

Introduzione

La violazione della simmetria CP è un effetto previsto dal Modello Standard e osservato negli esperimenti di fisica delle particelle in diversi decadimenti. Tuttavia l'entità del valore misurato della violazione di CP non è sufficiente per descrivere l'asimmetria tra materia e anti-materia osservata nell'Universo.

Questo effetto è stato osservato nei mesoni strange, nei mesoni beauty e recentemente all'esperimento LHCb anche nei mesoni charm. Tuttavia non è mai stato osservato nei barioni, in particolare in quelli contenenti un quark charm.

Le misure più precise della violazione di CP nel settore del charm sfruttano decadimenti singolo Cabibbo-soppressi che possono includere contributi di fisica oltre il Modello Standard nei diagrammi a loop. Questi studi risultano quindi estremamente sensibili a possibili effetti di Nuova Fisica.

Questa analisi si occupa della ricerca di violazione di CP nei decadimenti del barione Λ_c^+ con contenuto di quark (udc), sfruttando decadimenti singolo Cabibbo-soppressi.

Strategia di Analisi

- Lo scopo della analisi è la ricerca di asimmetrie di CP nei decadimenti $\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-K^+$ e $\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi^-\pi^+$ definita come

$$A_{CP}(f) = \frac{\Gamma(f) - \Gamma(\bar{f})}{\Gamma(f) + \Gamma(\bar{f})}$$

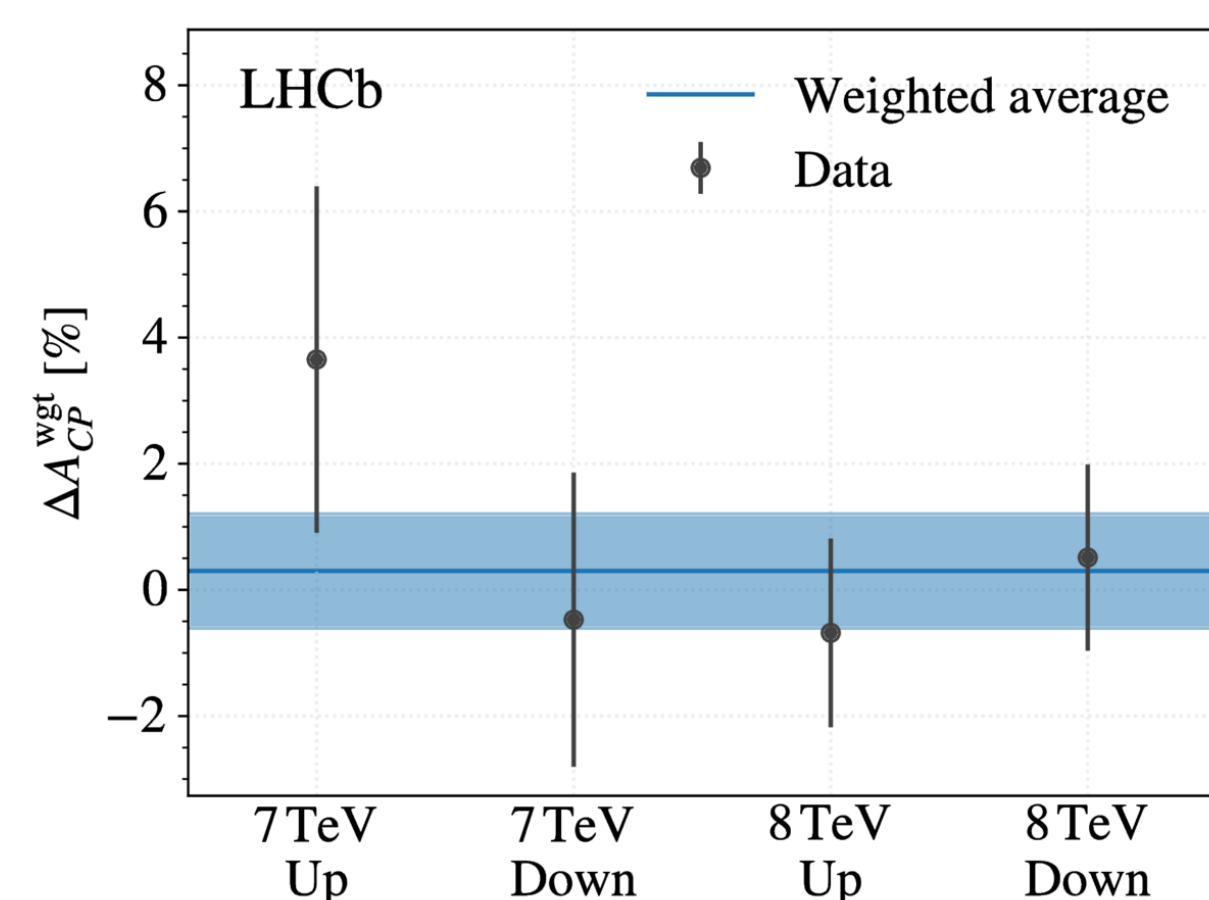
- Per cancellare le asimmetrie non dovute alla violazione di CP si misura $\Delta A_{CP} = A_{CP}(pKK) - A_{CP}(p\pi\pi)$ poiché ciò permette di eliminare effetti strumentali.
- Per assicurare una corretta cancellazione di questi effetti, che possono dipendere dalla cinematica delle particelle coinvolte si applica un ripesaggio al campione $\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi\pi$ per far combaciare le distribuzioni cinematiche di protone e Λ_c tra i due canali.
- Per estrarre ΔA_{CP} , tramite un fit simultaneo si può misurare A_{raw} , ovvero la asimmetria di eventi ricostruiti di Λ_c^+ e $\bar{\Lambda}_c^-$, che, nel caso di asimmetrie strumentali piccole, può essere espansa come

