



L'esperienza BESIII: Risultati e Prospettive per il Futuro

Isabella Garzia, Università degli Studi di Ferrara e INFN Ferrara

In rappresentanza della Collaborazione **BESIII**



Università
degli Studi
di Ferrara

16 Settembre 2020



Beijing Electron Positron Collider II

<http://english.ihep.cas.cn>



2004: inizio costruzione BEPCII/BESIII

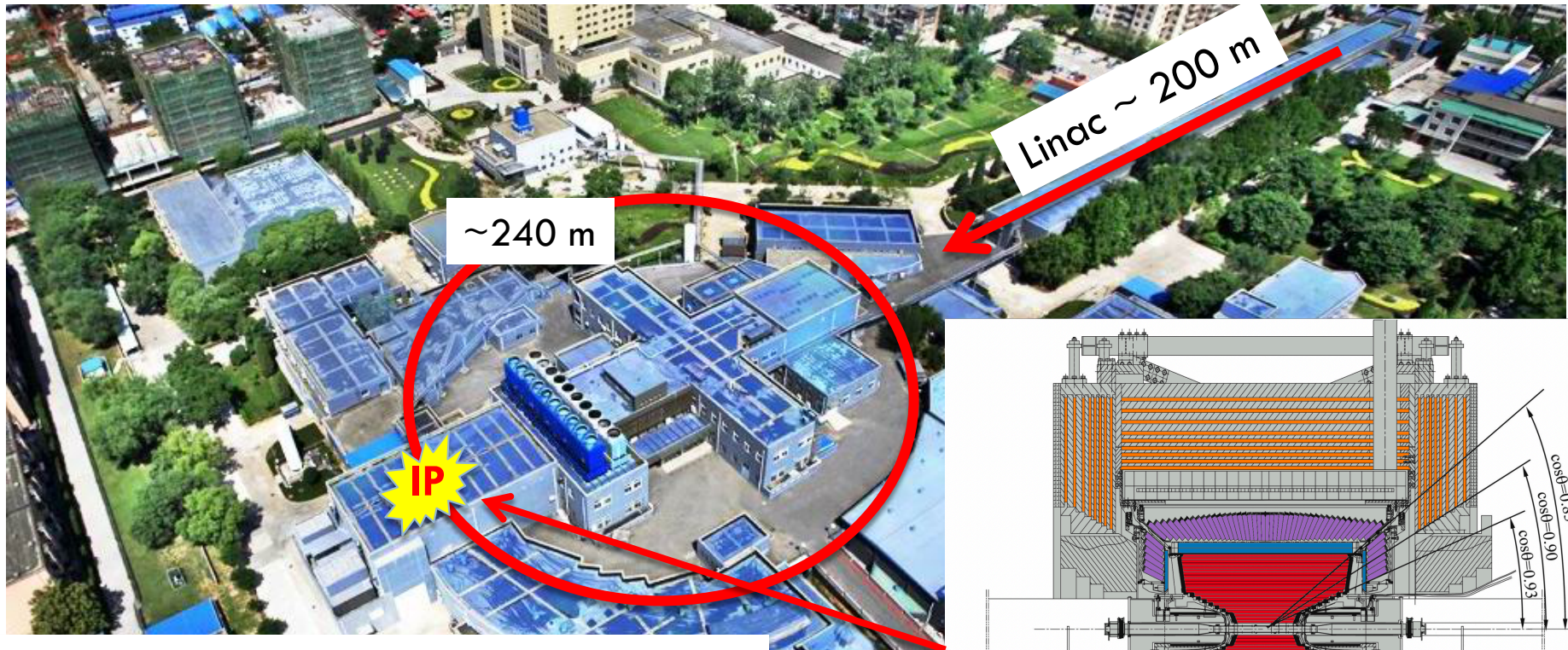
- ✓ Due anelli
- ✓ Energia dei fasci: 1-~~2.3~~^{2.45} GeV
- ✓ \mathcal{L} progetto: $1 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ @ $\psi(3770)$,
raggiunta nel 2016

