

101° Congresso SIF

25/09/2015

Motivazioni fisiche

- Testare meccanismo CKM anche nei barioni Violazione di *CP* (*CPV*) mai osservata in decadimenti barionici
- Sensibile ad effetti di nuova fisica: nuove particelle possono contribuire nei diagrammi a loop
 Phys.Rev. D66 (2002) 094004
- Interferenza non trascurabile tra il diagramma ad albero e a pinguino



Tecnica sperimentale

Definizione di una osservabile \hat{T} -dispari $\hat{T}: t \rightarrow -t$





Asimmetrie T-dispari

Asimmetrie

Misuriamo due asimmetrie separatamente per particelle e antiparticelle

$$A_{\hat{T}} = \frac{N(C_T > 0) - N(C_T < 0)}{N(C_T > 0) + N(C_T < 0)} \quad \text{per } \Lambda_b^0, \Xi_b^0$$
$$\overline{A}_{\hat{T}} = \frac{N(-\overline{C}_T > 0) - N(-\overline{C}_T < 0)}{N(-\overline{C}_T > 0) + N(-\overline{C}_T < 0)} \quad \text{per } \overline{\Lambda}_b^0, \overline{\Xi}_b^0$$

Osservabile sensibile a violazione di CP: cancella le interazioni di stato finale

$$a_{CP}^{\hat{T}-odd} = \frac{1}{2} (A_{\hat{T}} - \overline{A}_{\hat{T}})$$

Phys.Rev. D84 (2011) 096013

Insensibile ad asimmetrie di produzione Λ_b^0/Λ_b^0 Insensibile ad asimmetrie di ricostruzione h^+/h^-

incertezze sistematiche ridotte



Selezione

Topologia del decadimento





Selezione

Topologia del decadimento



Variabili discriminanti

Classificatore Multivariato

Output del classificatore multivariato



TMVA overtraining check for classifier: BDTDA



Ottimizzazione della significatività $\frac{S}{\sqrt{(S+B)}}$

- Efficienza segnale ~90%
- Reiezione fondo ~90%

Output del classificatore

Prime osservazioni









Fit di massa

Misura delle asimmetrie





Distribuzione del segnale nello spazio delle fasi



Ricerca di CPV nello spazio delle fasi

Variabili usate per parametrizzare lo spazio delle fasi:

• $m^2(ph^-)$, $m^2(h^+h^-)$, $\cos(\theta_1)$, $\cos(\theta_2)$, ϕ





Incertezze sistematiche

Bias sperimentale $\begin{aligned} \Delta a_{CP}^{\hat{T} \text{-odd}} \sim 0.3\% \\ \Delta A_{\hat{T}}, \Delta \overline{A}_{\hat{T}} \sim 0.4\% \end{aligned}$ Stimato dal campione di controllo $\Lambda_b^0 \to \Lambda_c^- (\to pK^-\pi^+)\pi^- \text{ con } \sim 114 \text{ k}$ eventi Cabibbo favorito $\longrightarrow CPV$ trascurabile **Risoluzione su C** T $\Delta a_{CP}^{\hat{T}\text{-odd}} \sim 0.05\%$ $\Delta A_{\hat{\tau}}, \Delta \overline{A}_{\hat{\tau}} \sim 0.05\%$ La risoluzione finita su C_T può indurre migrazione tra le categorie di fit $C_T>0$ e $C_T<0$ \longrightarrow stimato da MC **Modello di fit** $\begin{aligned} \Delta a_{CP}^{\hat{T} \text{-odd}} \sim 0.05 - 0.2\% \\ \Delta A_{\hat{T}}, \Delta \overline{A}_{\hat{T}} \sim 0.1 - 1\% \end{aligned}$ Stimato con pseudoesperimenti simulati e utilizzando modelli alternativi di fit per segnale e fondo



Incertezze sistematiche

Andrea Merli – Ricerca di CPV in $\Lambda_b^0 e \Xi_b^0 \mid 25/09/2015$ 10

Risultati

Prima osservazione di decadimenti senza quark "charm" per Λ_b^0 e Ξ_b^0 in 4 corpi Sensibilità a *CPV*

Decay	$A_{\widehat{T}}$ (%)	$ar{A}_{\widehat{T}}$ (%)	$a_{C\!P}^{\widehat{T}-\mathrm{odd}}$ (%)	
$\Lambda^0_b \!\rightarrow p K^- \pi^+ \pi^-$	$x.x \pm 1.12_{\rm stat} \pm 0.44_{\rm syst}$	$x.x \pm 1.18_{ m stat} \pm 0.44_{ m syst}$	$x.x\pm0.81_{\rm stat}\pm0.31_{\rm syst}$	_
$\Lambda_b^0 ightarrow p K^- K^+ K^-$	$x.x\pm2.10_{\rm stat}\pm0.47_{\rm syst}$	$x.x\pm2.14_{\rm stat}\pm0.45_{\rm syst}$	$x.x\pm1.50_{\rm stat}\pm0.32_{\rm syst}$	
$\Lambda^0_b ightarrow p \pi^- \pi^+ \pi^-$	$x.x\pm2.06_{\rm stat}\pm0.45_{\rm syst}$	$x.x\pm2.06_{\rm stat}\pm0.44_{\rm syst}$	$x.x\pm1.45_{\rm stat}\pm0.32_{\rm syst}$	\Leftarrow
$\Lambda^0_b ightarrow p K^+ K^- \pi^-$	$x.x\pm6.78_{\rm stat}\pm0.85_{\rm syst}$	$x.x\pm6.08_{\rm stat}\pm0.52_{\rm syst}$	$x.x \pm 4.55_{\rm stat} \pm 0.42_{\rm syst}$	\leftarrow
$arepsilon_b^0 ightarrow p K^- K^- \pi^+$	$x.x\pm7.46_{\rm stat}\pm0.47_{\rm syst}$	$x.x\pm6.83_{\rm stat}\pm0.60_{\rm syst}$	$x.x\pm5.06_{\rm stat}\pm0.39_{\rm syst}$	

