Misura diretta dei momenti di dipolo dei barioni con charm 'fascino' a LHC

Sara Cesare, Università degli studi di Milano e INFN-Milano, in rappresentanza della collaborazione TWOCRYST

Incontri di Fisica delle Alte Energie, Firenze, 3 – 5 Aprile 2024

Misura diretta dei momenti di dipolo dei barioni con charm

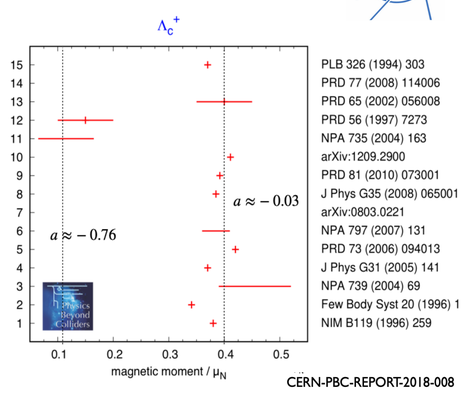
Motivazione fisica

Momento di Dipolo Magnetico (MDM)

- Permette di modellizzare l'interazione forte e studiare la struttura interna dei barioni.
- Sensibilità attesa ~10%

Momento di Dipolo Elettrico (EDM)

- Di una particella elementare viola CPT → nuova sorgente di bariogenesi.
- Misura esplorativa - sensibilità 3×10^{-16} e cm



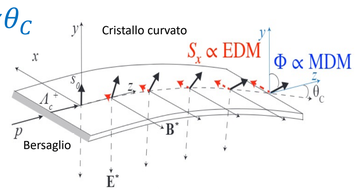
Metodo sperimentale

Precessione dello Spin in cristalli curvati:

- Dovuta al forte campo elettrico presente tra i piani cristallini E ≈ 1 GV/m [3,4]

La distribuzione angolare dei prodotti di decadimento dipende dalla polarizzazione [5,6]:

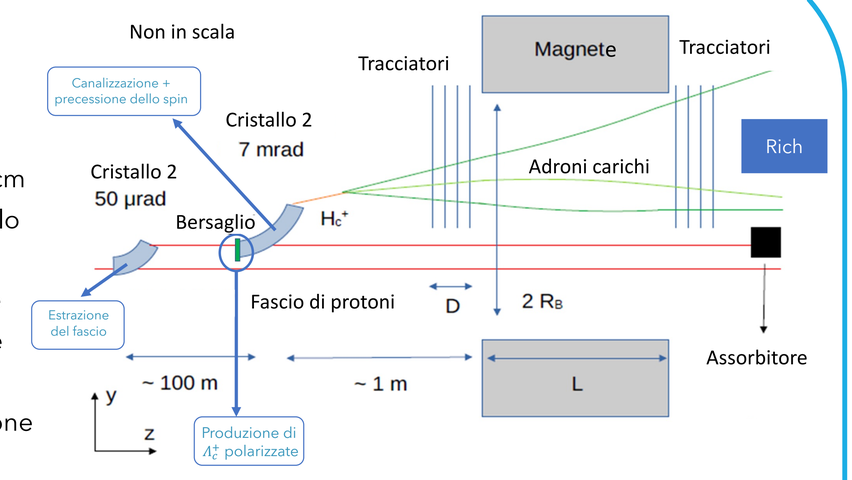
- La precessione dello Spin dipende dal **MDM**: $\Phi \approx \frac{g-2}{2}\gamma\theta_C$ dove θ_C è l'angolo di curvatura
- La componente X del vettore di Spin dopo la precessione dipende dal **EDM**: $s_x \approx s_0 \frac{d}{g-2}(\cos\Phi - 1)$



Esperimento a targhetta fissa a LHC

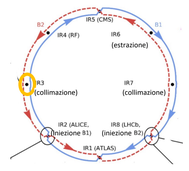
Apparato sperimentale

- Cristallo 1: estrazione dell'alone del fascio di LHC
- Bersaglio di tungsteno – 2 cm
- Cristallo 2: precessione dello spin dei barioni con charm
- Spettrometro: ricostruzione dei barioni con un magnete da 1.9 Tm
- Rivelatore per l'identificazione delle particelle - RICH



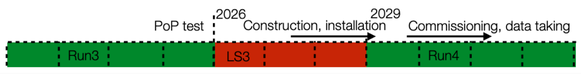
Possibili scenari

1. Esperimento indipendente a IR3 a LHC (nominale)
2. Targhetta in fronte al detector LHCb (riserva)



Linea temporale

- Prova di Principio approvata da LMC per prendere dati nel 2025.
- Revisione in corso da parte del comitato scientifico LHCC
- Lettera d'Interesse sarà presentata a giugno



