

# Decadimenti rari nella fisica del B a CMS

analisi del decadimento  $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$

Alessio Boletti

Incontri di Fisica delle Alte Energie

9 Aprile 2015

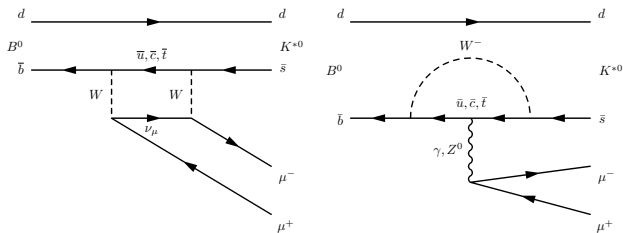
# Nuova fisica in decadimenti rari

- Ricerca indiretta di nuova fisica, tramite misure di precisione
- Valida alternativa alla ricerca diretta di risonanze
- Sensibile a scale di energia maggiori di quelle raggiunte nel collisore: **contributi virtuali** in diagrammi a loop
- Effetto misurabile se decadimento nel modello standard **fortemente soppresso**

## Nella fisica del B a CMS

- $B_{d,s}^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$  (misura di branching ratio)  
[Talk di Luca Martini]
- $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$  (analisi angolare)

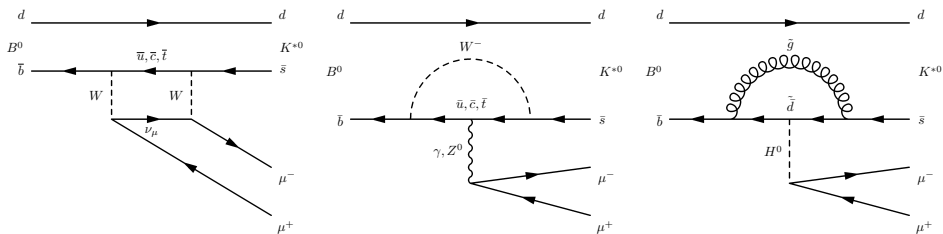
# Analisi angolare di $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$



## Nel Modello Standard

- Corrente neutra con violazione di sapore proibita a livello albero: diagrammi pinguino e a scatola
- $BR \sim 10^{-6}$

# Analisi angolare di $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$



## Nel Modello Standard

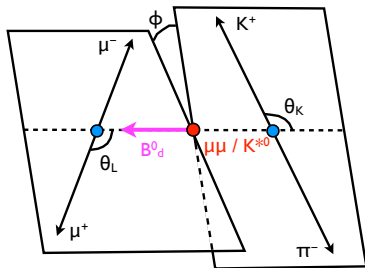
- Corrente neutra con violazione di sapore proibita a livello albero: diagrammi pinguino e a scatola
- $BR \sim 10^{-6}$

## Scenari di nuova fisica

Contributo di nuove particelle

→ Variazione di larghezza di decadimento e parametri angolari

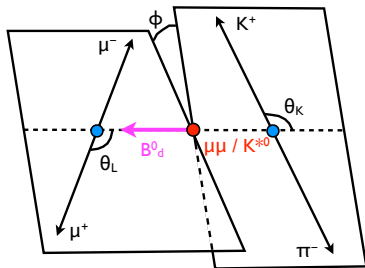
# Parametrizzazione angolare



## Parametri fisici

- $q^2 = m^2(\mu\mu)$
- $\theta_K, \theta_L, \phi$

# Parametrizzazione angolare



## Parametri fisici

- $q^2 = m^2(\mu\mu)$
- $\theta_K, \theta_l, \phi$

$$\frac{1}{\Gamma} \frac{d^3\Gamma}{d \cos \theta_K d \cos \theta_l dq^2} =$$

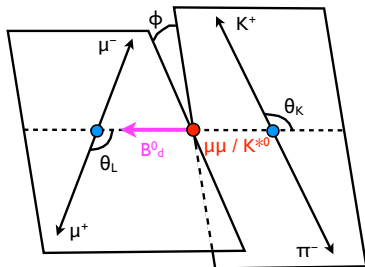
$$\frac{9}{16} \left\{ \left[ \frac{2}{3} F_S + \frac{4}{3} A_S \cos \theta_K \right] (1 - \cos^2 \theta_l) \right.$$

$$+ (1 - F_S) \left[ 2 F_L(q^2) \cos^2 \theta_K (1 - \cos^2 \theta_l) \right.$$

$$+ \frac{1}{2} (1 - F_L(q^2)) (1 - \cos^2 \theta_K) (1 + \cos^2 \theta_l) \left. \right.$$

$$\left. + \frac{4}{3} A_{FB}(q^2) (1 - \cos^2 \theta_K) \cos \theta_l \right\}$$

