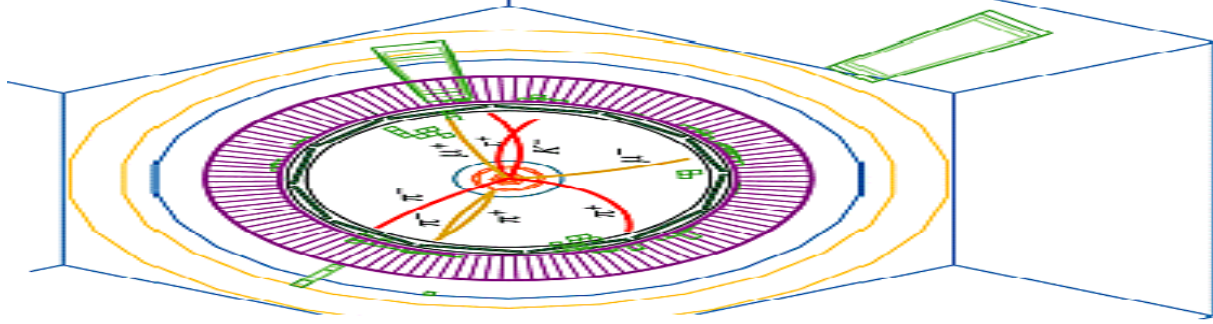


# OSSERVAZIONE di un mesone STRETTO



Alexis POMPILI ( Università & I.N.F.N. di Bari )  
per la *Collaborazione BaBar*

XV – IFAE Lecce

Sessione Quark Pesanti – 25 Aprile 2003

- **Cenni** di spettroscopia del sistema dei mesoni  $D_s$
- Selezione dei candidati  $D_s^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+, K^+ K^- \pi^+ \pi^0$
- **Evidenza** di un mesone stretto a  $2.32 \text{ GeV}/c^2$  che decade in  $D_s^+ \pi^0$
- Ricerca di altri eventuali canali di decadimento
- Controllo su possibili riflessioni
- Discussione su  $J^P$  e **conclusioni**

# Spettroscopia degli stati $c\bar{s}$

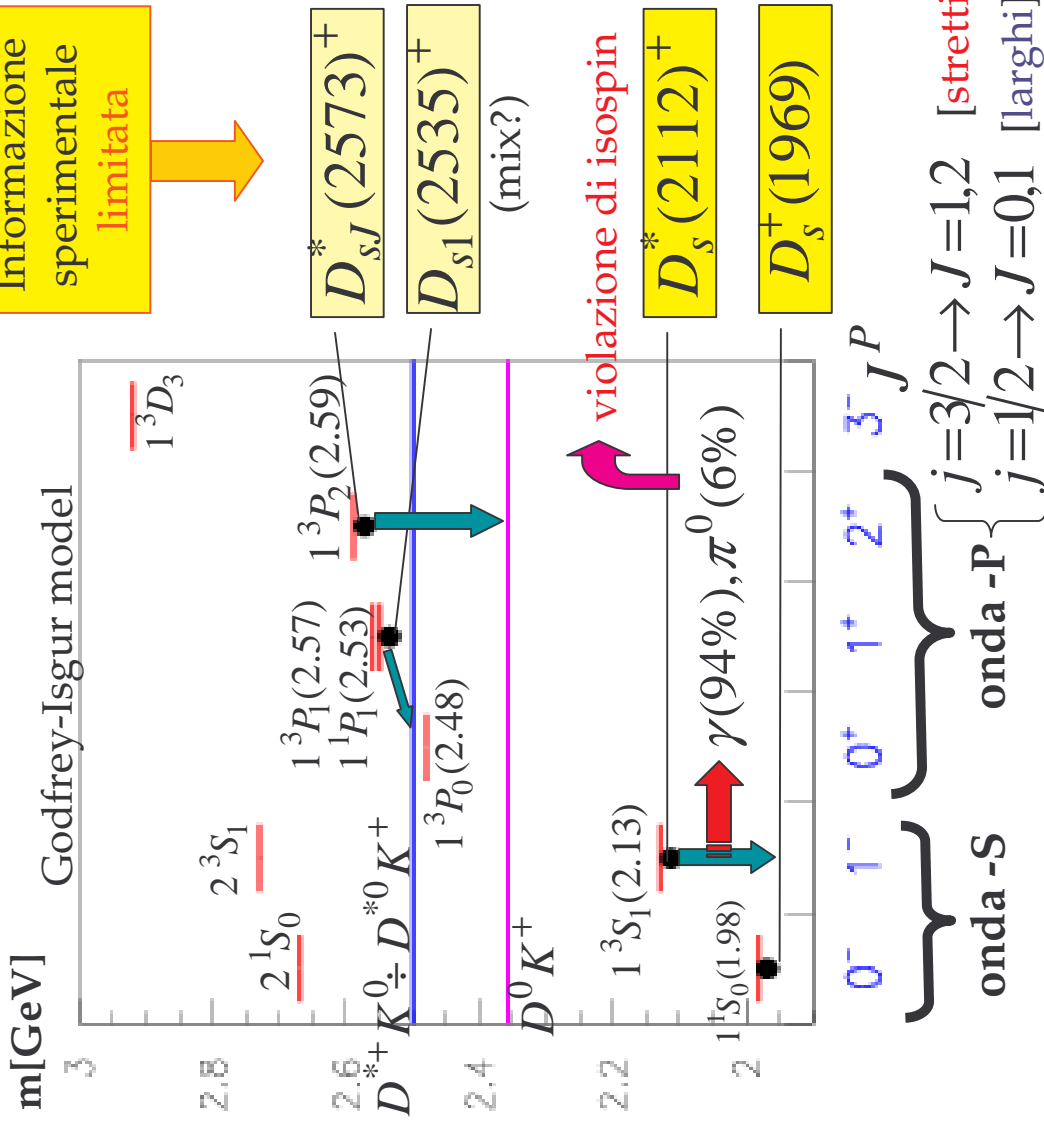
Approx. : quark pesante sorgente statica di potenziale  
 [nel limite di  $M(q=c) \gg m(q=s) \dots$ ]

