

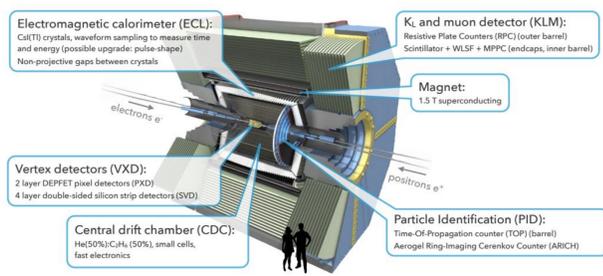
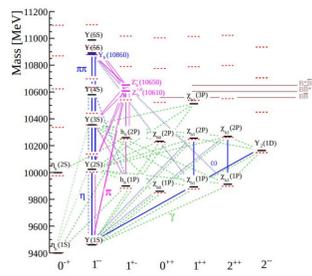
# Spettroscopia del Bottononio a Belle II

Federico Testa (per Belle II Italia)  
Università degli Studi di Torino  
4 Aprile 2024, Firenze - IFAE 2024

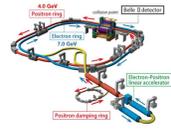


## Bottononio & Belle II

- Bottononio:
  - Stato legato  $b\bar{b}$
  - Sistema **non relativistico**
  - Stati definiti da numeri quantici  $J^{PC}$
  - **Transizioni con regole di selezione**
  - Ambiente ideale per testare nuovi approcci alla QCD non-perturbativa
- Diversi modelli teorici per la descrizione di **stati esotici**:
  - **Tetraquark**
  - **Molecole**
  - **Adroquarkonio**
  - **Ibridi**



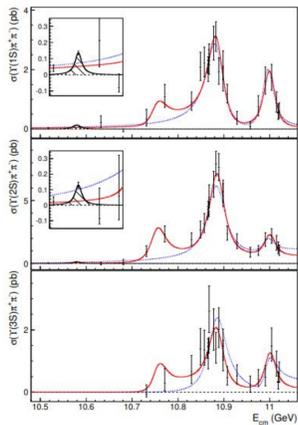
- Installato a **SuperKEKB**:
  - Collisore asimmetrico  $e^+e^-$
  - $\sqrt{s} \sim 10.6$  GeV
  - Energia dei fasci variabile
- Spettrometro a 4 $\pi$
- Tracciamento, PID, calorimetria



## Evidenze dello stato Y(10753)

- Misura di Belle della sezione d'urto  $e^+e^- \rightarrow \pi\pi\pi Y(1,2,3 S)$ :

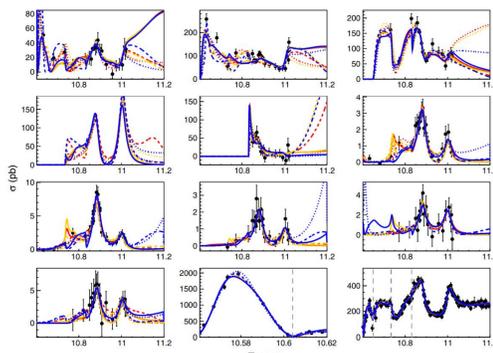
- Risonanza intorno a 10.750 GeV



[Belle, JHEP 10 (2019) 220]

- Analisi globale della sezione d'urto inclusiva ed esclusiva di  $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$ :

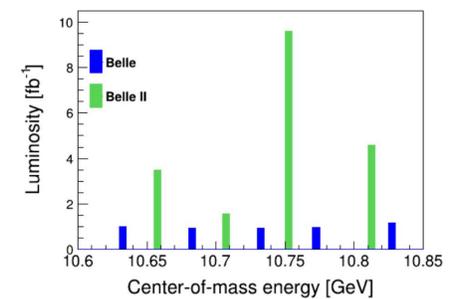
- Picchi a 10.86 e 11.02 GeV attribuiti a Y(5S) e Y(6S)
- Minimi nella distribuzione di  $\sigma_b$  a 10.6 e 10.750 GeV, forti evidenze di una struttura intorno a 10.750 GeV