# Parametrizzazione angolare



## Parametri fisici

- $q^2 = m^2(\mu\mu)$
- $\theta_K, \theta_l, \phi$

## Parametri da misurare

$d\mathcal{B}/dq^2, F_L, A_{FB}$  in funzione di  $q^2$

$$\frac{1}{\Gamma} \frac{d^3\Gamma}{d \cos \theta_K d \cos \theta_l dq^2} =$$

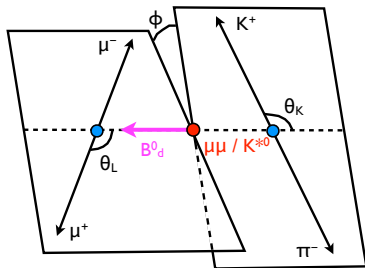
$$\frac{9}{16} \left\{ \left[ \frac{2}{3} F_S + \frac{4}{3} A_S \cos \theta_K \right] (1 - \cos^2 \theta_l) \right.$$

$$+ (1 - F_S) \left[ 2 F_L(q^2) \cos^2 \theta_K (1 - \cos^2 \theta_l) \right.$$

$$+ \frac{1}{2} (1 - F_L(q^2)) (1 - \cos^2 \theta_K) (1 + \cos^2 \theta_l) \left. \right.$$

$$\left. + \frac{4}{3} A_{FB}(q^2) (1 - \cos^2 \theta_K) \cos \theta_l \right\}$$

# Parametrizzazione angolare



## Parametri fisici

- $q^2 = m^2(\mu\mu)$
- $\theta_K, \theta_l, \phi$

## Parametri da misurare

$d\mathcal{B}/dq^2, F_L, A_{FB}$  in funzione di  $q^2$

$$\frac{1}{\Gamma} \frac{d^3\Gamma}{d \cos \theta_K d \cos \theta_l dq^2} =$$

$$\frac{9}{16} \left\{ \left[ \frac{2}{3} F_S + \frac{4}{3} A_S \cos \theta_K \right] (1 - \cos^2 \theta_l) \right.$$

$$+ (1 - F_S) \left[ 2 F_L(q^2) \cos^2 \theta_K (1 - \cos^2 \theta_l) \right.$$

$$+ \frac{1}{2} (1 - F_L(q^2)) (1 - \cos^2 \theta_K) (1 + \cos^2 \theta_l) \left. \right.$$

$$\left. + \frac{4}{3} A_{FB}(q^2) (1 - \cos^2 \theta_K) \cos \theta_l \right\}$$

## Parametri da campione di controllo

$B^0 \rightarrow K^{*0} J/\psi$

$F_S, A_S$



# Eventi utilizzati

## Campione

Dati 2011:  $5 \text{ fb}^{-1}$  a  $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$

## Eventi di fondo

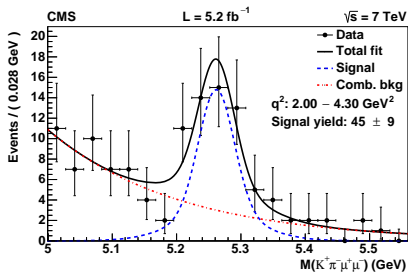
- Risonante: eventi  $B^0 \rightarrow K^{*0} J/\psi (\psi')$  sulle code delle distribuzioni di massa
- Combinatorio

