

Studio di un calorimetro a cristalli di CsI puro letto con MPPC di grande area per l'esperimento Mu2e



101° Congresso SIF Raffaella Donghia LNF e Roma Tre

R.Donghia, 101° Congresso SIF

口 Fermilab

INFN



- Charged Lepton Flavor Violation, CLFV
 - Conversione µ-e nel campo di un nucleo
- Introduzione dell'esperimento Mu2e
 - Apparato sperimentale
 - Detector
- Calorimetro
 - Requisiti
- Test
 - Singoli cristalli
 - Matrice 3x3 @ Beam Test Facility (BTF, LNF)





Mu2e in una pagina



Conversione coerente μ -*e* nel campo di un nucleo

- Stato iniziale: atomo muonico
- Stato finale: elettrone monoenergetico
 E ~ 104.9 MeV
- $\tau(1S) \sim 864 \text{ ns}$

Misura:

- Spettro elettroni
- eccesso all'end point?

Obiettivo (in tre anni di run):

- ~ 10¹⁸ muoni "stoppati"
- Limite rate di conversione $R_{\mu e} < 6 \times 10^{-17}$ 4 ordini superiore al risultato di SINDRUM II

$$R_{\mu e} = \frac{\Gamma(\mu^{-} + A(Z, N) \to e^{-} + A(Z, N))}{\Gamma(\mu^{-} + A(Z, N) \to \nu_{\mu} + A(Z - 1, N))}$$





Apparato sperimentale



Production Solenoid

- Fascio di protoni (8 GeV) urta il bersaglio di tungsteno producendo per lo più pioni
- Campo magnetico a gradiente riflette muoni/pioni verso il TS

Detector Solenoid

- Cattura dei muoni nel bersaglio di alluminio
- Misura dell'impulso e dell'energia nel tracciatore e nel calorimetro



Transport Solenoid

- Selezione di particelle a basso impulso e carica negativa
- Assorbitore di antiprotoni nella sezione centrale



INFN

Il gruppo **Mu2e-Italia** si occupa del calorimetro, necessario per:

- Identificazione delle particelle (reiezione del fondo)
- Aiutare la ricostruzione delle tracce Per far questo deve avere:
 - **Risoluzione in energia** ~ 5% (@100 MeV)
 - **Risoluzione temporale < 0.5 ns (@ 100 MeV)**
 - Risoluzione della posizione di impatto di ~ 1 cm
- Operare in un campo magnetico da 1 T
- Essere resistente alla radiazione 10¹² krad/cristallo, 10¹¹ n/cm² in 3 anni



Calorimetro



CE

DIO



Calorimetro a cristalli

- Due dischi
- 910 cristalli/disco
- Distanza: 70 cm;
- Raggio interno-esterno: 36-67 cm

- Cristalli a faccia quadrata: 3.07 x 3.07 x 20 cm³
- 2 fotosensori per cristallo

Soluzione	Cristallo	Fotosensore
baseline	BaF ₂	APD _{SB}
backup	CsI	SPL MPPC

CsI puro: Light Yield

NFN

MU2e





Uniformità

pendenza del fit lineare sulla LY normalizzata al valore centrale in funzione della distanza sorgente-PMT

Uniformità media ~ 0.5%/cm

Risoluzione temporale

- Raggi cosmici → σ_t@ 22 MeV (energia depositata da una MIP nel cristallo)
 - Readout: SPL MPPC

	Senza grasso	Con grasso
Tyvek	~ 450 ps	~ 335 ps
Teflon	~ 410 ps	~ 330 ps



INFN



Matrice 3 x 3: test @ BTF



- 2 cristalli Opto Material
- 7 cristalli ISMA
- Readout: 12x12 mm² SPL MPPC





- Trigger: coincidenza 2 scintillatori sottili "finger"
- Scan in energia con il fascio centrato nel cristalo centrale
- Laser + raggi cosmici per monitorare la stabilità del sistema

NFN



NFN

- Calibrazione (energia e tempo): fascio a 80 MeV al centro singola cella
- Equalizzazione HW migliore del 10%
- Scala di energia: 52 pC/MeV (simulazione Monte Carlo)
- Guadagno totale = $G_{MPPC} \times G_{amp} = 1 \times 10^7$
- LY ~ 30-35 pe/MeV
- Rumore totale < 150 keV (< 50 keV singola cella)





Risoluzione temporale

NFN





Conclusioni

<u>Test su singoli cristalli</u>

• Buona LY e LRU

100 pe/MeV in air , **140 pe/MeV** con grasso - PMT readout 20-30 pe/MeV in air, **30-40 pe/MeV** con grasso- MPPC readout

 Risoluzione temporale < 300 ps (MIP) utilizzando MPPC di nuova generazione

<u>Test Beam @BTF matrice 3x3 CsI + SPL MPPCs</u>

- **Risoluzione energetica < 7** % @ 100 MeV (leakage)
- Risoluzione temporale ~ 110 ps

Un calorimetro a cristalli di CsI Puro soddisfa i requisiti dell'esperimento!





Grazie per l'attenzione





101° Congresso SIF Raffaella Donghia LNF e Roma Tre

R.Donghia, 101° Congresso SIF







Backup slides





101° Congresso SIF Raffaella Donghia LNF e Roma Tre

R.Donghia, 101° Congresso SIF







DocDb # 864

Csi+MPPC satisfies requirements and provide flexibility on running conditions:

- \rightarrow Provide energy resolution of O(5%) **OK**
- \rightarrow Provide time resolution < 500 ps **OK**
- \rightarrow Provide position resolution < 1 cm OK
- → Photo-sensors survive a neutron fluency of $3x10^{11}$ n_1MeV/cm² OK
- \rightarrow LRU, LY and noise OK
- \rightarrow No significant cooling required
- \rightarrow Possibility to run with/without grease/glue
- → Allows possibility of exchange photosensor in case of large irradiation.