[Hüsken et al. PRD 106 094013 (2022)]

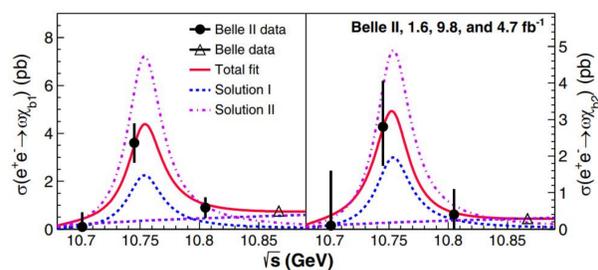
- Nessun stato di bottononio convenzionale nella regione di massa della Y(10753):

- A Novembre 2021 Belle II raccoglie 20  $\text{fb}^{-1}$  su quattro punti di energia del centro di massa
- Dataset in grado di esplorare la regione attorno alla massa della Y(10753)
- Canali principali:  $\omega\eta_b(1P)$ ,  $B^{(*)}\bar{B}^{(*)}$ ,  $\pi^+\pi^-Y(nS)$



## Y(10753) $\rightarrow \omega\chi_{b_j}(1P)$

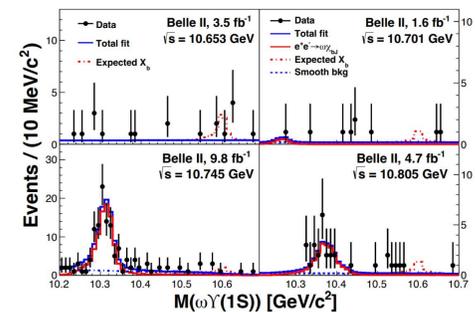
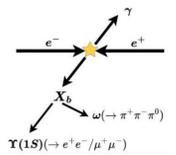
- Verificare l'interpretazione della Y(10753) come una miscela 4S-3D [PRD 104 034036 (2021)]
- Ricostruzione esclusiva degli stati finali:
  - $\omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$
  - $\chi_{b_j} \rightarrow Y Y(1S) (\rightarrow e^+e^-/\mu^+\mu^-)$
- Si trova un eccesso significativo in corrispondenza di  $\sqrt{s} = 10.745$  GeV
- Il fit alla sezione d'urto di Born evidenzia la presenza di una struttura compatibile con la Y(10753)
- Rapporto tra il rate di produzione di  $\omega\chi_{b_1}$  e  $\pi^+\pi^-Y(nS)$  significativamente più grande rispetto a quanto misurato in corrispondenza della Y(5S): **il segnale di Belle è probabilmente una coda**
- $\sigma(e^+e^- \rightarrow \omega\chi_{b_1})/\sigma(e^+e^- \rightarrow \omega\chi_{b_2}) = 1.3 \pm 0.6$ : lieve tensione con l'ipotesi di una miscela 4S-3D (1.8 $\sigma$ )



[PRL 130, 091902 (2023)]

## Ricerca della X<sub>b</sub>

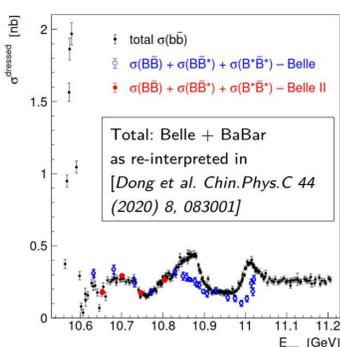
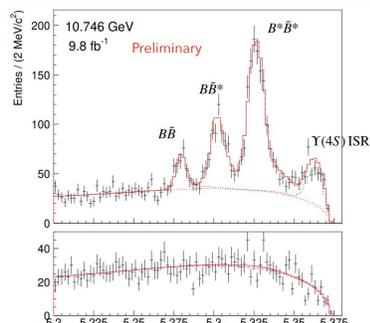
- Ricerca dell'analogo della X(3872) nel bottononio
- Diverse predizioni di massa a seconda del modello:
  - $10 < M(X_b) < 11$   $\text{GeV}/c^2$  (**Tetraquark**)
  - $M(X_b)$  vicino a soglia  $B\bar{B}^*$  (**Molecola**)
- Stesso stato finale di Y(10753)  $\rightarrow \omega\chi_{b_j}(1P)$
- Riflessioni di  $\omega\chi_{b_j}(1P)$ , ma nessun altro eccesso nella distribuzione di  $M(\omega Y(1S))$
- Vengono posti limiti superiori ad un livello di confidenza del 90% sulla sezione d'urto pari a **0.55, 0.84, 0.14, 0.37 pb** a rispettivamente  $\sqrt{s} = 10.653, 10.701, 10.745, 10.805$  GeV



