

Misura del $BR(B_s^0 \rightarrow D_s^\mp K^\pm)/BR(B_s^0 \rightarrow D_s^\mp \pi^\pm)$ e del
 $BR(B_s^0 \rightarrow D_s^{*\mp} K^\pm)/BR(B_s^0 \rightarrow D_s^{*\mp} \pi^\pm)$ a LHCb

Anna Lupato

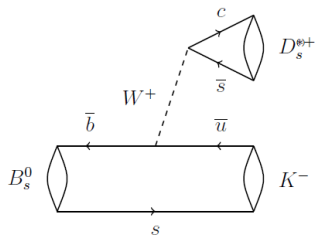
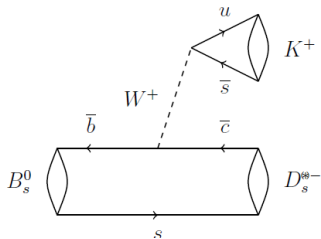
on behalf of the LHCb collaboration

IFAE 2015
Roma, 9 Aprile 2015



- Le misure delle ampiezze di decadimento del $B_s^0 \rightarrow D_s K$ e $B_s^0 \rightarrow D_s^* K$ sono di grande interesse in quanto, attraverso un'analisi dipendente dal tempo, permettono di effettuare una misura della fase debole γ .
- γ è il parametro della matrice CKM determinato con minor precisione:

$$\gamma = \arg [-(V_{ud} V_{ub}^*) / (V_{cd} V_{cb}^*)]$$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^{(*)} K$ è un processo a livello albero \Rightarrow calcoli teorici semplificati
- La sensibilità a γ dei decadimento $B_s^0 \rightarrow D_s^{(*)} K$ è una conseguenza della violazione CP nell'interferenza tra le ampiezze di mixing e decadimento.



$B_s^0 \rightarrow D_s h$ ($h = K, \pi$)

- **Dati analizzati:** Set di dati raccolti fino al 2012, corrispondente a 3fb^{-1} di collisioni pp registrate tramite il rivelatore LHCb.
- **Decadimento selezionato:** $B_s^0 \rightarrow D_s K(\pi) \Rightarrow D_s \rightarrow KK\pi$ $BF = 5\%$

$B_s^0 \rightarrow D_s K$: Fondi Risonanti

Contributi parzialmente ricostruiti:

- $B_s^0 \rightarrow D_s K^*$ ($K^* \rightarrow K\pi^0$)
- $B_s^0 \rightarrow D_s^* K$ ($D_s^* \rightarrow D_s \gamma$)
- $B_s^0 \rightarrow D_s^* \rho$ ($D_s^* \rightarrow D_s \gamma, \rho \rightarrow \pi^0 \pi$)
- $B_s^0 \rightarrow D_s \rho$ ($\rho \rightarrow \pi^0 \pi$)
- $\Lambda_b \rightarrow D_s^* p$

Contributi identificati erroneamente:

- $B_s^0 \rightarrow D_s \pi$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi$
- $B_s^0 \rightarrow D_s K$
- $B_d^0 \rightarrow DK$
- $\Lambda_b \rightarrow D_s p$
- $\Lambda_b \rightarrow D_s^* p$

Contributi completamente ricostruiti:

- $B_d^0 \rightarrow D_s K$

$B_s^0 \rightarrow D_s \pi$: Fondi Risonanti

Contributi parzialmente ricostruiti:

- $B_s^0 \rightarrow D_s \rho$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi$

Contributi identificati erroneamente:

- $\Lambda_b \rightarrow \Lambda_c \pi$
- $B_d^0 \rightarrow D \pi$

Contributi completamente ricostruiti:

- $B_d^0 \rightarrow D_s \pi$

Fondo Combinatorio

- *combinazione casuale di tracce che accidentalmente formano un candidato $D_s K(\pi)$*

Sono stati applicati i seguenti criteri di selezione:

Tagli cinematici

- D_s mass region:
 $1944 < M(D_s) < 1990 \text{ MeV}/c^2$
- B_s mass region:
 $5000 < M(B_s^0) < 5800 \text{ MeV}/c^2$
- Tagli sul p_T e sulla pseudorapidità per selezionare candidati B_s nell'accettazione del rivelatore

Tagli di PID (Particle IDentification)

I tagli di PIDK permettono di identificare la probabilità dei prodotti di decadimento di essere o non essere K

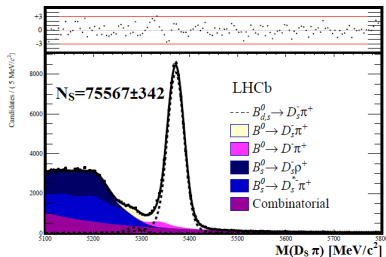
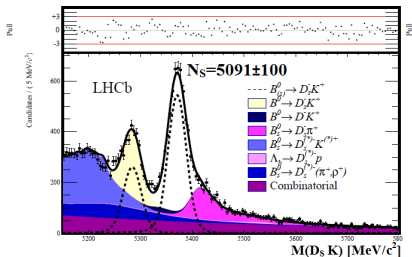
Veto Λ_b