$$A_{raw} \simeq A_{CP} + A_p(\Lambda_c) + A_p(p)$$

- I dati analizzati, raccolti da LHCb durante il Run 2, sono selezionati per ottimizzare il rapporto segnale-fondo attraverso un algoritmo con tagli e attraverso l'allenamento e l'applicazione di un algoritmo BDT.
- I campioni dei diversi anni e polarità sono ulteriormente divisi in campione TIS (Trigger Independent of Signal, in cui le tracce del segnale non sono legate al trigger dell'evento) e TOS (Trigger On Signal, dove le tracce del segnale hanno trincerato l'evento) a causa dei differenti effetti strumentali introdotti dal trigger LO. L'analisi è svolta in maniera indipendente su entrambi i campioni.

Risultati del Run 1 [1]

- Misura effettuata con i dati raccolti da LHCb durante il Run 1 nel 2011 e nel 2012.
- Strategia simile a quella proposta per la misura del Run 2 con i decadimenti $\Lambda_c^+ \rightarrow pKK$ e $\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi\pi$ selezionati da decadimenti semi-leptonici di $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+\mu^-X$.
- Incertezza dominata dalla incertezza statistica.



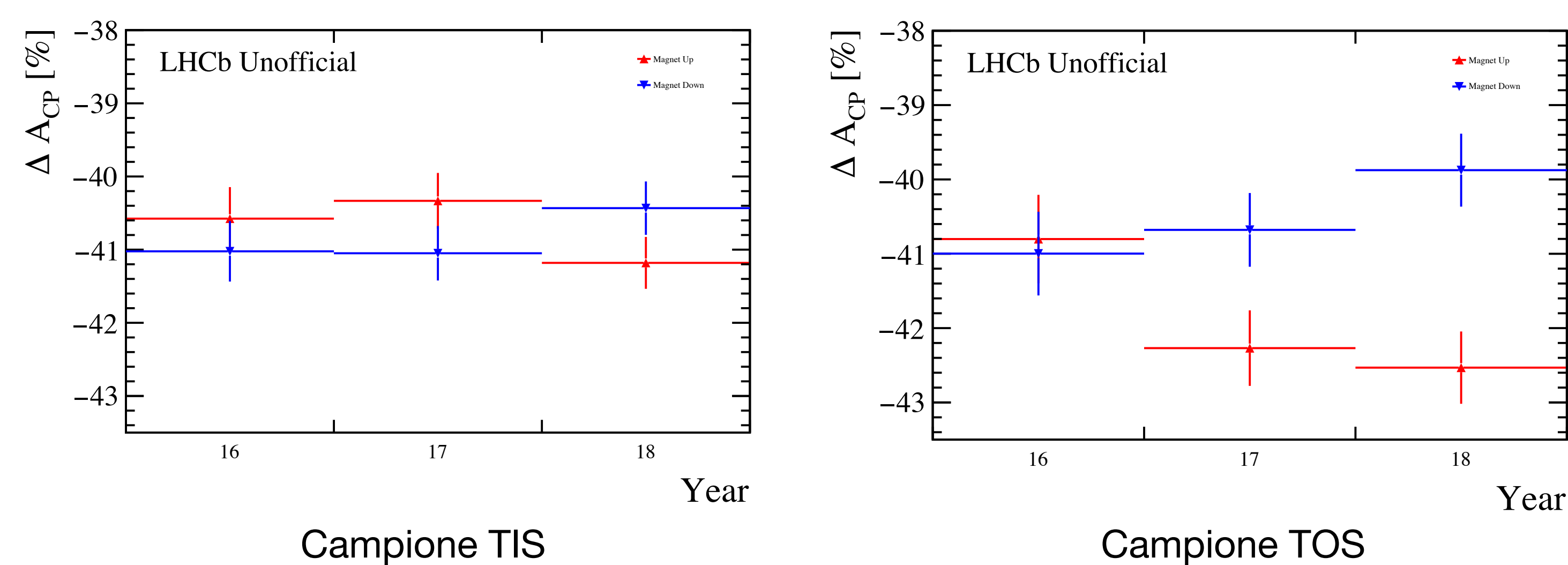
$$\Delta A_{CP}^{wgt} = (0.30 \pm 0.91 \pm 0.61) \%$$

Risultati Preliminari del Run 2

Lavoro in corso



- I risultati preliminari di ΔA_{CP} sono riportati nei diversi casi, il cui valore centrale è stato blindato.



- Nel campione TOS vi è una tensione negli anni 2017 e 2018 tra le due polarità del magnete, dovuto ad un effetto strumentale del trigger dovuto alla correlazione tra tracce con la stessa carica nel calorimetro, attualmente sotto studio.
- Le incertezze statistiche risultano molto minori rispetto alla misura svolta nel Run 1 e sono compresi tra 0.35% e 0.6% a seconda del caso selezionato.