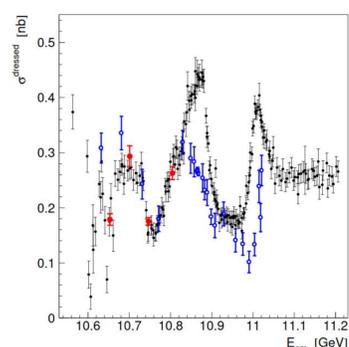
[PRL 130, 091902 (2023)]

## $e^+e^- \rightarrow B\bar{B} + B\bar{B}^* + B^*\bar{B}^*$

- Misura della sezione d'urto di  $B^{(*)}\bar{B}^{(*)}$ :
  - Studio del bottononio intorno alle soglie "open flavour"
  - Nuovi punti per lo scan di  $R_b$
- Uno dei due candidati B viene ricostruito tramite sedici possibili modi di decadimento diversi
- Estrazione del segnale con un fit su  $M_{bc} = \sqrt{(E_{cm}/2)^2 - (p_B)^2}$
- Ripida salita della sezione d'urto in corrispondenza della soglia  $B^*\bar{B}^*$ : **possibile presenza di uno stato legato**

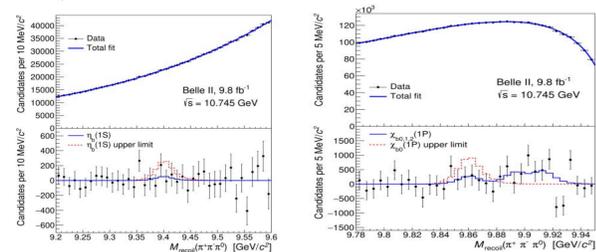
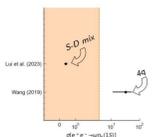


[Presentato a Moriond 2023]



## Y(10753) $\rightarrow \omega\chi_{b_0}(1P), \omega\eta_b(1S)$

- Verificare l'interpretazione della Y(10753) tramite modello a tetraquark [CPC 43 (2019) 12, 123102]
- Approccio inclusivo, si cerca un picco nella massa del sistema contro cui rinculano i tre pioni dal decadimento della  $\omega$
- Non viene trovato nessun eccesso, si pone un limite superiore alla sezione d'urto:
  - $\sigma(e^+e^- \rightarrow \omega\chi_{b_0}(1P)) < 8.7$  pb
  - $\sigma(e^+e^- \rightarrow \omega\eta_b(1S)) < 2.5$  pb



[arXiv:2312.13043v1]

## Conclusioni

- **Primi risultati sulla natura (ancora poco chiara) della Y(10753)**:
  - Ipotesi di miscela 4S-3D compatibile con  $\omega\eta_b(1S)$  ma non con  $\omega\chi_{b_j}(1P)$
  - Nessun eccesso in  $\omega\eta_b(1S)$ , predetto invece da un modello a tetraquark
- **Misura precisa della sezione d'urto in  $B^{(*)}\bar{B}^{(*)}$**
- Ancora numerosi canali da esplorare nello scan:  $\pi\pi\eta_b(1P)$ ,  $\eta_b(1P)$ ,  $\eta Y(1D)$ ...