Veto applicato per ridurre il contributo del processo $\Lambda_b \rightarrow \Lambda_c \pi \Rightarrow \Lambda_c \rightarrow p K \pi$ a seguito dalla identificazione erronea di un protone nel RICH

BDT

Per migliorare il rapporto S/B è usata una tecnica di selezione multivariata \Rightarrow Boosted Decision Tree

$B_s^0 \rightarrow D_s h$ ($h = K, \pi$): Fit alla massa invariante



Fit

- *Andamento del segnale: doppia Crystal Ball*
- *Andamento del fondo combinatorio ottenuto dallo studio di un campione formato da eventi $D_s^\pm K^\pm$*
- *Andamento degli altri fondi fissato studiando campioni MC*

Rapporto di decadimento

$$\bullet R = \left[\frac{BF(B_s^0 \rightarrow D_s K)}{BF(B_s^0 \rightarrow D_s \pi)} \right] =$$

$$\frac{n^{obs}(B_s^0 \rightarrow D_s K)}{n^{obs}(B_s^0 \rightarrow D_s \pi)} \frac{\epsilon(B_s^0 \rightarrow D_s \pi)}{\epsilon(B_s^0 \rightarrow D_s K)}$$

con n^{obs} , numero eventi osservati; ϵ , efficienza di selezione

$$\bullet R = \left[\frac{BF(B_s^0 \rightarrow D_s K)}{BF(B_s^0 \rightarrow D_s \pi)} \right] =$$

$$0.0752 \pm 0.0015(stat.) \pm 0.0019(syst)$$

[arXiv:1412.7654]

$$B_s^0 \rightarrow D_s^* h \quad (h = K, \pi)$$

- **Dati analizzati:** Set di dati raccolti fino al 2012, corrispondente a 3fb^{-1} di collisioni pp registrate tramite il rivelatore LHCb.
- **Decadimento selezionato:** $B_s^0 \rightarrow D_s^* K(\pi) \Rightarrow \begin{array}{ll} D_s^* \rightarrow D_s \gamma & \text{BF} = 94\% \\ D_s \rightarrow KK\pi & \text{BF} = 5\% \end{array}$

$B_s^0 \rightarrow D_s^* K$: Fondi risonanti

Contributi parzialmente ricostruiti:

- $B_{s,d}^0 \rightarrow D_s K^* (K^* \rightarrow K\pi^0 (\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma))$
- $B_{s,d}^0 \rightarrow D_s^* K^*$
- $B_s^0 \rightarrow D_s^* \rho (\rho \rightarrow \pi^0 \pi (\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma))$
- $B_s^0 \rightarrow D_s \rho$

Contributi identificati erroneamente:

- $B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi$

Contributi completamente ricostruiti:

- $B_d^0 \rightarrow D_s^* K$

$B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi$: Fondi risonanti

Contributi parzialmente ricostruiti:

- $B_s^0 \rightarrow D_s^* \rho (\rho \rightarrow \pi^0 \pi (\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma))$
- $B_s^0 \rightarrow D_s \rho$

Fondo combinatorio

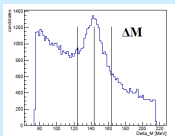
B_s^0 formati da D_s veri e random K (o π), e random o falsi γ

$B_s^0 \rightarrow D_s^* h$ ($h = K, \pi$): Selezione degli eventi

Sono stati applicati i seguenti criteri di selezione:

Tagli cinematici

- B_s^0 vincolati a provenire dal vertice primario ed ad avere vita media $> 0.2ps$
- γ ben ricostruiti nel calorimetro
- $1950 < M(D_s) < 1990 MeV/c^2$
- $5100 < M(B_s^0) < 6000 MeV/c^2$:
- tagli mirati a rimuovere candidati eventi di segnale da $B_s^0 \rightarrow D_s K(\pi)$ e falsi o random γ
- $\Delta M = M(D_s^*) - M(D_s)$
 $124 < \Delta M < 164 MeV/c^2$:



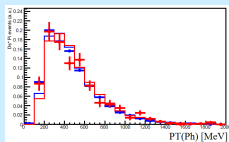
- $\Delta R = \sqrt{(\eta(D_s) - \eta(\gamma))^2 - (\phi(D_s) - \phi(\gamma))^2}$
 ϕ l'angolo azimutale, η pseudorapidità
 $\Delta R < 1$