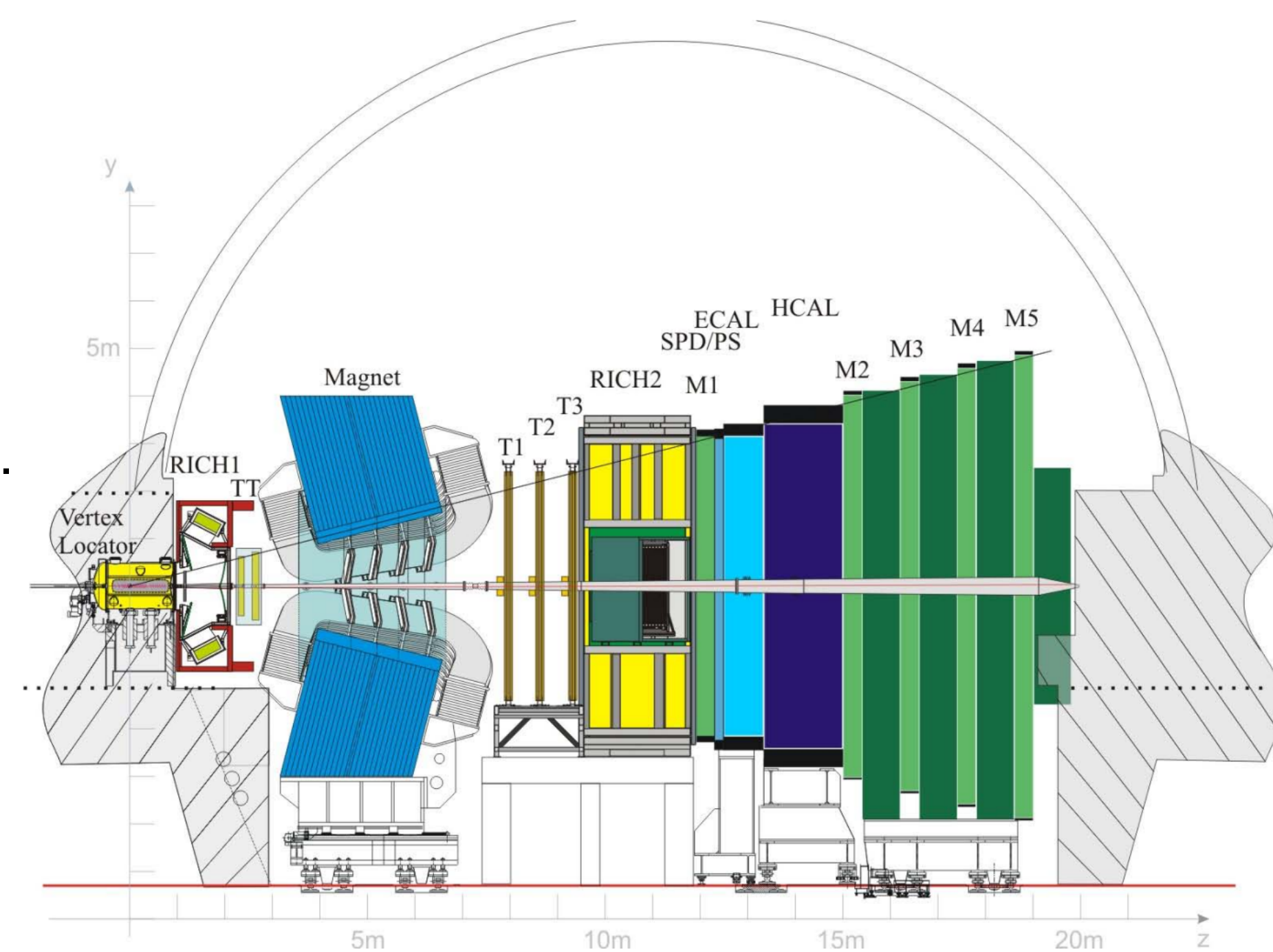
- Le stime delle incertezze sistematiche preliminari sono molto inferiori a quelle statistiche.
- Attualmente sono stati analizzati solamente i dati di Λ_c^+ prodotti direttamente dall'interazione protone-protone ma verranno presto inclusi nell'analisi anche i dati di Λ_c^+ prodotti dai decadimenti $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+\mu^-X$ riducendo ulteriormente le incertezze statistiche della misura.

Bibliografia

- [1] A measurement of the CP asymmetry difference in $\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-K^+$ and $p\pi^-\pi^+$ decays. LHCb Collaboration. JHEP 03 (2018) 182 arXiv:1712.07051v2
- [2] A search for CP violation in $\Lambda_b^0 \rightarrow pK^-$ and $\Lambda_b^0 \rightarrow p\pi^-$ decays. LHCb Collaboration. Phys. Lett. B 787 (2018) 124-133 arXiv:1807.06544v2