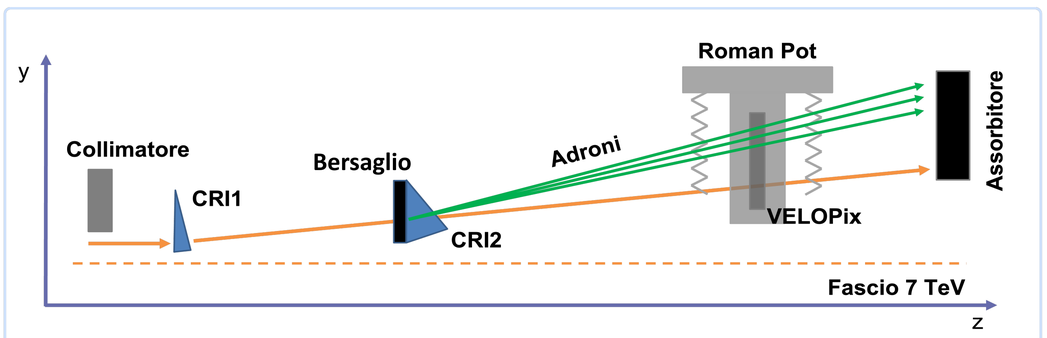
Prova di Principio TWOCRYST a IR3 a LHC

Una prova di principio (PdP), chiamata TWOCRYST, è prevista entro la fine del 2025 a IR3, una delle due regioni di collimazione di LHC.

Obiettivi della PdP

- Controllo della canalizzazione dell'alone del fascio.
- Misura dell'efficienza di canalizzazione per cristalli lunghi alle energie del TeV.
- Studio dell'intensità del fascio di protoni su bersaglio e studio delle criticità.

Apparato sperimentale della PdP



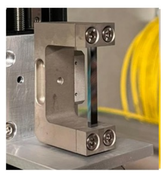
Cristalli curvati

- Cristallo 1 (TCCS) - 50 μrad, 4 mm
- Cristallo 2 (TCCP) - 7 mrad, 7 cm

Testati su fascio a SPS con pioni da 180 GeV per misurare l'efficienza di canalizzazione.

Eff (CRI1) ~ 60%
Eff (CRI2) ~ 16%

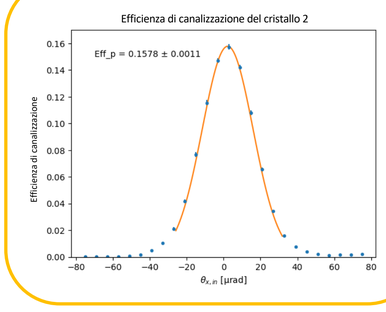
CRI 1



CRI 2

Cortesia di A. Mazzolari, INFN Ferrara

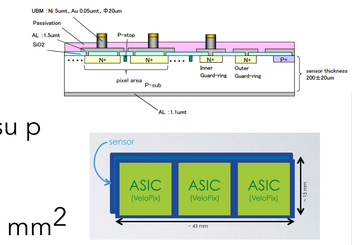
Test su fascio dei cristalli curvati



Sensori al Silicio e ASIC

Sensori HAMAMATSU

- Sensori al silicio di tipo n su p
- Spessore – 200 μm
- Area attiva – 42.57 x 14.08 mm^2
- Tensione massimo 800 V

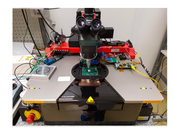


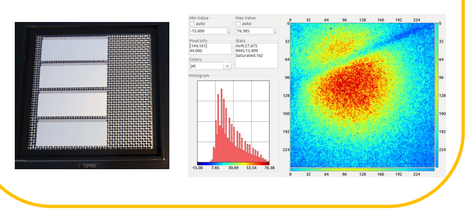
VeloPix ASICs

- 130 nm CMOS, 256 x 256 pixel con passo di 55 μm
- Dimensioni 14.14 x 16.60 mm^2
- Resistenza alla radiazione - 8× 10^{15} 1 MeV n eq/cm^2

Controllo qualità dei sensori

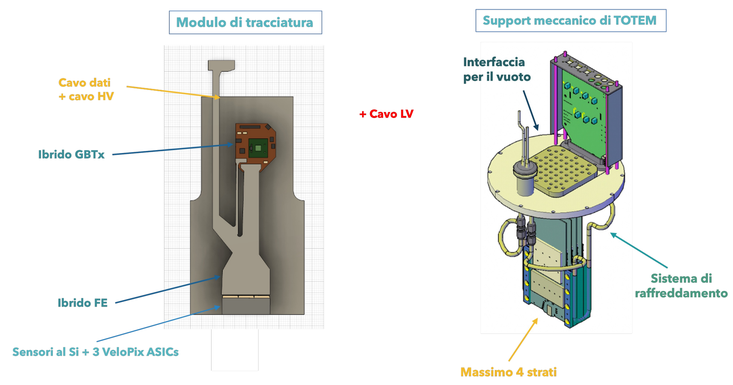
- Alimentazione e verifica dei registri
- Risposta ai comandi TFC
- Matrici ECS e scansione DAC
- Equalizzazione veloce
- Scansione del rumore
- Test con sorgente radioattiva Sr90





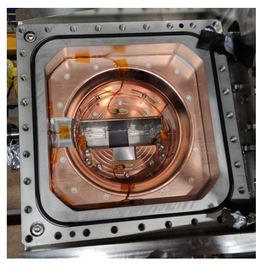
Integrazione meccanica

- Sistema di tracciatura modulare, ogni modulo una tripletta + GBTx
- Supporto meccanico può contenere al più 4 moduli
- Sistema di raffreddamento ad acqua basato su quello dell'esperimento TOTEM di CMS – temperatura 20° C