Tagli di PID e BDT

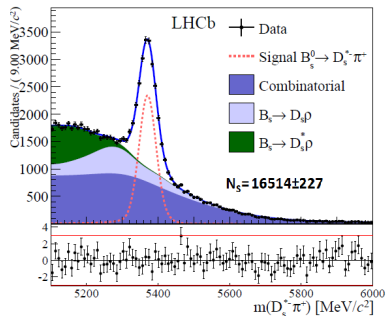
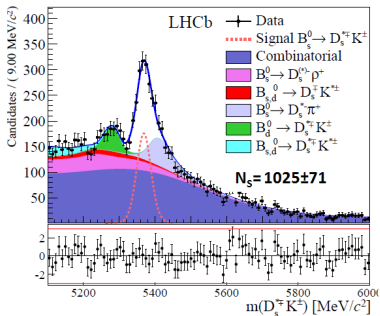
PID: per distinguere K e π
BDT: per migliorare il rapporto S/B

Accordo dati-MC

per migliorare l'accordo tra dati e MC, la distribuzione in $p_T(\gamma)$ è stata ripesata utilizzando gli sWeight estratti dal fit alla massa invariante:



$B_s^0 \rightarrow D_s^* h$ ($h = K, \pi$): Fit alla massa invariante



Fit

- *Andamento del segnale: doppia Crystal Ball*
- *Andamento del fondo combinatorio ottenuto dallo studio delle sideband di ΔM*
- *Andamento degli altri fondi fissato studiando campioni MC*

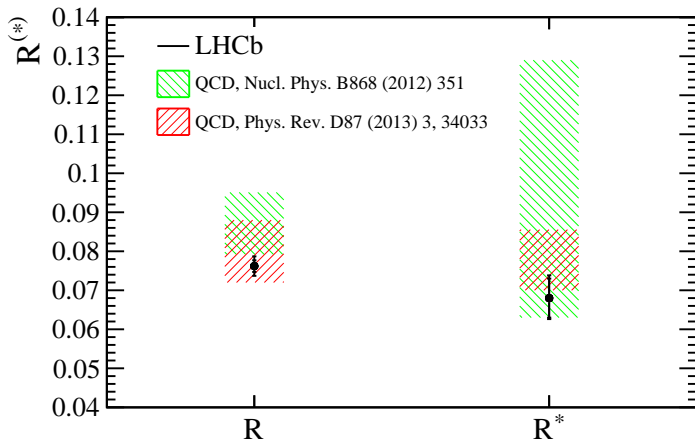
Rapporto di decadimento

- $$R^* = \left[\frac{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* K)}{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi)} \right] = \frac{n^{obs}(B_s^0 \rightarrow D_s^* K)}{n^{obs}(B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi)} \frac{\epsilon(B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi)}{\epsilon(B_s^0 \rightarrow D_s^* K)}$$

con n^{obs} , numero eventi osservati; ϵ , efficienza di selezione
- $$R^* = \left[\frac{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* K)}{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi)} \right] = 0.068 \pm 0.005(stat.)_{-0.002}^{+0.003}(syst)$$

[arXiv:1503.09086]

Confronto con le previsioni teoriche



I valori misurati sono consistenti con entrambi i calcoli teorici pubblicati

- *LHCb ha pubblicato la misura più precisa al mondo del rapporto di decadimento:*

$$R = \left[\frac{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* K)}{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi)} \right] = 0.0752 \pm 0.0015(\text{stat.}) \pm 0.0019(\text{syst})$$

- *E' stato osservato per la prima volta il decadimento del $B_s^0 \rightarrow D_s^* K$ e se ne è calcolata la frazione di decadimento normalizzata al $B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi$:*

$$R^* = \left[\frac{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* K)}{BF(B_s^0 \rightarrow D_s^* \pi)} \right] = 0.068 \pm 0.005(\text{stat.})_{-0.002}^{+0.003}(\text{syst})$$

- *Le misure effettuate sono consistenti con le previsioni teoriche di QCD*
- *LHCb ha, inoltre, recentemente pubblicato la prima misura dell'angolo γ estratta dallo studio del canale $B_s^0 \rightarrow D_s^* K$, effettuata su 1fb^{-1} di dati, ottenendo [arXiv:1407.6127]:*

$$\gamma = (115_{-35}^{+26}(\text{stat})_{-25}^{+8}(\text{syst}))^\circ$$

- *Questa misura è dominata dall'incertezza statistica*
- *Eseguendo tale analisi su 3fb^{-1} di dati e aggiungendo il contributo derivante dalla misura effettuata tramite il canale $B_s^0 \rightarrow D_s^* K$, l'errore statistico decrescerà da circa 30° (average) a $18^\circ \Rightarrow$ con il run2 l'errore complessivo sarà competitivo con altre tecniche usate per estrarre γ*