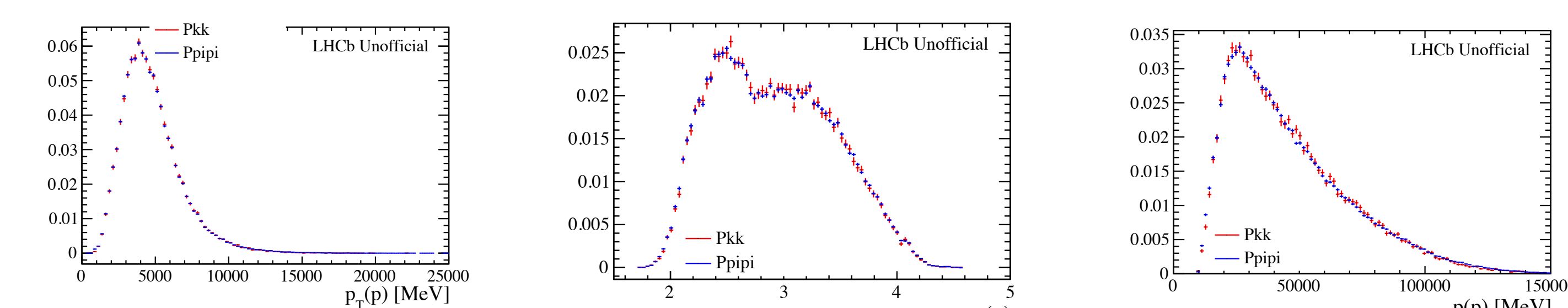
L'esperimento LHCb

- Uno dei quattro esperimenti principali ad LHC.
- Spettrometro nella regione $2 < \eta < 5$ di pseudo-rapidità.
- Specializzato nella fisica del sapore e dei quark pesanti.



Strategia di Ripesaggio e Modello di Fit

