



# Ricerca di momenti di dipolo elettrico di barioni strani e charm a LHC

Daniele Marangotto (INFN Milano & UNIMI)



## Introduzione

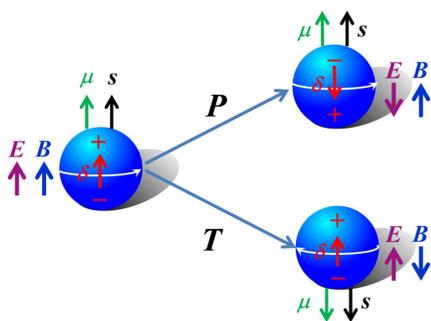
Il **momento di dipolo elettrico**  $\delta$  (MDE) regola l'interazione fra **spin** e **campo elettrico**, come il momento di dipolo magnetico  $\mu$  (MDM) l'interazione fra spin e campo magnetico

$$\delta = d \frac{\mu_B}{\hbar} \mathbf{s} \quad \mu = g \frac{\mu_B}{\hbar} \mathbf{s},$$

tramite l'hamiltoniana

$$\mathcal{H} = -\delta \cdot \mathbf{E} - \mu \cdot \mathbf{B}.$$

Viola le simmetrie di parità ( $P$ ), inversione temporale ( $T$ ) e, assumendo CPT,  $CP$ .



Quantità di **violazione di CP** (CPV) predetta nel modello standard non sufficiente per giustificare l'**asimmetria** fra **materia** ed **antimateria** osservata nell'universo: nuove fonti forse celate in nuova fisica.

Ricerca di MDE in barioni **sensibile direttamente a nuova fisica**:

- MDE praticamente nulli nel modello standard;
- CPV in interazione forte limitata da ricerche di MDE nel neutrone.

**Proponiamo** la ricerca di MDE di **barioni charm** e **strani** presso l'acceleratore LHC [1]:

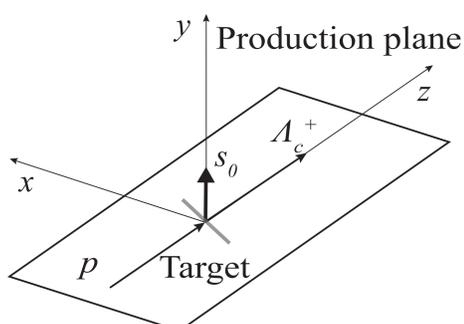
- **Prima misura** su barioni  $\Lambda_c^+$  e  $\Xi_c^+$ ;
- **Miglioramento del limite** sul barione  $\Lambda$  di **due ordini** di grandezza.

Estensione del programma sperimentale corrente su nucleoni, leptoni, nuclei, atomi e molecole.

## Metodo (charm)

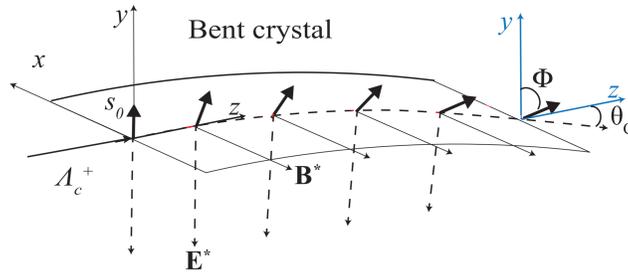
Barioni charm selezionati da interazioni di protoni su **bersaglio fisso**.

**Polarizzazione** perpendicolare al piano  $p - \Lambda_c^+$  per conservazione della parità.



## Metodo (charm)

**Precessione** di spin nell'**intenso campo elettrico** interatomico di un **crystallo curvo**: barioni **canalizzati** fra piani atomici risentono di un campo elettrico medio **non nullo** grazie alla **forza centrifuga**.



Polarizzazione dopo canalizzazione attraverso il crystallo ( $d \ll g$ )

$$\mathbf{s} = s_0 \left( \frac{d}{g-2} (\cos \Phi - 1), \cos \Phi, \sin \Phi \right)$$

$$\Phi \approx \frac{g-2}{2} \gamma \theta_C,$$

misurabile studiando la **distribuzione angolare** dei decadimenti di  $\Lambda_c^+$  e  $\Xi_c^+$ , ad esempio in  $\Delta^{++} (\rightarrow p\pi^+) K^-$ .

MDE produce componente di **polarizzazione**  $s_x$  **ortogonale** al piano di precessione principale  $yz$ , **altrimenti assente**.

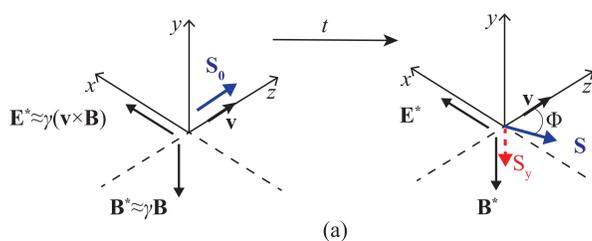
## Metodo (strani)

Ricerca di MDE in barioni strani svolta considerando barioni  $\Lambda$  originati da decadimenti deboli di barioni charm prodotti in **collisioni pp**, con **polarizzazione** prodotta da violazione di parità.