2009 – oggi: run di fisica



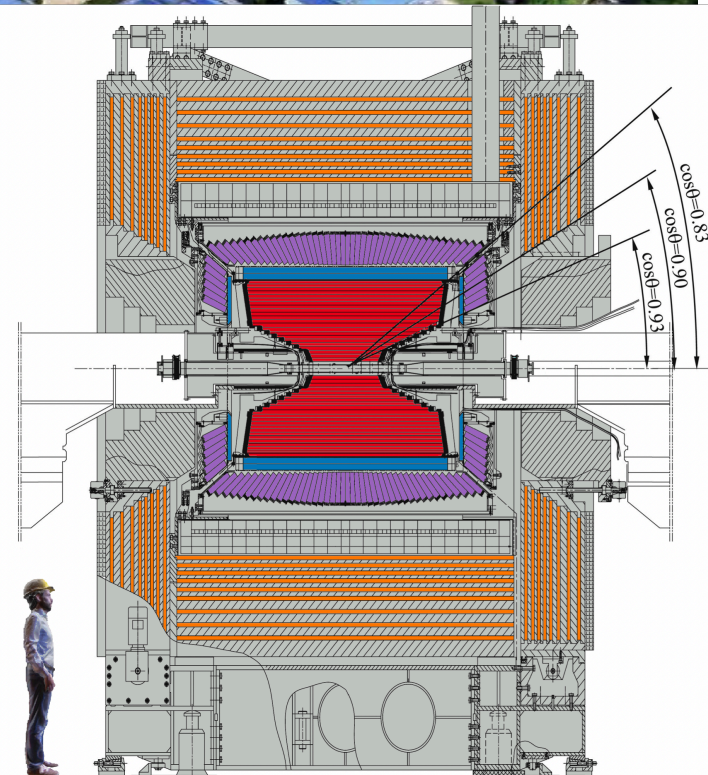
Beijing Electron Positron Collider II

<http://english.ihep.cas.cn>



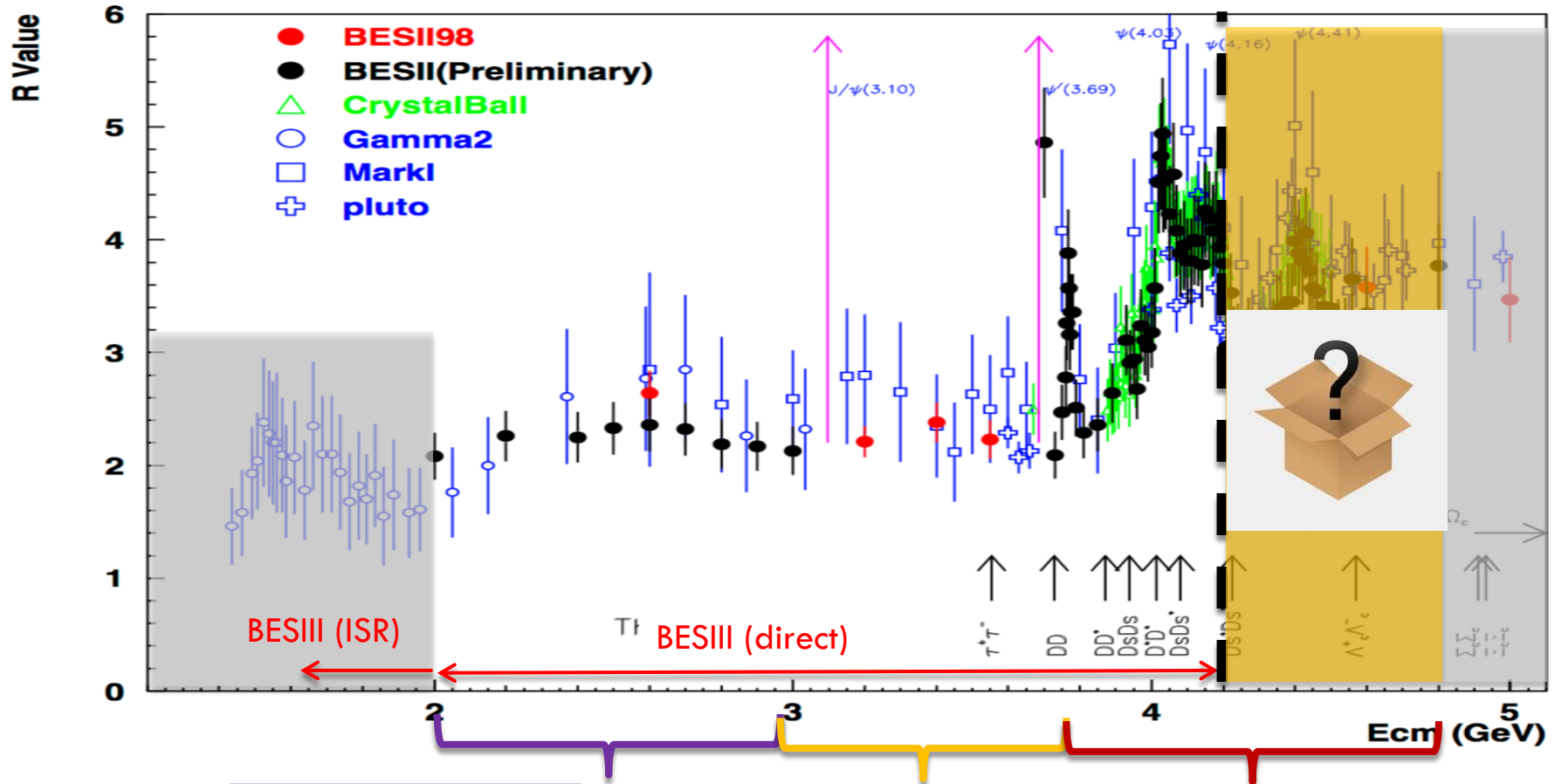
2004: inizio costruzione BEPCII/BESIII

- ✓ Due anelli
 - ✓ Energia dei fasci: 1-~~2.3~~^{2.45} GeV
 - ✓ \mathcal{L} progetto: $1 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ @ $\psi(3770)$, raggiunta nel 2016
- 2009 – oggi: run di fisica



Nucl. Instr. Meth. A614, 345 (2010)

La fisica di BESIII

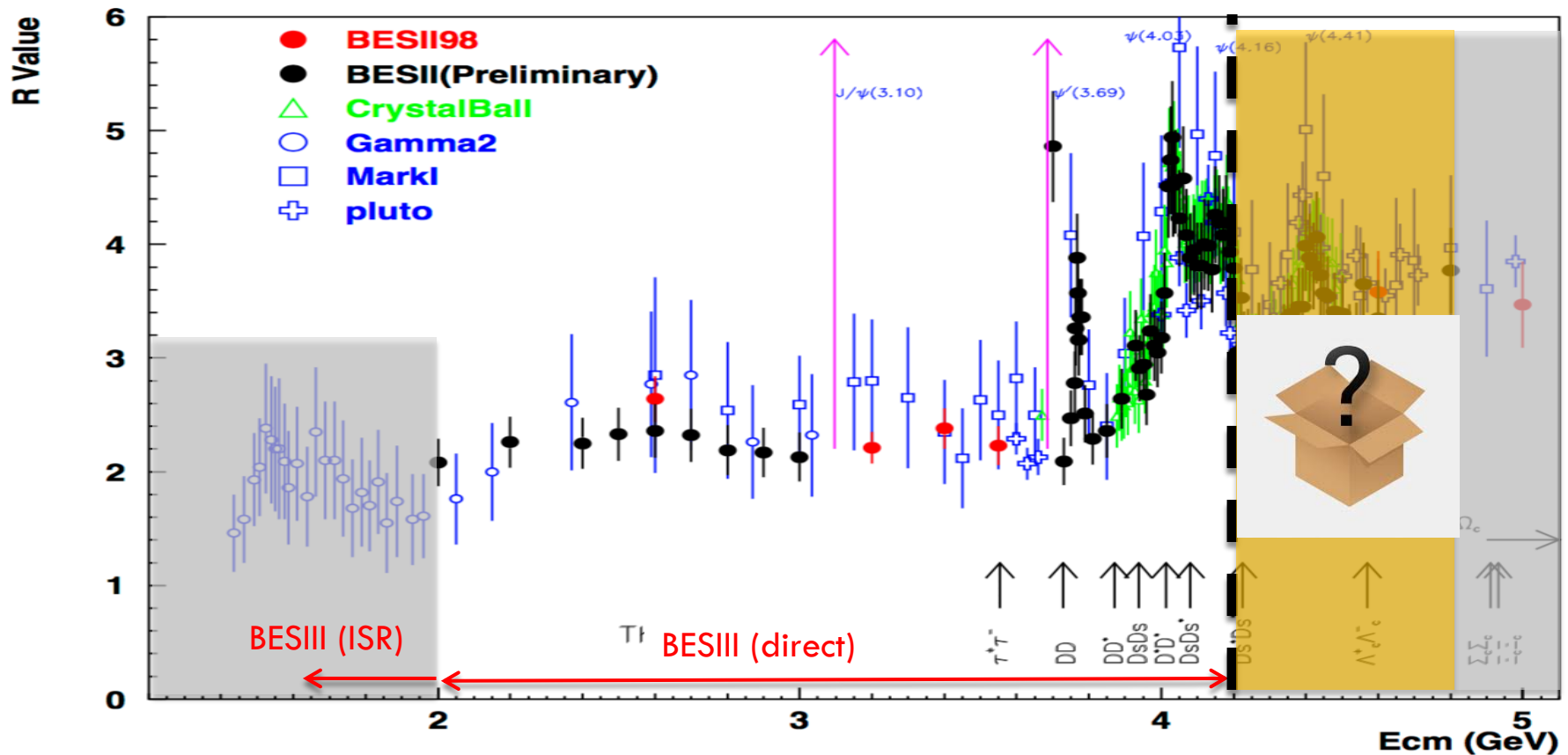


- Fattori di Forma
- $\phi(2170)/Y(2175)$
- QCD
-

- Spettroscopia adronica
- Gleballs, ibridi, stati a multi-quark
- Decadimenti rari
- Fisica del leptone τ
- ...

- XYZ
- Fisica del D/Ds
- Barioni charmati
- ...

La fisica di BESIII



<http://english.ihep.cas.cn/bes/chnl/154/index.html>

.....

2019: 10 miliardi di J/ψ raccolti, XYZ scan tra 4.29 e 4.42 GeV ;

2020: XYZ data e $\Lambda_c^+ \Lambda_c^-$ tra 4.6 e 4.7 GeV

.....