- Il ripesaggio è effettuato con un procedimento iterativo sulle variabili P_T, η, ϕ di Λ_c e protone in questo ordine.
- Il ripesaggio è svolto in maniera indipendente nei campioni TIS e TOS.



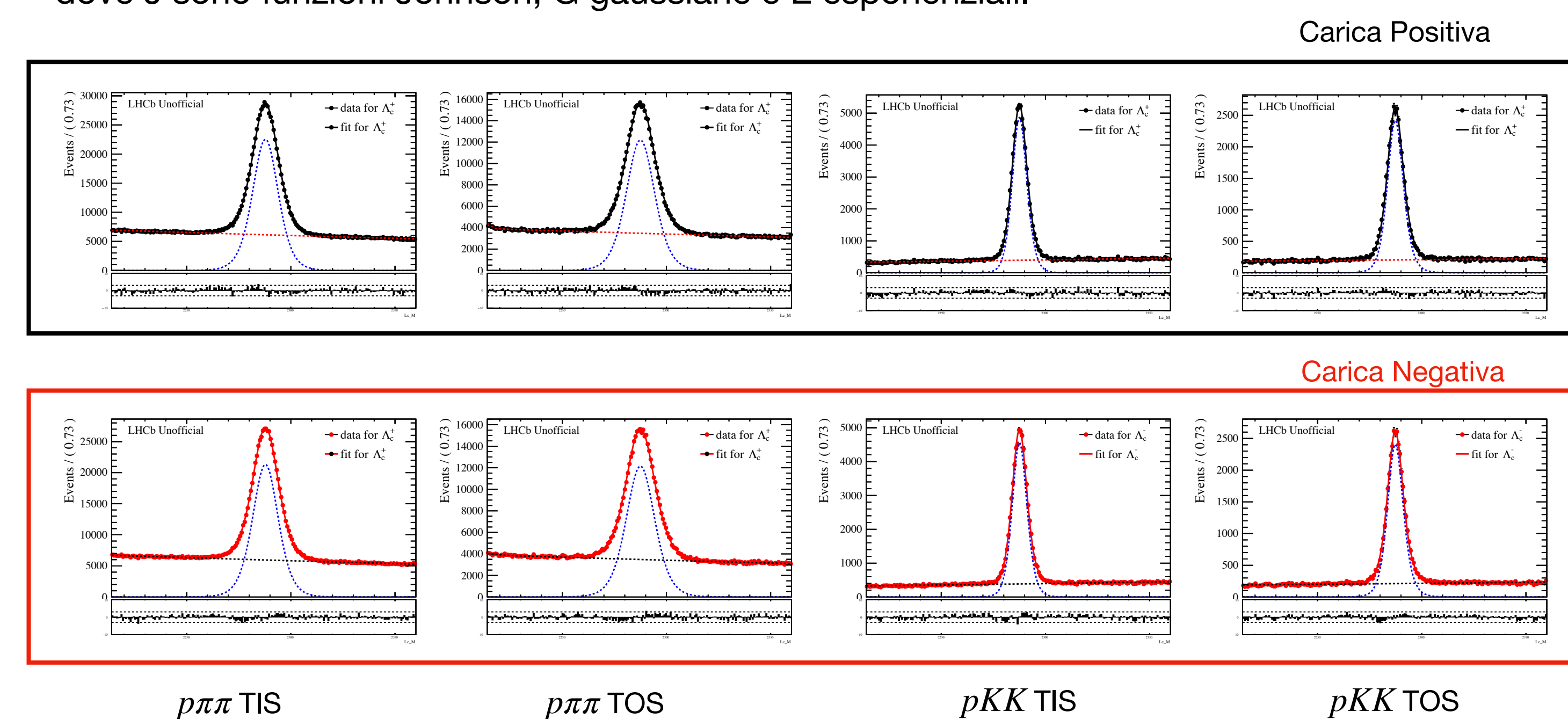
Esempio di distribuzioni cinematiche dopo 30 iterazioni della procedura di ripesaggio nel campione TOS 2018.