## Campioni di controllo e normalizzazione

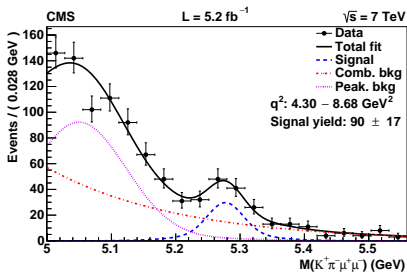
- $B^0 \rightarrow K^{*0} J/\psi$  ( $8.7 < q^2 < 10.1 \text{ GeV}^2$ ): normalizzazione
- $B^0 \rightarrow K^{*0} \psi'$  ( $12.9 < q^2 < 14.2 \text{ GeV}^2$ ): controllo

# Strategia di fit

- Suddivisione del campione in 6 bin di  $q^2$
- Interpolazione simultanea delle distribuzioni di  $M(K\pi\mu\mu)$ ,  $\cos(\theta_K)$ ,  $\cos(\theta_l)$  per ciascun bin
- Metodo *unbinned maximum likelihood*

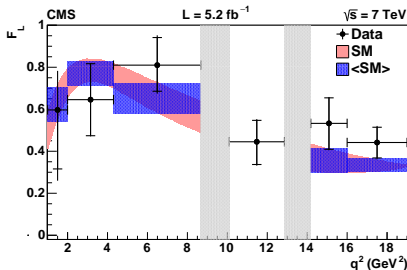
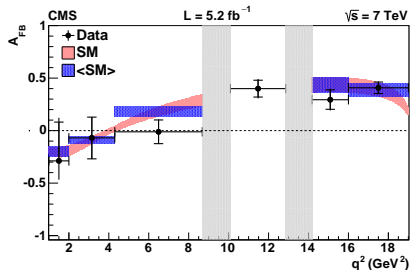
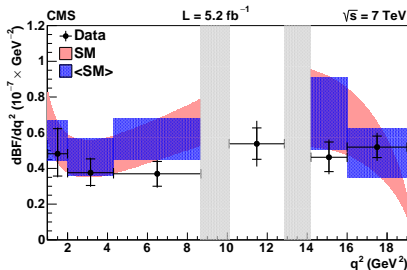


$$2.00 < q^2 < 4.30 \text{ GeV}^2$$



$$4.30 < q^2 < 8.68 \text{ GeV}^2$$

## Risultati



- Incertezza sperimentale dominata dalla **statistica**
- Assenza di modello affidabile tra le risonanze
- **Buon accordo** tra dati e aspettative teoriche

# Prospettive future

## Argomento caldo

LHCb conferma la discrepanza a 3.7 sigma dal Modello Standard sulla misura di  $P'_5$  (parametrizzazione angolare dipendente anche da  $\phi$ )

## In CMS

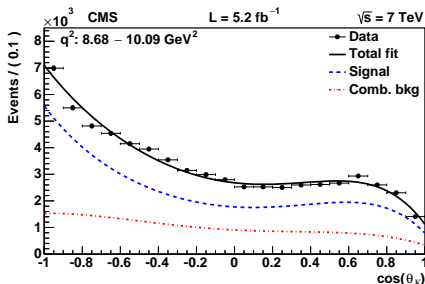
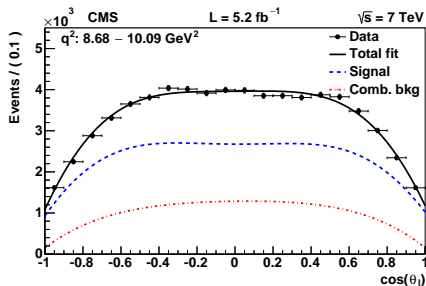
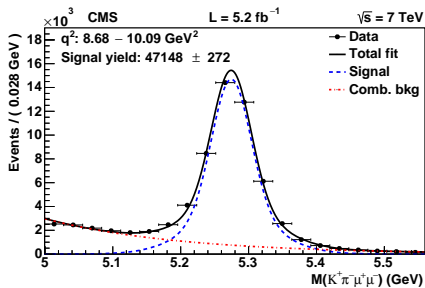
- Attesa a breve nuova analisi con tutti i dati Run 1 e vecchia parametrizzazione
- Prevista l'analisi con parametrizzazione completa: controllo del parametro  $P'_5$