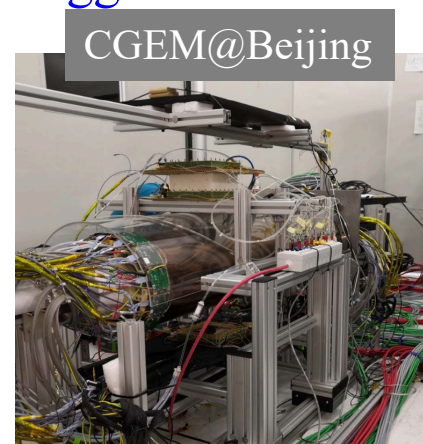
Uno sguardo agli ultimi risultati di BESIII

COMUNICAZIONI:

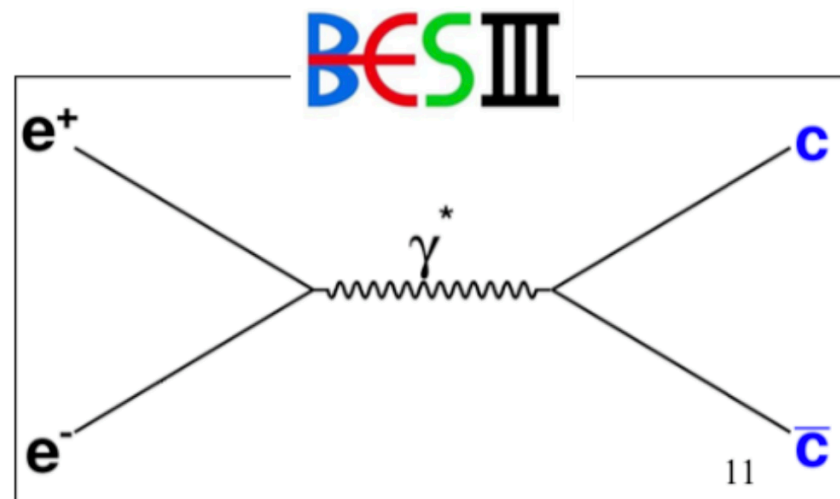
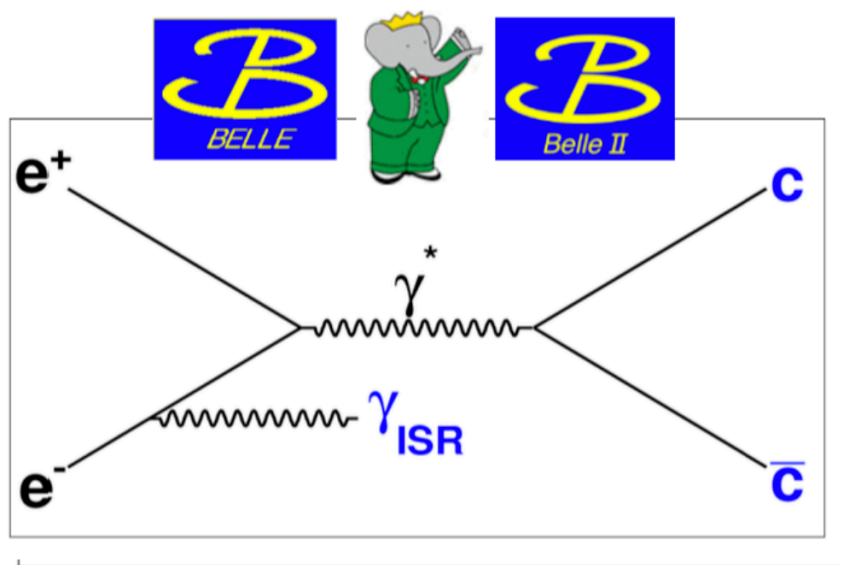
- Misure di polarizzazione e fase relativa tra le ampiezze di decadimento del mesone $\psi(2S)$ in barioni (presentato da Alessio Mangoni)
- Aggiornamento sulle misure degli stati XYZ presso l'esperimento BESIII (presentato da Marco Scodreggio)
- Prima misura diretta del fattore di forma magnetico di Sachs del neutrone (presentato da Giulio Mezzadri)
- Il rivelatore CGEM-IT di BESIII: primi studi dai dati dei raggi cosmici (presentato da Lia Lavezzi)

In questa presentazione:

- Y(4220) e Y(4360)
- Spettroscopia adronica: X(1835)
- $\phi(2170)/Y(2175)$
- La fisica della Λ_c

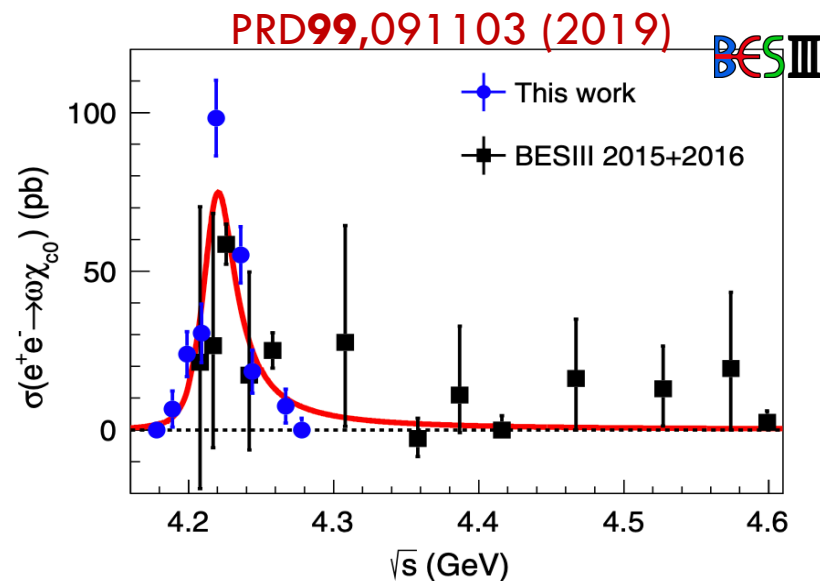
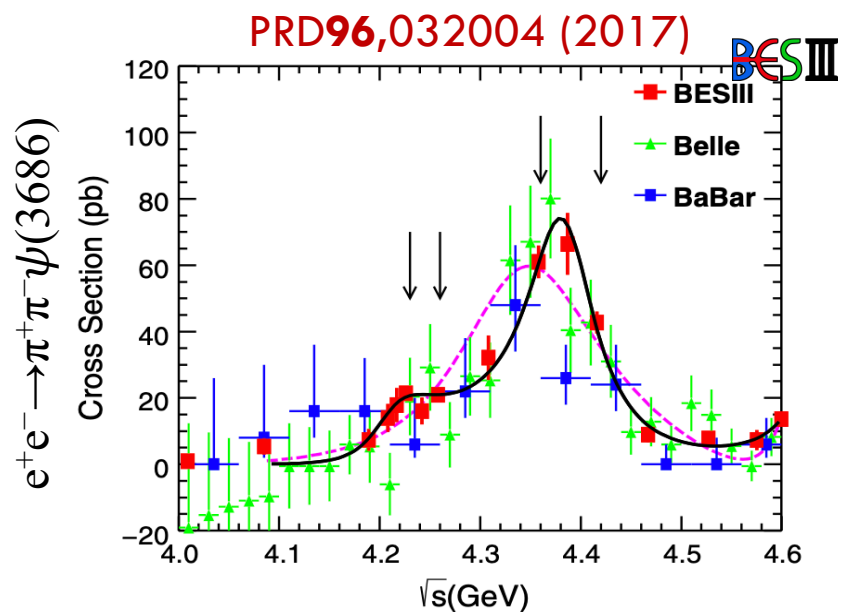
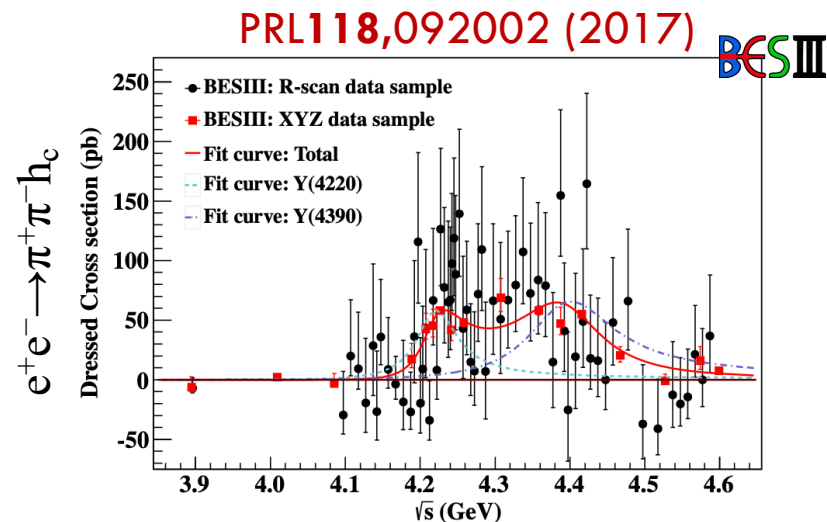
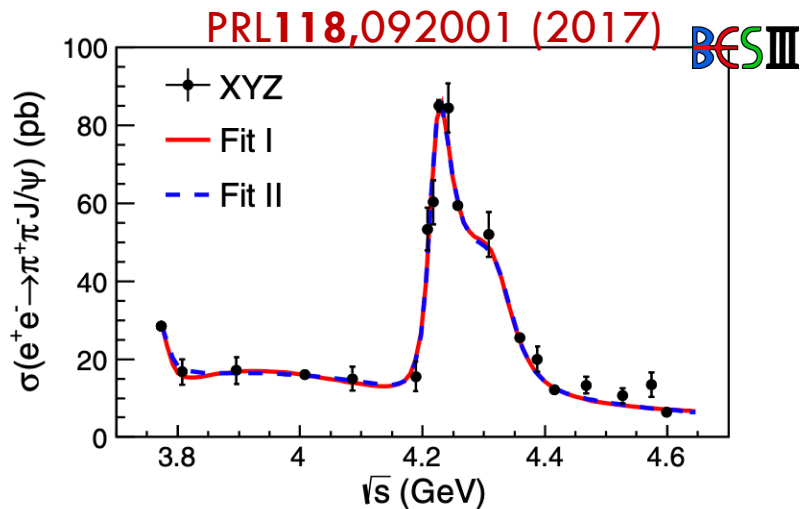