- Il fit di massa invariante viene effettuato simultaneamente su entrambe le cariche in maniera indipendente sui campioni TIS e TOS, divisi per anno e polarità del magnete, su entrambi i canali.

- Il modello di fit è definito come

$$f(M) = \frac{1}{2}n_{segnale}[(1 + A_{raw})(a \cdot J_+ + (1 - a)G_+) + (1 - A_{raw})(a \cdot J_- + (1 - a)G_-)] + \frac{1}{2}n_{fondo}[(1 + A_{fondo})(E_+) + (1 - A_{fondo})(E_-)],$$

dove J sono funzioni Johnson, G gaussiane e E esponenziali.



Esempi di fit di massa invariante per i due canali $p\pi\pi$ e pKK nel 2018 per la polarità di magnete Down. I fit sono divisi per carica (in nero Λ_c^+ e in rosso $\bar{\Lambda}_c^-$), e per trigger.

Studi Sistemati

- Diversi studi sistematici sono stati effettuati per stimare eventuali effetti strumentali non considerati.
- In particolare, per assicurarsi che una eventuale asimmetria di rivelazione dovuta alla coppia h^-h^+ sia trascurabile si è impiegato il canale di controllo $\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$.
- Due metodi diversi sono stati applicati per misurare l'asimmetria di rivelazione.

Metodo data-driven
Tramite un ulteriore ripesaggio del canale di controllo sulle distribuzioni cinematiche degli adroni carichi dei canali di segnale è possibile estrarre l'asimmetria di rivelazione risultando in

$$A_D(KK) = (0.006 \pm 0.057) \%,$$

$$A_D(\pi\pi) = (0.019 \pm 0.061) \%$$

Metodo tabelle di asimmetrie
In una analisi precedente [2] sono state misurate le asimmetrie di rivelazione del singolo adrone in funzione del momento. Mappando il momento degli adroni del segnale e applicando la tecnica degli sPlot per ridurre il fondo è possibile misurare la asimmetria di rivelazione della coppia di adroni che risultano

$$A_D(KK) = (0.0046 \pm 0.0041) \%,$$

$$A_D(\pi\pi) = (0.0032 \pm 0.0033) \%$$

- Entrambi i metodi dimostrano che queste asimmetrie sono trascurabili poiché compatibili con zero e con incertezze molto minori delle incertezze statistiche.

Conclusioni e Prospetti Futuri

- L'analisi risulta in buono stato, nonostante una tensione nel campione TOS negli anni 2017 e 2018, legata ad una correlazione tra tracce dello stesso segno nel calorimetro, attualmente sotto studio.
- La precisione statistica combinando i campioni risulta al per-mille e migliora notevolmente l'incertezza della misura precedente.
- L'incertezza sistematica, utilizzando l'approccio più conservativo è stimata ad un ordine di grandezza inferiore rispetto a quella statistica.
- In futuro, si prevede di includere anche il campione di dati semi-leptonici incrementando ulteriormente il potere statistico della misura.