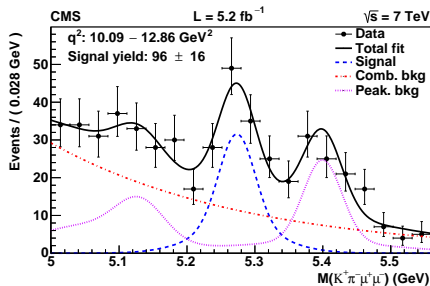
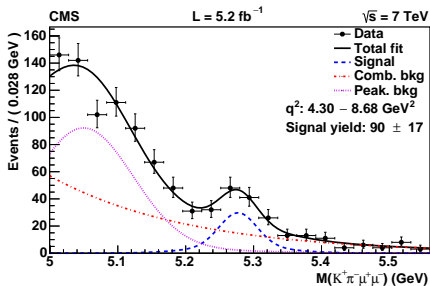
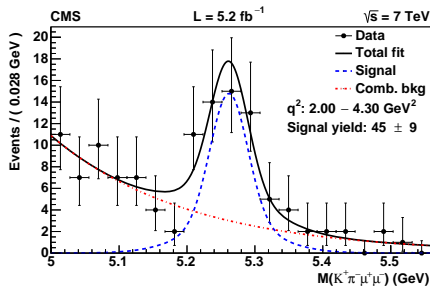
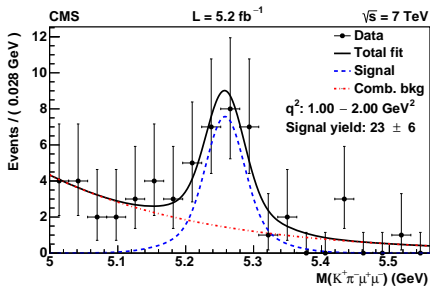
# Trasparenze di supporto

# Parametrizzazione completa

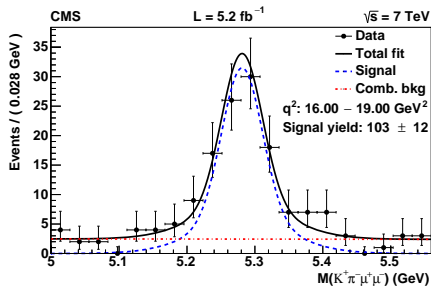
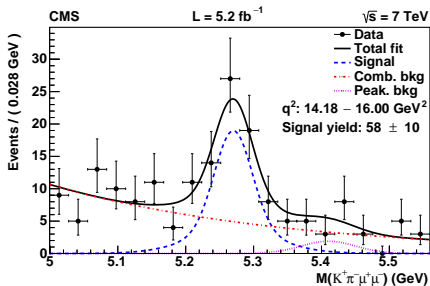
$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{\Gamma'_{full}} \frac{d^4\Gamma}{dq^2 d\cos\theta_K d\cos\theta_l d\phi} = \\
 & \frac{9}{32\pi} \left[ \frac{3}{4} F_T \sin^2 \theta_K + F_L \cos^2 \theta_K + \left( \frac{1}{4} F_T \sin^2 \theta_K - F_L \cos^2 \theta_K \right) \cos 2\theta_l \right. \\
 & + \frac{1}{2} P_1 F_T \sin^2 \theta_K \sin^2 \theta_l \cos 2\phi + 2P_2 F_T \sin^2 \theta_K \cos \theta_l \\
 & - P_3 F_T \sin^2 \theta_K \sin^2 \theta_l \sin 2\phi \\
 & + \sqrt{F_T F_L} \left( \frac{1}{2} P'_4 \sin 2\theta_K \sin 2\theta_l \cos \phi + P'_5 \sin 2\theta_K \sin \theta_l \cos \phi \right) \\
 & \left. - \sqrt{F_T F_L} \left( P'_6 \sin 2\theta_K \sin \theta_l \sin \phi - \frac{1}{2} Q' \sin 2\theta_K \sin 2\theta_l \sin \phi \right) \right]
 \end{aligned}$$

# Fit al campione di normalizzazione $B^0 \rightarrow K^{*0} J/\psi$



Fit alla massa del candidato  $B^0$ 



Fit alla massa del candidato  $B^0$ 

Fit per  $1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2$ 