CPT symmetries in transitions of neutral mesons  
with the KLOE experiment, Phys.Lett.B845(2023)138164**
- **La prioritá e' operare il CED di KLOE in una configurazione sicura**
- **Piani per il 2025:**
  - **Data preservation: completare la produzione di files ROOT per il campione della prima presa dati (dati e MC 2001 – 2006)**
  - **Continuare le analisi in corso**

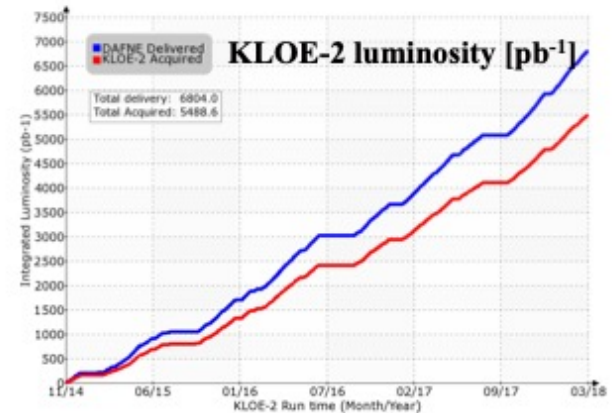
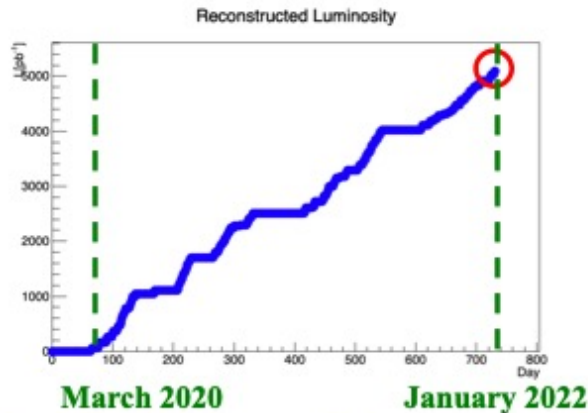
---

# SPARES

# KLOE-2 data



- 2014 – 2018: KLOE-2 data-taking  
⇒ Dati raccolti:  $5.5 \text{ fb}^{-1}$  @  $\sqrt{s} = M_\phi$



- Tutti i dati ricostruiti con la versione finale del software ( $5.1 \text{ fb}^{-1}$ )
- Monte Carlo:
  - Simulazione dei principali decadimenti della  $\phi(1020)$  con Luminosity Scale Factor = 1
  - Campione buono per l'analisi:  $4.7 \text{ fb}^{-1}$

P.Gauzzi

CSN1-RM3