Υ states



- $\Upsilon(4260)$ [BaBar Collaboration, PRL95,142001 (2005)]
- $J^{PC}=1^{--}$
- Numerosi altri stati/strutture osservati che non rientrano nello spettro convenzionale del charmonio
- Decadono prevalente in stati finali ‘hidden-charm’
- ***Interessante studiare la natura di questi stati***

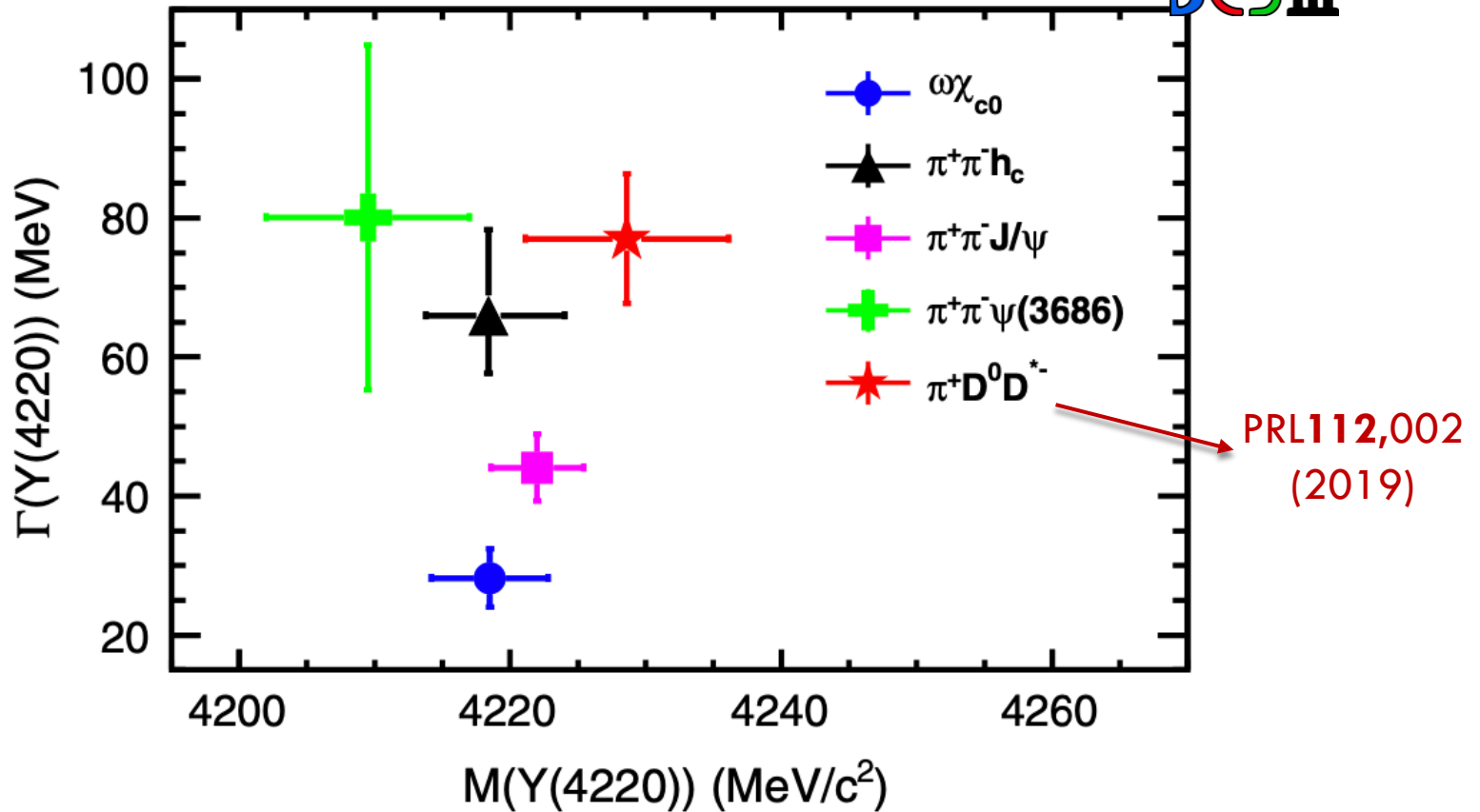
$Y(4220)$, $Y(4360)$ $eY(4390)$



$Y(4220)$

PRD99,091103 (2019)