quark  $s$  :  $l, s$  conservati separatamente  
 +inter. spin-orbita :  $j = l+s$  conservato  
 +quark  $c$  con spin  $S$

- interazioni soppresse di  $m/M$
- inter. spin-orbita  $\vec{l} \cdot \vec{S}$
- inter. di contatto spin-spin  $\vec{s} \cdot \vec{S}$
- forza tensoriale

$J = j+S$  conservato

Informazione sperimentale limitata

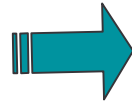



 { Godfrey-Isgur [Phys. Rev. D32 (1985)]  
 Godfrey-Kokoski [Phys. Rev. D43 (1991)]  
 Di Pierro-Eichten [Phys.Rev. D64 (2001)]

Diversi **modelli teorici** predicono masse fra  $2.4 \div 2.6 \text{ GeV}/c^2$  per  $(j=1/2, J^P = 0^+, 1^+)$  che dovrebbero decadere per emissione di K ed essere larghi ( $\rightarrow$  difficilmente rivelabili)

**Sperimentalmente non vi sono candidati per questi 2 stati in onda-P**

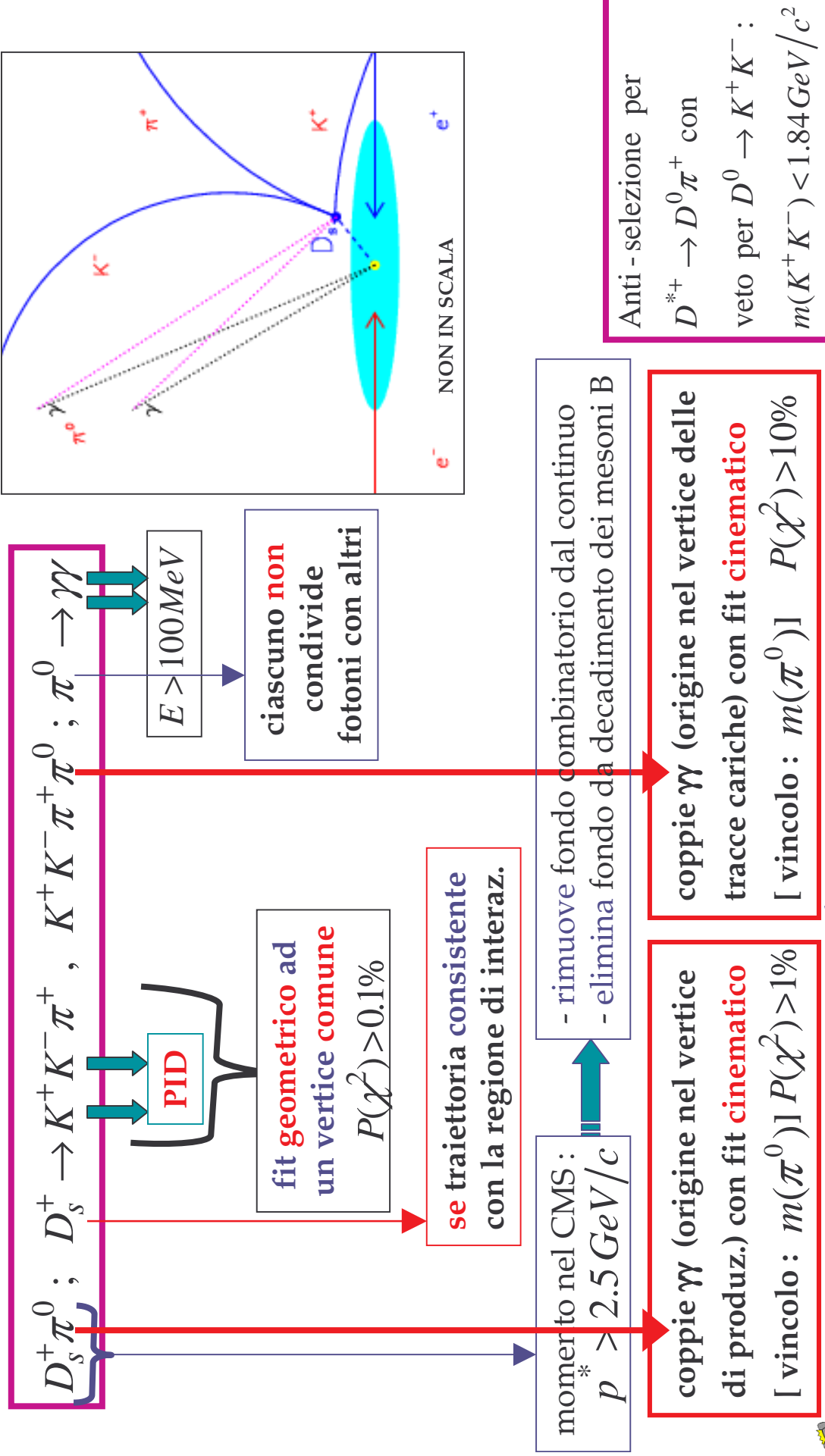
{ Lo scalare  $0^+$  con massa  $\approx 2.48 \text{ GeV}/c^2$  dovrebbe decadere in  $D^0 K^+$   
 in onda-S ed avere una larghezza  $\Gamma \approx 270 \div 990 \text{ MeV}$ , **ma ...**  
**... se fosse sotto soglia ...** decadrebbe in modo diverso, p.es. in  $D_s^+ \pi^0$   
 violando l'isospin, e in tal caso sarebbe estremamente stretto !