**Precessione** di spin nel **campo magnetico** del **rivelatore LHCb**: per barioni  $\Lambda$  allineati all'asse longitudinale  $z$  di LHCb, con spin  $\mathbf{s}_0 = s_0 \hat{z}$ ,  $\mathbf{B} = B_y \hat{y}$  e assumendo  $d \ll g$

$$\mathbf{s} = s_0 \left( -\sin \Phi, -\frac{d\beta}{g} \sin \Phi, \cos \Phi \right)$$

$$\Phi \approx \frac{g D_y \mu_B}{\beta \hbar c} \quad D_y \equiv \int_0^l B_y dl'$$



LHCb può ricostruire transizioni  $\Lambda \rightarrow p\pi^+$ , misurando la **polarizzazione finale** tramite **analisi angolare** dei barioni decaduti dopo il magnete.

Il MDE causa **polarizzazione ortogonale** al piano principale di precessione, **altrimenti assente**.

## Sensibilità

Frequenza di barioni  $\Lambda_c^+$  prodotti con fascio di protoni su bersaglio fisso

$$\frac{dN_{\Lambda_c^+}}{dt} = \frac{F}{A} \sigma(pp \rightarrow \Lambda_c^+ X) N_T,$$

con  $F, A$  intensità e area del fascio,  $N_T$  numero di nucleoni bersaglio.

Barioni canalizzati nel crystallo e ricostruiti dal rivelatore

$$\frac{dN_{\Lambda_c^+}^{\text{reco}}}{dt} = \frac{dN_{\Lambda_c^+}}{dt} \mathcal{B}(\Lambda_c^+ \rightarrow \Delta^{++} K^-) \epsilon_{\text{TOT}},$$

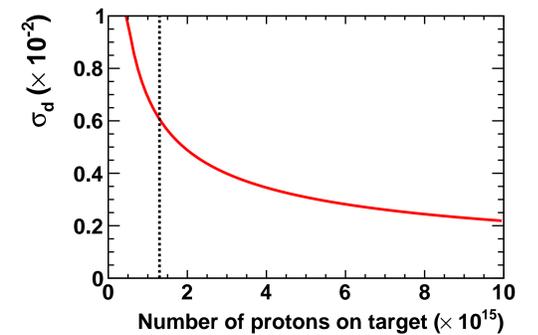
con efficienza  $\approx 10^{-5}$ .

Incertezza dominata dalla statistica

$$\sigma_d \approx \frac{g-2}{\alpha s_0 (\cos \Phi - 1)} \frac{1}{\sqrt{N_{\Lambda_c^+}^{\text{reco}}}}$$

Considerando un mese di presa dati

$$\sigma_\delta(\Lambda_c^+/\Xi_c^+) \approx (1.3/2.0) \times 10^{-17} \text{ e} \cdot \text{cm}$$



Numero di barioni  $\Lambda$  adatti stimato come

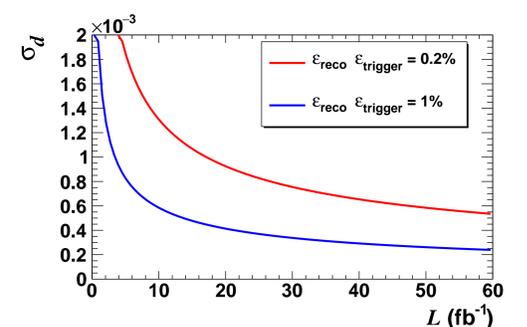
$$N_\Lambda = 2 \mathcal{L} \sigma_{q\bar{q}f}(q \rightarrow H_c) \mathcal{B}(H_c \rightarrow \Lambda X') \mathcal{B}(\Lambda \rightarrow p\pi^-) \mathcal{B}(X' \rightarrow \text{cariche}).$$

Decadimenti di barioni charm  $H_c$  in  $\Lambda$  scelti considerandone probabilità relativa e possibilità di completa ricostruzione, ordine  $10^{11}$  per  $\text{fb}^{-1}$ .

Efficienza di ricostruzione  $\approx 0.16\%$  per rivelatore progettato per terzo run di LHC.

Sensibilità al MDE studiata con pseudoesperimenti: con LHCb aggiornato e  $50 \text{ fb}^{-1}$  di luminosità integrata

$$\sigma_d \approx 3 \times 10^{-4}.$$



## Bibliografia

- [1] F. J. Botella et al., *On the search for the electric dipole moment of strange and charm baryons at LHC*, The European Physical Journal C **77** (2017) 181 doi:10.1140/epjc/s10052-017-4679-y.