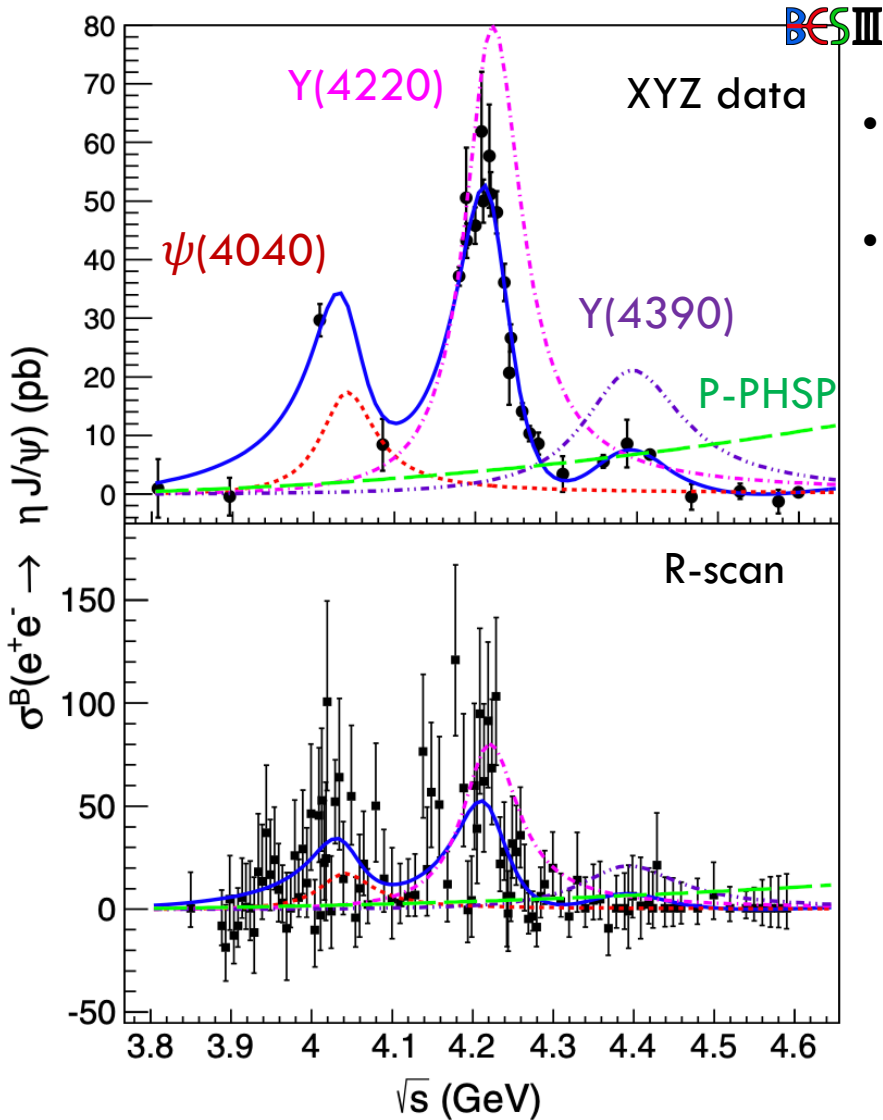
BES III



Massa consistente ma non la larghezza \Rightarrow non abbastanza per trarne conclusioni

$Y(4220)$ e $Y(4390)$ nel processo $e^+e^- \rightarrow \eta J/\psi$

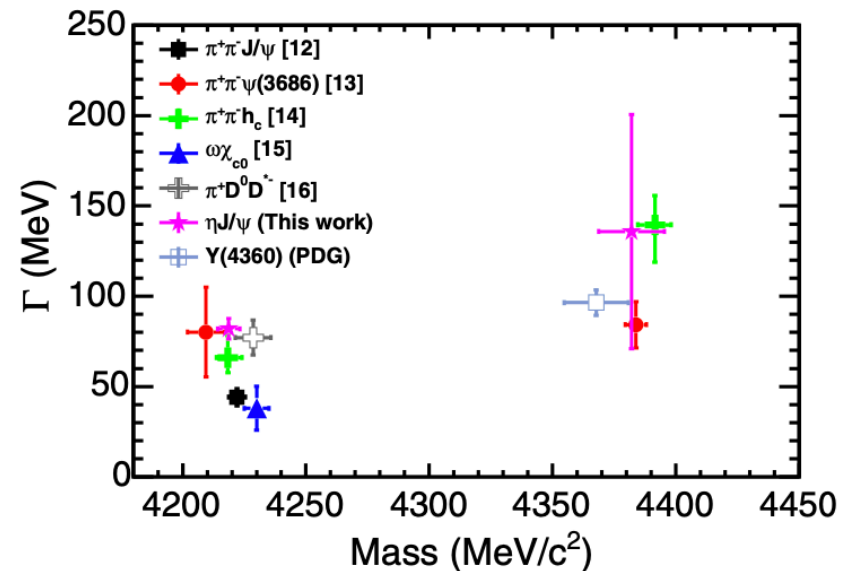
PRD102,031101(R) (2020)



- $Y(4220)$ e $Y(4390)$ osservati per la prima volta nel decadimento $\eta J/\psi$
- Fit simultaneo per estrarre masse e larghezze:

$Y(4220)$: $M=4218.6 \pm 3.8 \pm 2.5$, $\Gamma=82.0 \pm 5.7 \pm 0.4$

$Y(4390)$: $M=4382.0 \pm 13.3 \pm 1.7$, $\Gamma=135.8 \pm 60.8 \pm 22.5$

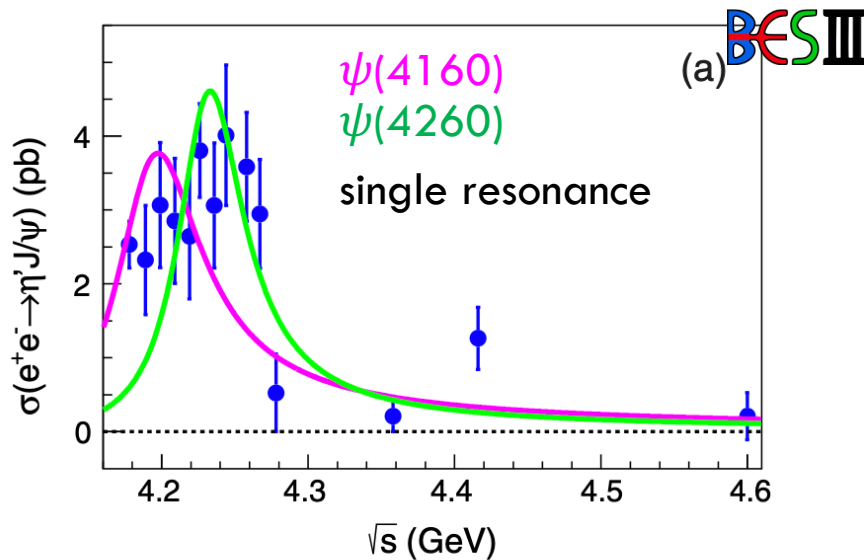


- Parametri consistente con le precedenti analisi

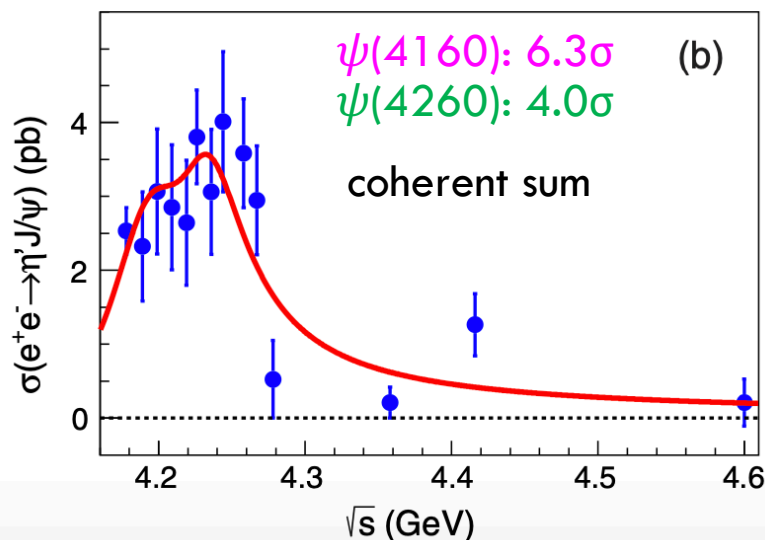
Sezione d'urto del processo $e^+e^- \rightarrow \eta' J/\psi$

PRD101,012008 (2020)