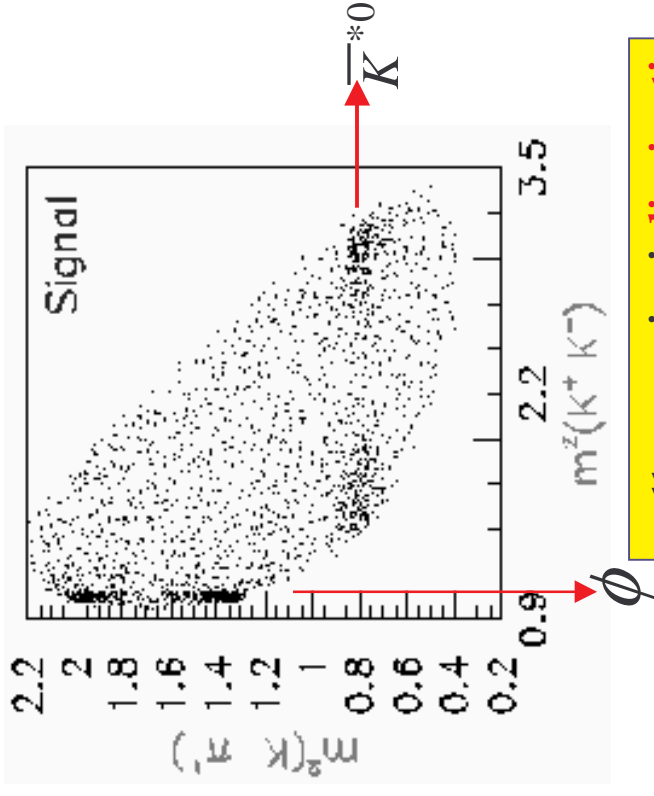
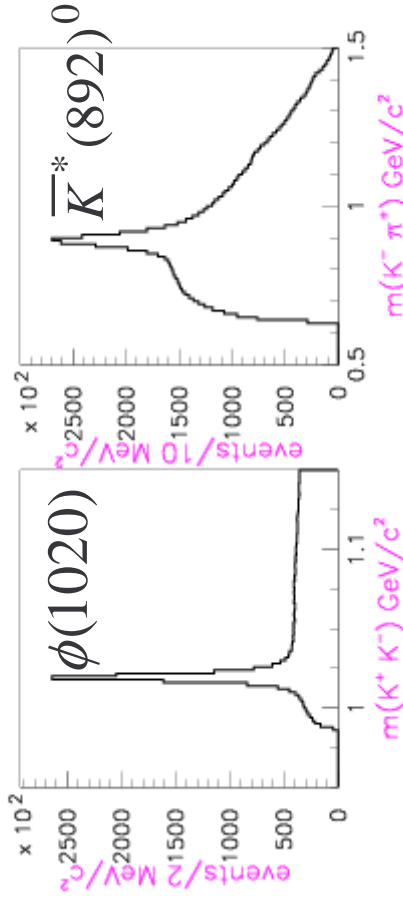
Oggetto di questa analisi :