Roman Pots

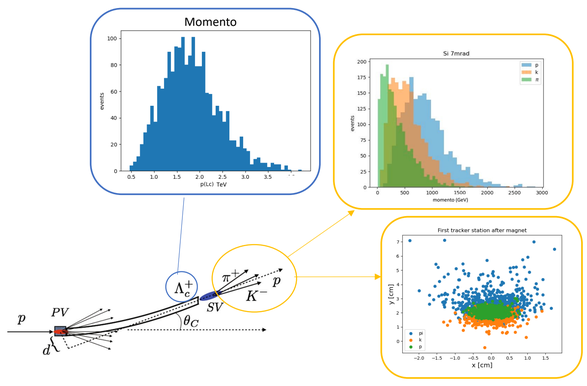
- Permettono di inserire il rivelatore in un vuoto secondario all'interno del tubo dell'acceleratore senza interferire con il fascio
- Possibilità di raggiungere una distanza d < 1 mm dal fascio principale
- 2 stazioni pronte per essere installate – prese in prestito dall'esperimento ALFA di ATLAS



Studi preparatori per l'esperimento a IR3

Cinematica dei barioni prodotti a LHC:

- direzione quasi parallela al fascio originale
- energia > 1 TeV



Specifiche dell'esperimento a targhetta fissa:

- 2 anni di presa dati con flusso di 10^6 p/s
- Spessore del bersaglio di tungsteno - 2 cm
- Luminosità integrata L = 0.9 × 10^{31} cm^{-2}s^{-1}

Possibilità di estendere il programma di misure a:

- Produzione in avanti di mesoni D
- Fotoproduzione di mesoni J/ψ

Spettrometro con accettanza in avanti

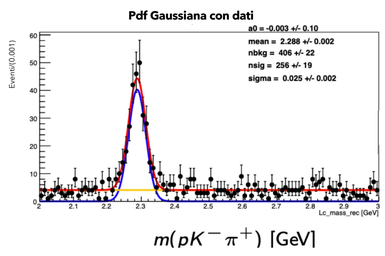
Rivelatore progettato per ricostruire particelle prodotte ad angolo zero.

Pseudorapidità 5 < η < 10

- 4 stazioni Roman Pot, distanza tra le stazioni D = 1m
- 2 - 4 moduli di tracciatori per Roman Pot
- Magnete da 1.9 Tm

Risoluzione necessaria sulla massa invariante del barione Λ_c^+ per discriminare i segnali dagli eventi di fondo: **25 MeV**

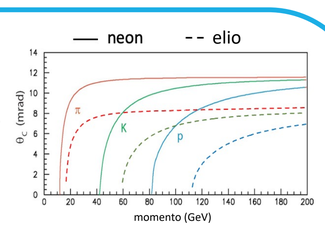
- $\Lambda_c^+ \to p^+K^-\pi^+$ segnale
- $D^+ \to K^-\pi^+\pi^+$ fondo
- $D_s^+ \to K^+K^-\pi^+$ fondo



Rivelatore Cherenkov

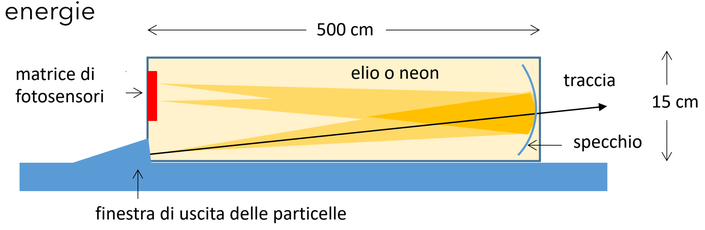
Requisiti:

- Eccellente risoluzione - E > 1TeV
- Dimensioni contenute



Soluzione:

- Fotosensori (SIPM) ad alta granularità e alta efficienza
- Utilizzo di elio o neon per aumentare la risoluzione ad alte energie



Referenze

[1] PDG, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 47 (2020) 010501
[2] A. Dainese et al., CERN-PBC-REPORT-2018-008
[3] V.G. Baryshevsky, Pis'ma Zh. Tekh. Fiz. 5 (1979) 182
[4] A.S. Fomin et al., J. High Energ. Phys. **2017** (2017) 120
[5] F. J. Botella et al., Eur. Phys. J. **C** (2017) 77:181
[6] E. Bagli et al., Eur. Phys. J. **C** (2017) 77:828
[7] D. Mirarchi et al., Eur. Phys. J. **C** 80 (2020) 10:929
[8] W. Scandale et al., , Phys. Lett. **B** 758 (2016) 129:133
[9] S. Aiola et al., Phys. Rev. **D** 103 (2021) 072003.
[10] Bagli, E., Asai, M., Brandt, D. et al. Eur. Phys. J. C 74, 2996 (2014).

S.C. riconosce il sostegno del Consolidator Grant ERC SELDOM G. A. 771642