- $\sqrt{s} = [4.178, 4.600]$ GeV: 11 fb^{-1} raccolti nel 2016/2017

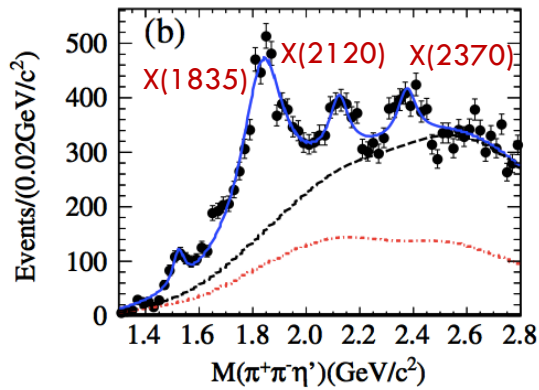


- Struttura evidente attorno 4.2 GeV
- Interferenza tra $\psi(4160)$ e $\psi(4260)$ necessaria per descrivere in modo adeguato la sezione d'urto (massa e larghezza fissate ai valori del PDG)
 - somma coerente di $\psi(4160)$, $Y(4220)$ e $Y(4360)$ presa in considerazione

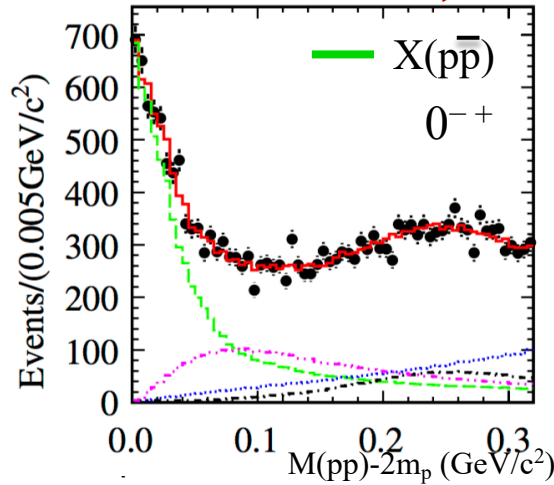


Spettroscopia adronica: lo stato $X(1835)$

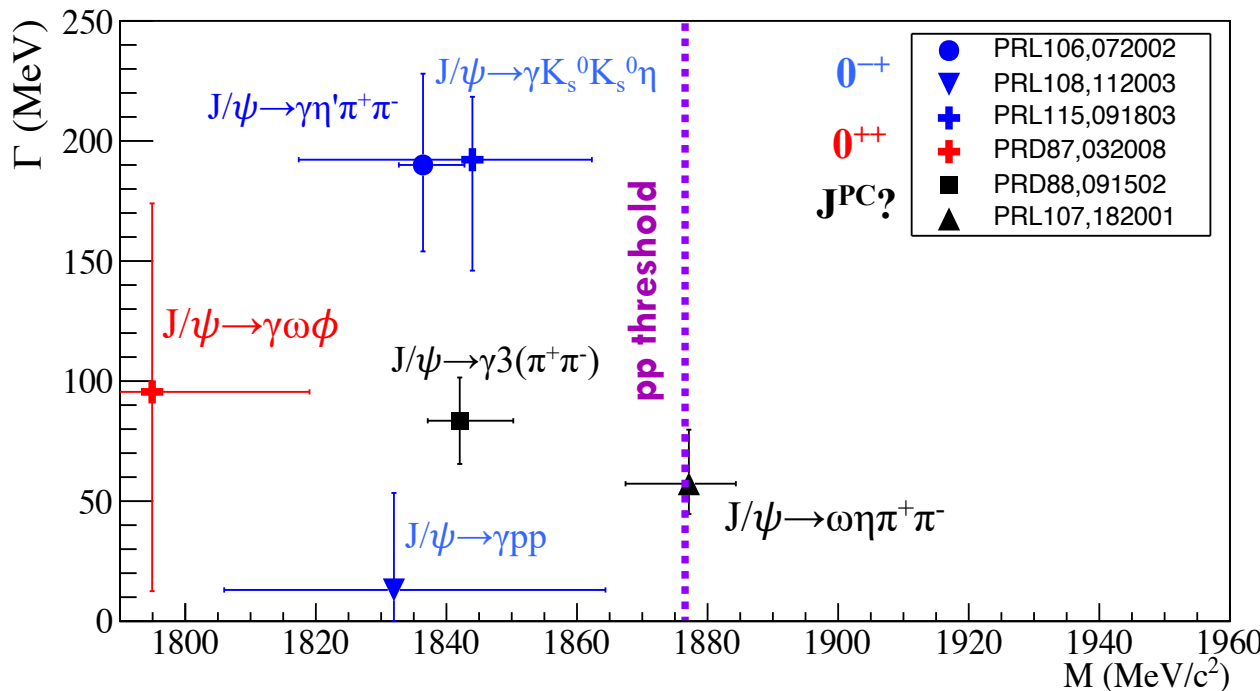
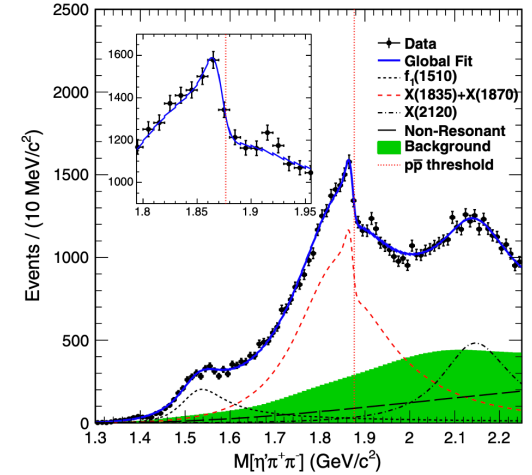
PRL106,072002 (2011)



PRL108,112003 (2012)



PRL117,042002 (2016)

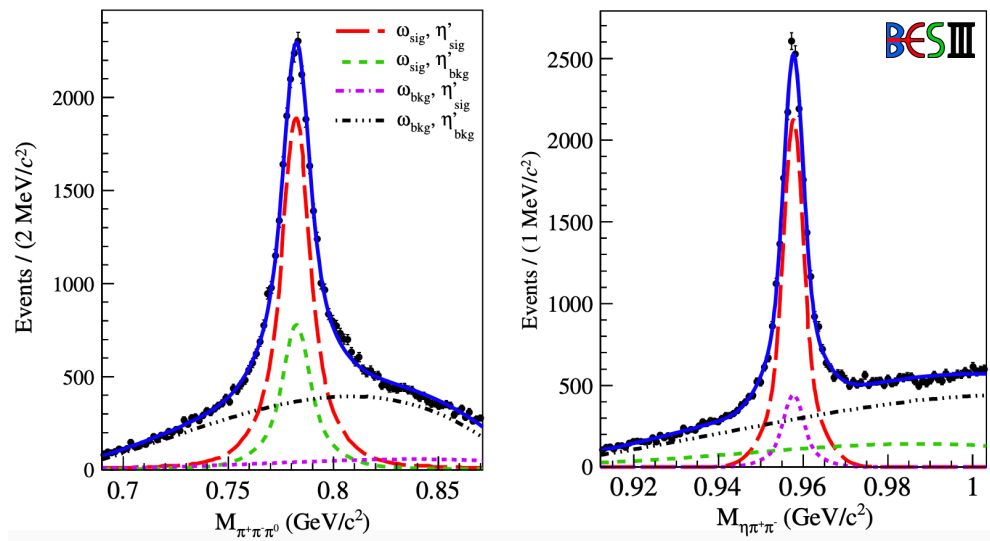


Molecola $p\bar{p}$?
Stato legato?
Glueball?

...