**Studio dello spettro di massa**  
 **$D_s^+ \pi^0$  prodotto inclusivamente**

# Ricostruzione e criteri di selezione

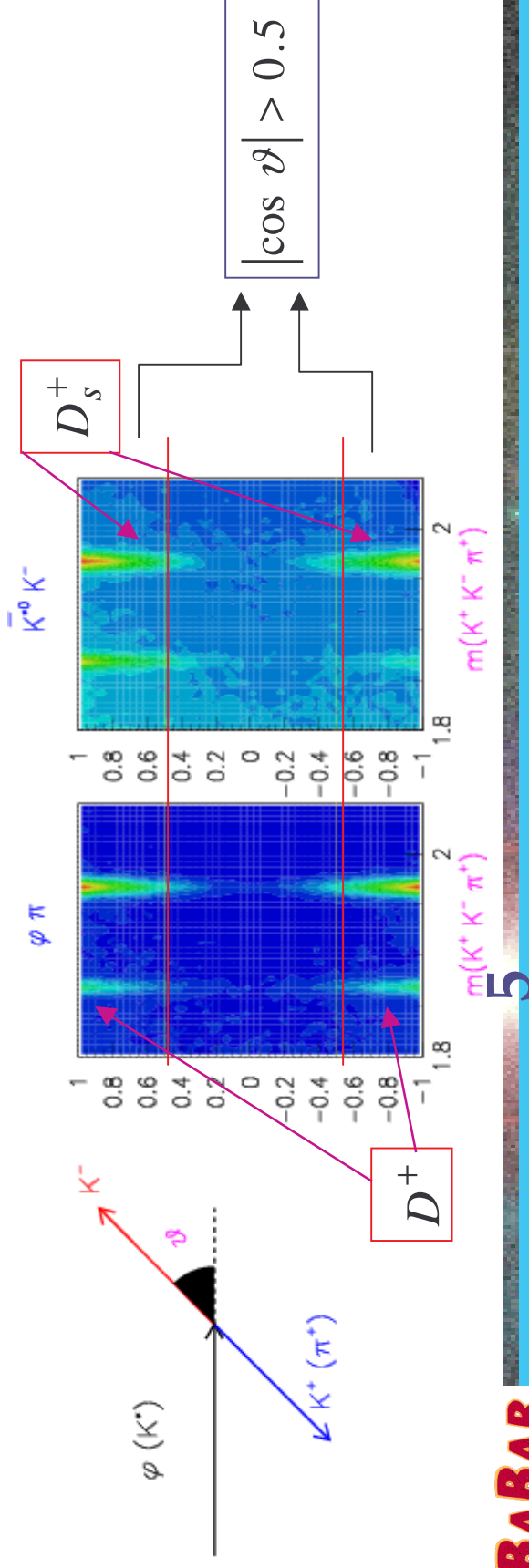


➔  $D_s^+$  selezionati usando i modi  $\phi\pi^+$ ,  $\bar{K}^{*0}K^+$

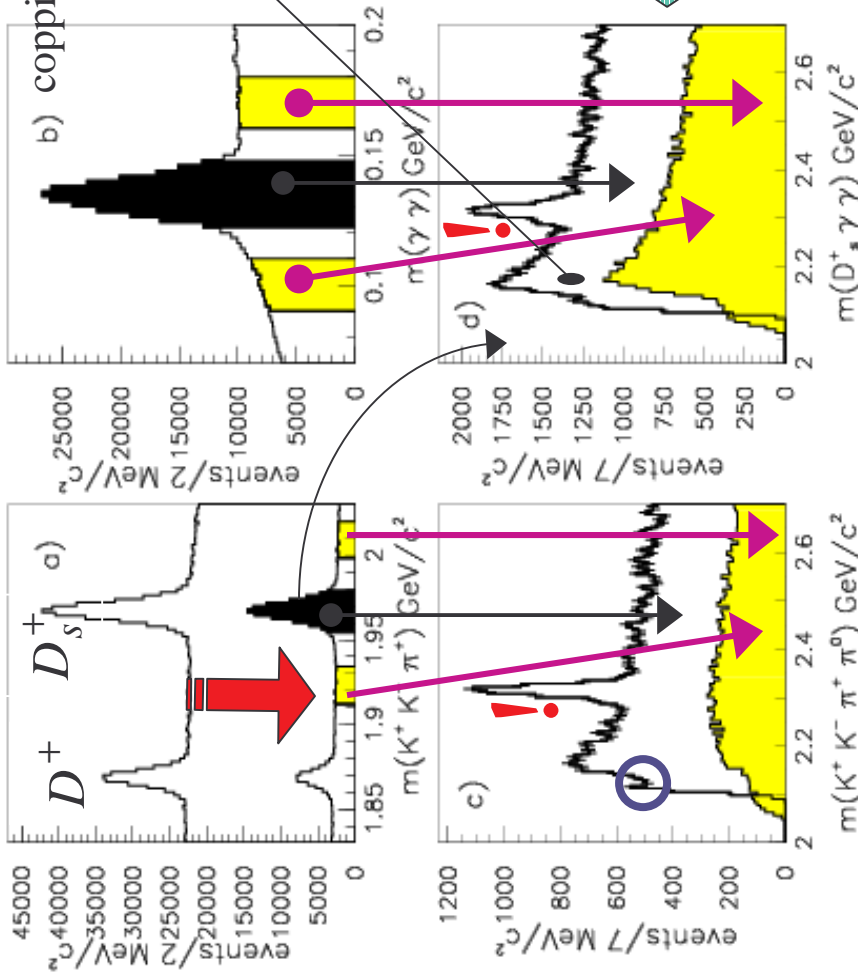


sotto-campioni disgiunti

➔ S/N migliorato dal taglio sull'angolo di elicità



# Spettri di massa $K^+ K^- \pi^+$ , $\mathcal{N}$ , $K^+ K^- \pi^+ \pi^0$ , $D_s^+ \mathcal{N}$



Picco largo dovuto a combinazioni