 \Leftarrow : potenziali effetti di *CPV* aspettati nel Modello Standard

- Misura più sensibile a *CPV* nei barioni pesanti ad oggi
- Misura limitata dalla statistica promettente per il futuro



Grazie per l'attenzione





Back-up



Andrea Merli – Ricerca di CPV in $\Lambda_b^0 e \Xi_b^0 | 25/09/2015$

Parametrizzazione del modello di fit



Andrea Merli – Ricerca di CPV in $\Lambda_{k}^{0} \in \Xi_{k}^{0}$ | 25/09/2015

Fit di massa

Parametrizzazione del segnale

Somma di due Crystal Ball

 $pdf_{sig} = f \cdot CB^+(x;\mu,\sigma,\alpha^+,n^+) + (1-f) \cdot CB^-(x;\mu,\sigma,\alpha^-,n^-)$

$$CB(x;\mu,\sigma,\alpha,n) = N \cdot \begin{cases} \frac{\left(\frac{n}{|\alpha|}\right)^{n} e^{-\frac{1}{2}\alpha^{2}}}{\left(\frac{n}{|\alpha|} - |\alpha| - \frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{n}} & x < -|\alpha| \\ e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{2}} & x > -|\alpha| \end{cases}$$



Modello

Distribuzione del segnale nello spazio delle fasi





Andrea Merli – Ricerca di CPV in $\Lambda_h^0 e \Xi_h^0 \mid 25/09/2015$

3

 $\Lambda^0_h \rightarrow N(1520)(\rightarrow p\pi^-)K^{*0}(\rightarrow K^-\pi^+)$

associata di risonanze

LHCb Unofficial

5

 $m(p\pi^{-})$ GeV/c²

5

$\Lambda_{h}^{0} \rightarrow \Lambda_{c}^{+} (\rightarrow pK^{-}\pi^{+})\pi^{-}$ control sample



$\Lambda_{h}^{0} \rightarrow \Lambda_{c}^{+} (\rightarrow p K^{-} \pi^{+}) \pi^{-}$ control sample

Asimmetrie integrate nello spazio delle fasi:

$$A_{T} = (-0.10 \pm 0.43)\%$$
$$\overline{A}_{T} = (-0.41 \pm 0.44)\%$$
$$a_{CP}^{T \text{-odd}} = (-0.15 \pm 0.31)\%$$

Asimmetrie in bin dello spazio delle fasi:



$\Lambda_b^0 \to \Lambda_c^+ (\to p K^- \pi^+) \pi^-$ control sample

PID cuts	Ι	II	III	IV	V(nominal cut)
$\operatorname{ProbNN}p(p) \cdot (1 - \operatorname{ProbNN}K(p)) \cdot (1 - \operatorname{ProbNN}\pi(p))$		> 0.2	> 0.2	> 0.3	> 0.2
$\operatorname{ProbNN}K(K) \cdot (1 - \operatorname{ProbNN}\pi(K)) \cdot (1 - \operatorname{ProbNN}p(K)) \cdot (1 - \operatorname{ProbNN}\mu(K))$		> 0.0	> 0.1	> 0.3	> 0.1
$\text{ProbNN}\pi(\pi) \cdot (1-\text{ProbNN}K(\pi)) \cdot (1-\text{ProbNN}p(\pi)) \cdot (1-\text{ProbNN}\mu(\pi))$		> 0.1	> 0.0	> 0.3	> 0.1



Controlli

Stabilità del risultato

per anno & polarità del magnete

per periodi entro i maggiori stop tecnici





Efficienza di ricostruzione del segnale (MC)





Efficienza di ricostruzione del segnale (control sample)





Esperimento LHCb

- Collisioni *pp* a 7-8 TeV
- Esperimento dedicato alla fisica dei sapori pesanti (*CPV*, decadimenti rari, spettroscopia):
 - Accettanza LHCb/1fb⁻¹ a 7 Tev:
 - 10¹¹ coppie $b\overline{b}: \sigma(pp \rightarrow b\overline{b}X) = (75.3 \pm 14.0)\mu b$
 - 10¹² coppie $c\overline{c}$: $\sigma(pp \rightarrow c\overline{c}X) = (1.23 \pm 0.19)mb$
- Grande produzione di barioni pesanti con quark *b*



Diventano possibili misure di precisione sui barioni













Sistema di identificazione di particelle



Sistema di identificazione di particelle