Ricerca della $X(1835)$ nei decadimenti adronici della J/ψ

PRD99,071101 (2019)

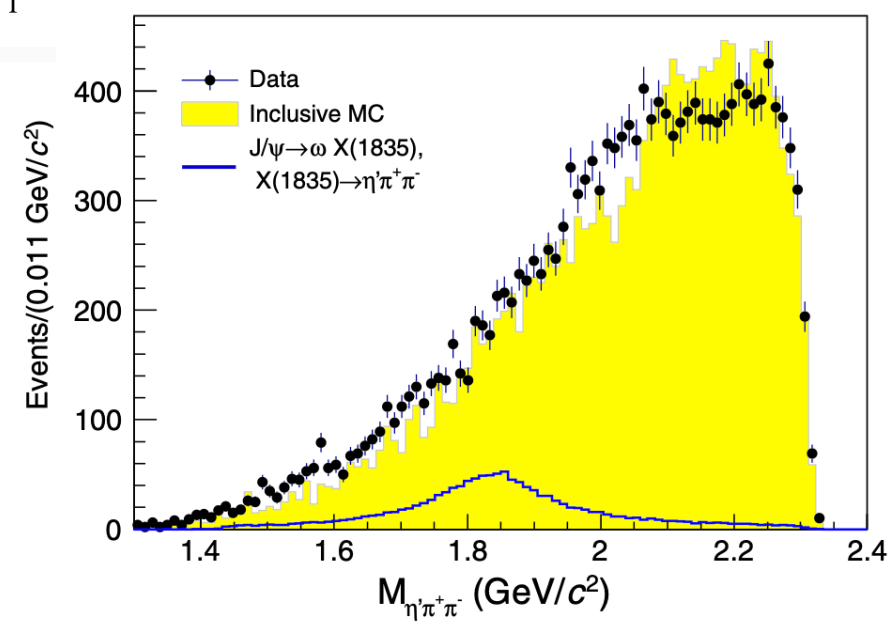


- $J/\psi \rightarrow \omega \eta' \pi^+ \pi^-$ usando 1.3×10^9 eventi raccolti all'energia della J/ψ
- Informazioni sulla componente gluonica

• Fit simultaneo per estrarre il BR:

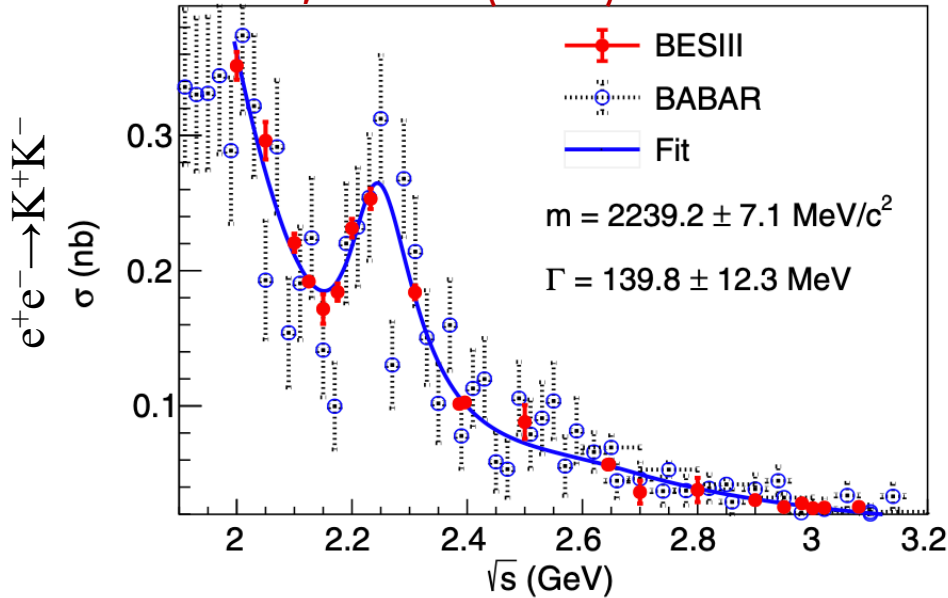
$$\mathcal{B}(J/\psi \rightarrow \omega \eta' \pi^+ \pi^-) = (1.12 \pm 0.02 \pm 0.13) \times 10^{-3}$$

$$\mathcal{B}(J/\psi \rightarrow \omega X(1835), X(1835) \rightarrow \eta' \pi^+ \pi^-) < \frac{N^{UL}}{N_{J/\psi} \cdot \epsilon' \cdot \mathcal{B}_{int} \cdot (1 - \sigma_{sys})} = 6.2 \times 10^{-5} @90\% \text{ C.L.}$$



$\phi(2170) \ \gamma(2175)$

PRD99,032001 (2019)

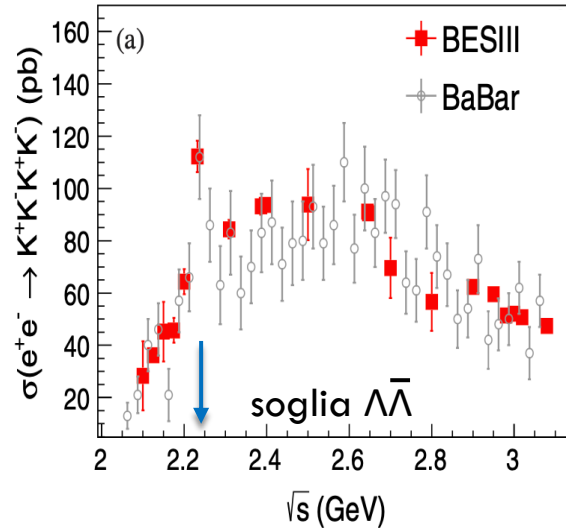


$e^+e^- \rightarrow K^+K^-$

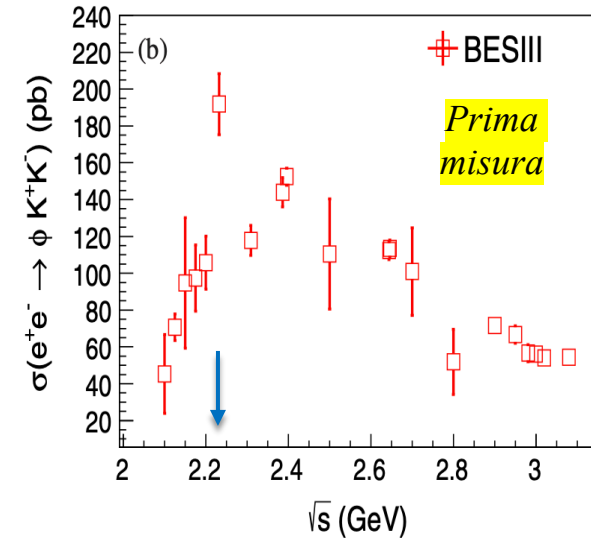
- Chiara struttura attorno a 2.23 GeV
- Differenza in massa $> 3\sigma$ e $> 2\sigma$ in larghezza rispetto alle medie relative a $\phi(2170)$ e $\rho(2150)$ dal PDG
- $\phi(2170) \rightarrow K^+K^-$ è sfavorito [PLB657,49]
 \rightarrow stato convenzionale $s\bar{s} \ 2^3D_1$ sfavorito

$e^+e^- \rightarrow 2(K^+K^-)$

- Buon accordo con BaBar ma più precisi
- Accumulo di dati vicino a soglia $\Lambda\bar{\Lambda}$
- Risonanza? Consistente con l'eccesso osservato nella sezione d'urto $e^+e^- \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$
- Effetto di soglia?