casuali  $D_s^+(2112)^+ \gamma$  dove  $D_s^*(2112)^+ \rightarrow D_s^+ \gamma$

Il segnale a  $2.32 \text{ GeV}/c^2$  è assente nelle distribuzioni da bande laterali: il picco è associato al sistema  $D_s^+ \pi^0$

Nessun altro segnale è evidente fino a  $2.7 \text{ GeV}/c^2$  a parte quello associato a  $D_s^*(2112)^+ \rightarrow D_s^+ \pi^0$

$\pi^0$  : fit cinematico

$E(D_s^+)$  con massa nominale

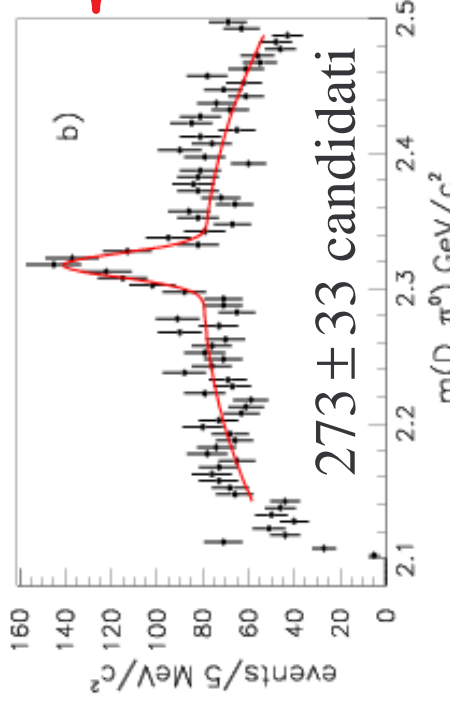
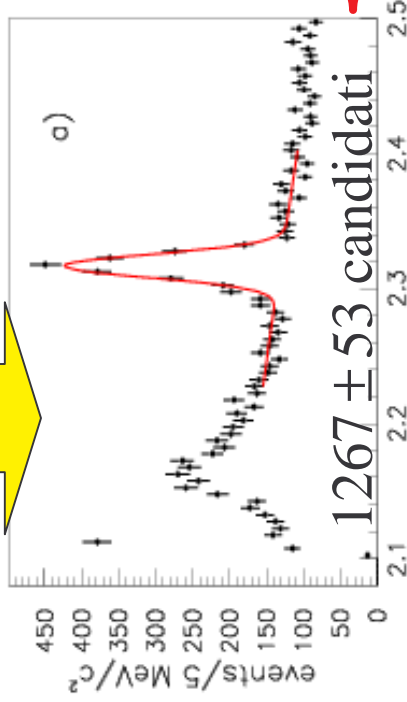






$p^* > 3.5 \text{ GeV}/c$

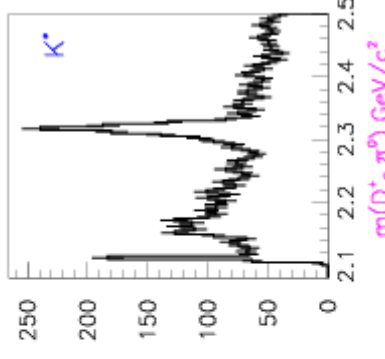
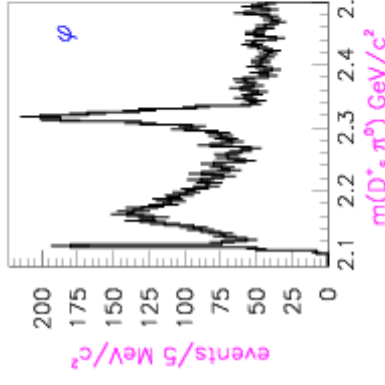
$D_s^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+$



$D_s^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^0$

$p(\pi^0) > 300 \text{ MeV}/c$

Spettro di massa  $D_s^+ \pi^0$



$\langle m \rangle = 2316.8 \pm 0.4 \text{ (stat.) MeV}/c^2$

$\Gamma = 8.6 \pm 0.4 \text{ (stat.) MeV}/c^2$

$\langle m \rangle = 2317.6 \pm 1.3 \text{ (stat.) MeV}/c^2$

$\Gamma = 8.8 \pm 1.1 \text{ (stat.) MeV}/c^2$

Incertezza sistematica sulla massa stimata **conservativamente**:  $< 3 \text{ MeV}/c^2$

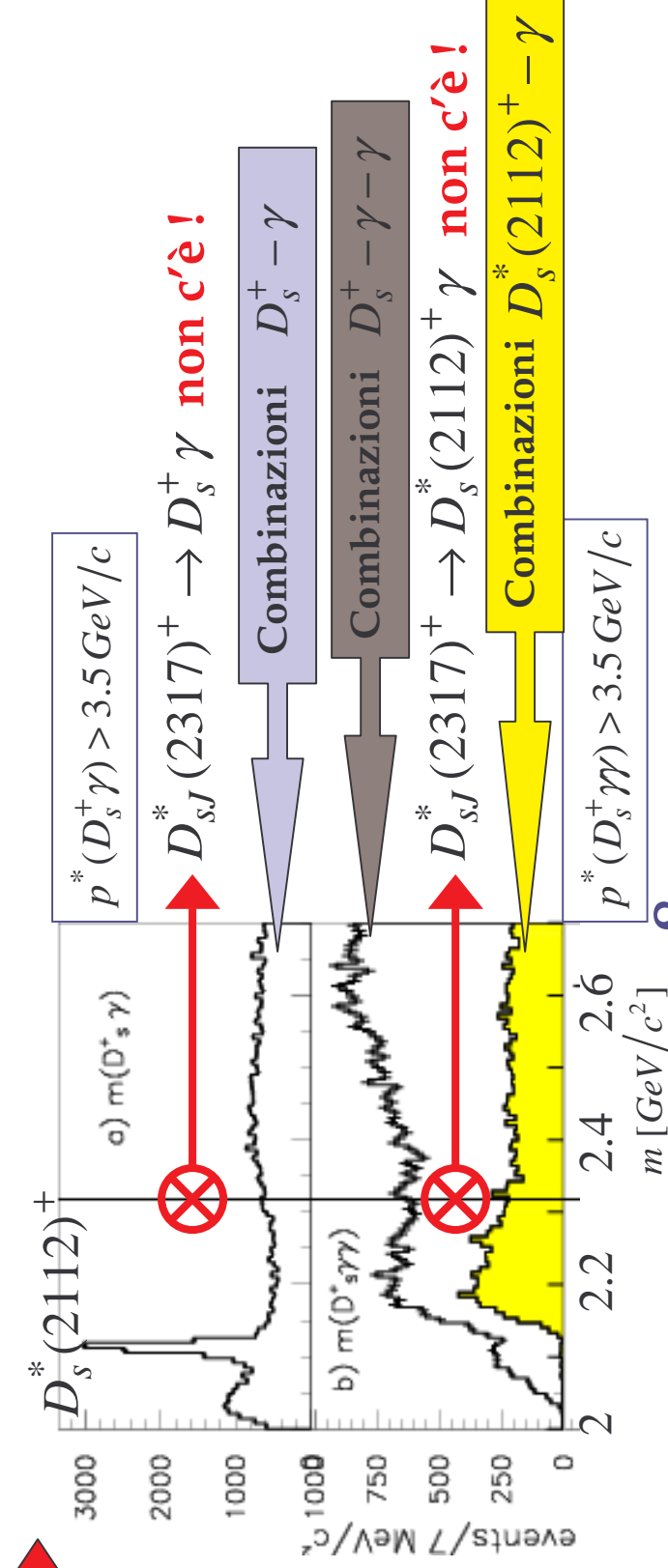
Una stima della **risoluzione in massa** per il sistema  $K^+ K^- \pi^+ \pi^0$  è ottenibile direttamente dai dati fit-tando la distrib. di massa del  $D_s^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^0$  la cui  $\Gamma$  è **consistente** con quella del segnale  $D_{sJ}^* (2317)^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^0$ . Una risoluzione in massa **simile** si ottiene dalla simulazione di  $D_{sJ}^* (2317)^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^0$

## Controllo di possibili riflessioni - 1

Verificato che un segnale  $D_{sJ}^*(2317)^+$  **non** deriva da riflessioni di altri stati charmati [usando dati simulati  $e^+e^- \rightarrow c\bar{c}$  con tutti gli stati charmati e i decadimenti **noti**]

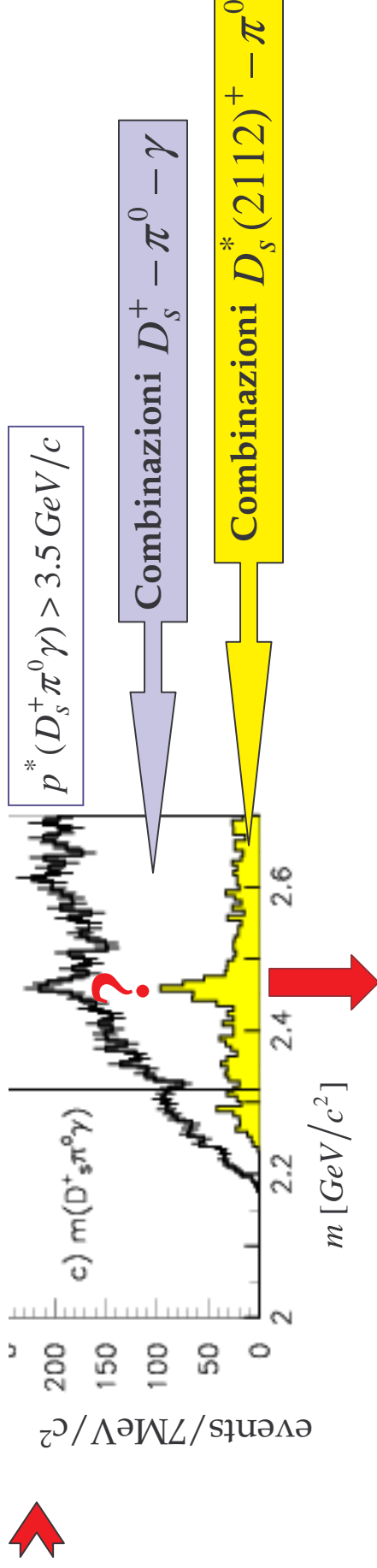
Verificato nei dati che un segnale  $D_{sJ}^*(2317)^+$  **non** deriva da riflessioni del  $D^*$  per **misidentificazione**  $\pi^\pm \rightarrow K^\pm$

N.B. : 1) evento selezionato **senza** richiedere la presenza di un  $\pi^0$  ;  
 2) ciascun  $\gamma$  **non** deve formare un  $\pi^0$  con ogni altro  $\gamma$  ;  $E(\gamma) > 150 \text{ MeV}$





## Controllo di possibili riflessioni - 2



Dagli scatter plots  $D_s^+ \gamma$  vs  $D_s^+ \pi^0 \gamma$ ,  $D_s^+ \pi^0$  vs  $D_s^+ \pi^0 \gamma$  si vede che **questa massa** corrisponde alla **regione di sovrapposizione** delle bande strette dei segnali  $D_s^*(2112)^+$ ,  $D_{sJ}^*(2317)^+$

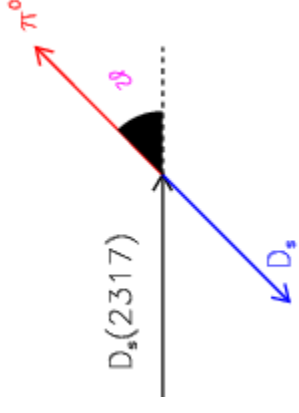
Se il picco nella distribuz. di massa  $D_s^+ \pi^0 \gamma$  fosse dovuto ad uno stato con massa  $\approx 2.46 \text{ GeV}/c^2$  che decade in  $D_s^*(2112)^+ \pi^0$ , potrebbe cinematicamente produrre un picco nella distribuz. di massa  $D_s^+ \pi^0$  intorno ai  $2.32 \text{ GeV}/c^2$ !

**CONTROLLI:**  $\left\{ \begin{array}{l} \dots \text{ma} \dots \text{ per tale riflessione si dovrebbe avere una } \Gamma \approx 15 \text{ MeV}/c^2! \\ \dots \text{ma} \dots \text{ tale riflessione sarebbe responsabile solo di } 1/6 \text{ del segnale visto!} \end{array} \right.$

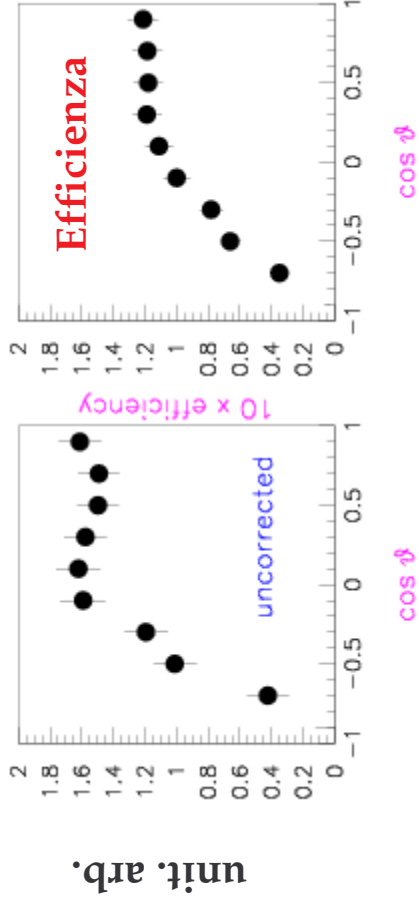
[MC tests]

## Distribuzione angolare

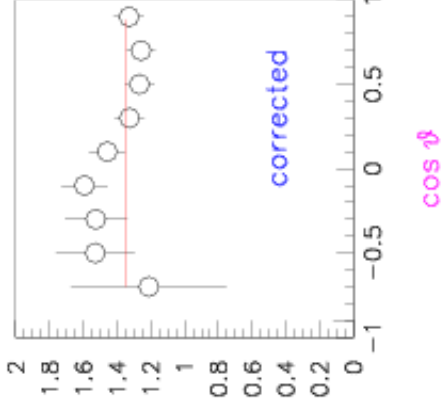
$\vartheta$ : angolo del  $\pi^0$  nel sistema a riposo del  $D_{sJ}^*(2317)^+$  rispetto alla direzione del  $D_{sJ}^*(2317)^+$  nel CMS



$D_s^*(2317)^+$  in bins di  $\cos \vartheta$   
[fondo sottratto]



unit. arb.



Distribuzione angolare consistente con l'essere **piatta** ( 43% di probabilità )

## Discussione su $J^P$

$\rightarrow D_{sJ}^*(2317)^+ \rightarrow D_s^+[0^-]\pi^0$ 
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{conservazione parità} \rightarrow \text{spin-parità naturale: } 0^+, 1^-, 2^+, \dots \\ \text{violazione di isospin} (\rightarrow \Gamma \text{ stretta}) \end{array} \right.$

$\rightarrow$  La distribuzione di elicità corretta per l'efficienza e' piuttosto piatta  
 $\rightarrow J = 0$ , oppure  $J > 0$  ma con produzione non-polarizzata

$\rightarrow$  La massa inferiore rispetto a  $D_{s1}(2536)^+$ ,  $D_{sJ}^*(2573)^+$  favorisce  $J^P = 0^+$

$\rightarrow J^P = 0^+$ 
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{proibisce } D_{sJ}^*(2317)^+ \rightarrow D_s^+[0^-]\gamma \quad (\text{OK: non riscontrato}) \\ \text{non esclude } D_{sJ}^*(2317)^+ \rightarrow D_s^{*+}[1^-]\gamma \quad (\text{non riscontrato: } \\ \text{prevale l'emissione di } \pi) \end{array} \right.$



## Conclusioni

Con i primi  $91 fb^{-1}$  di dati raccolti da BaBar si è studiato lo spettro di massa  $D_s^+ \pi^0$

Un **segnale netto e stretto** è stato osservato, alla massa di  $\cong 2.32 GeV/c^2$  con una larghezza  $\leq 10 MeV/c^2$  consistente con la risoluzione sperimentale, per i 2 distinti modi di decadimento  $D_s^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+$  e  $D_s^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^0$

Non vi è evidenza di decadimenti di questo stato in  $D_s^+ \gamma$ ,  $D_s^{*+}(2112) \gamma$ ,  $D_s^+ \mathcal{N}$

Vari controlli sono stati eseguiti per accertarsi che esso non sia il risultato di riflessioni significative di altre risonanze di massa inferiore o superiore.

La probabile assegnazione  $J^P = 0^+$ , la bassa massa, la piccola larghezza e le modalità di decadimento lo caratterizzano quale stato **non predetto** dagli attuali modelli a potenziale della spettroscopia dei mesoni charmati

❶ questi modelli richiedono modifiche **oppure** questo stato non è un mesone  $CS$  ma è uno stato esotico (p.es. a 4-quarks)

hep-ex/0304021 [sott. *Phys. Rev. Lett.*]