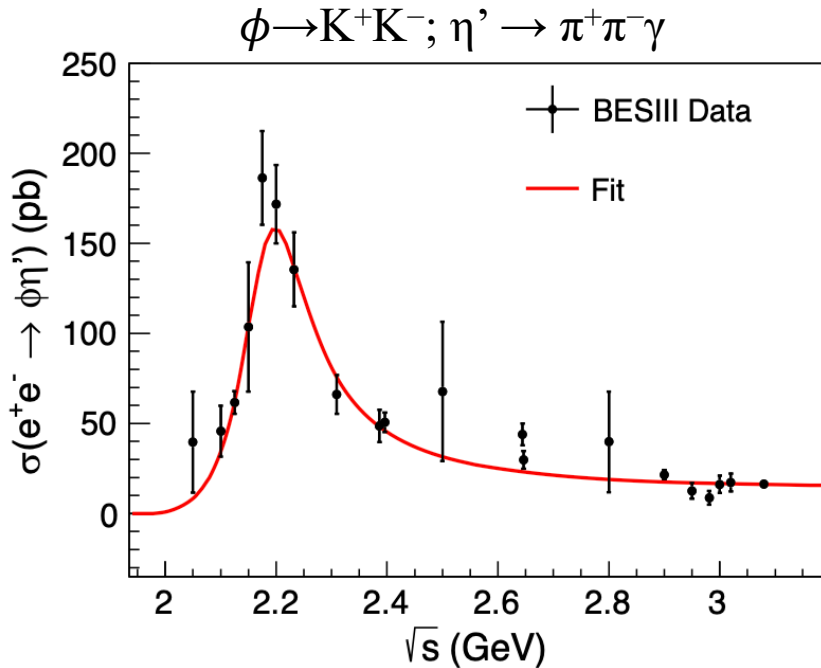
PRD100,032009 (2019)



$\phi(2170) \ \Upsilon(2175): e^+e^- \rightarrow \phi\eta'$

PRD102,012008 (2020)

- $s\bar{s}$ convenzionale: BR significativo nei canali $\phi\eta/\phi\eta'$
- $\phi\eta/\phi\eta'$: stati intermedi ω -like e ρ -like soppressi (OZI-rule)
- ipotesi stato ibrido $s\bar{s}g$: accoppiamento maggiore di un fattore [3-200] nel canale $\phi\eta$



- 20 punti in energia tra 2.05 e 3.08 GeV
- $\mathcal{L} = 640 \text{ pb}^{-1}$

Parameter	Solution I	Solution II
$\rightarrow M_R \text{ (MeV}/c^2)$	$2177.5 \pm 4.8(\text{stat}) \pm 19.5(\text{syst})$	
$\rightarrow \Gamma_{\text{tot}}^R \text{ (MeV)}$	$149.0 \pm 15.6(\text{stat}) \pm 8.9(\text{syst})$	
$\mathcal{B}_R \Gamma_{e^+e^-}^R \text{ (eV)}$	$7.1 \pm 0.7(\text{stat}) \pm 0.7(\text{syst})$	
$\varphi \text{ (rad)}$	3.13 ± 2.01	-0.01 ± 2.36

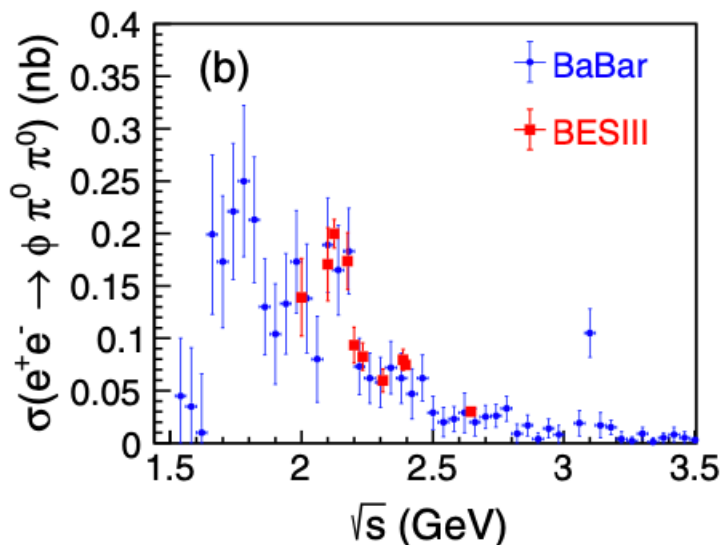
- ✓ BaBar $\phi\eta$: $1.7 \pm 0.7 \pm 1.3 \text{ eV}$, [PRD77, 092002(2008)]
- ✓ BESIII $\phi\eta'$: $7.1 \pm 0.7 \pm 0.7 \text{ eV}$, [PRD102,012008(2020)]

$$\frac{Br[\phi(2170) \rightarrow \phi\eta] \Gamma_{ee}}{Br[\phi(2170) \rightarrow \phi\eta'] \Gamma_{ee}} = 0.24 \pm 0.11$$

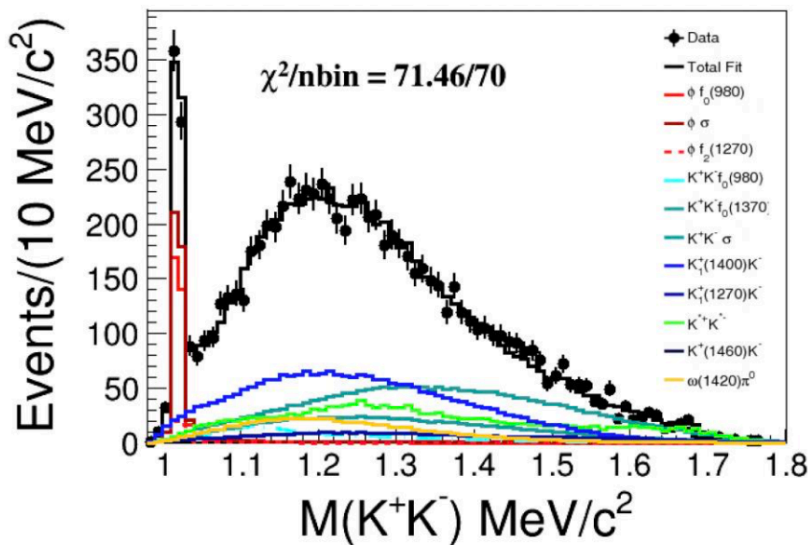
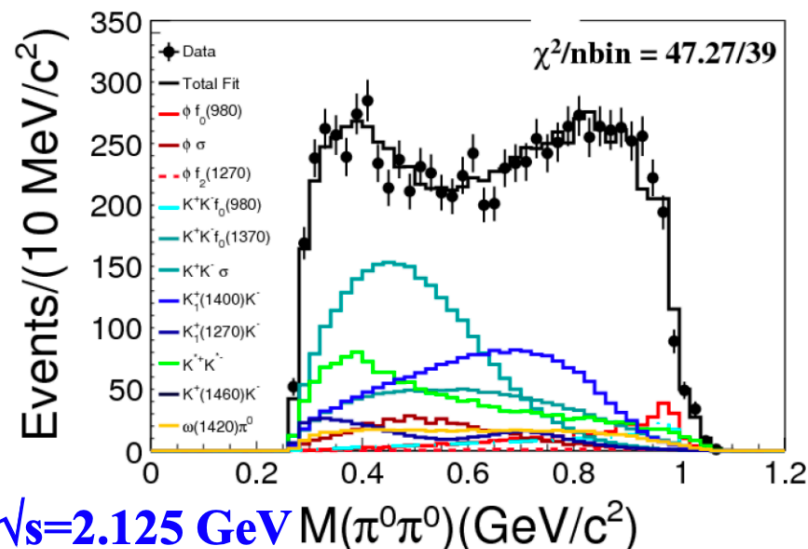
Rapporto diversi ordini di grandezza più piccolo rispetto a quanto previsto nei modelli in cui lo stato $\phi(2170)$ è descritto come uno stato ibrido $s\bar{s}g$ (PRD59,034016, PLB650,390)

$\phi(2170) \Upsilon(2175): e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^0\pi^0$

PRL124,112001 (2020)

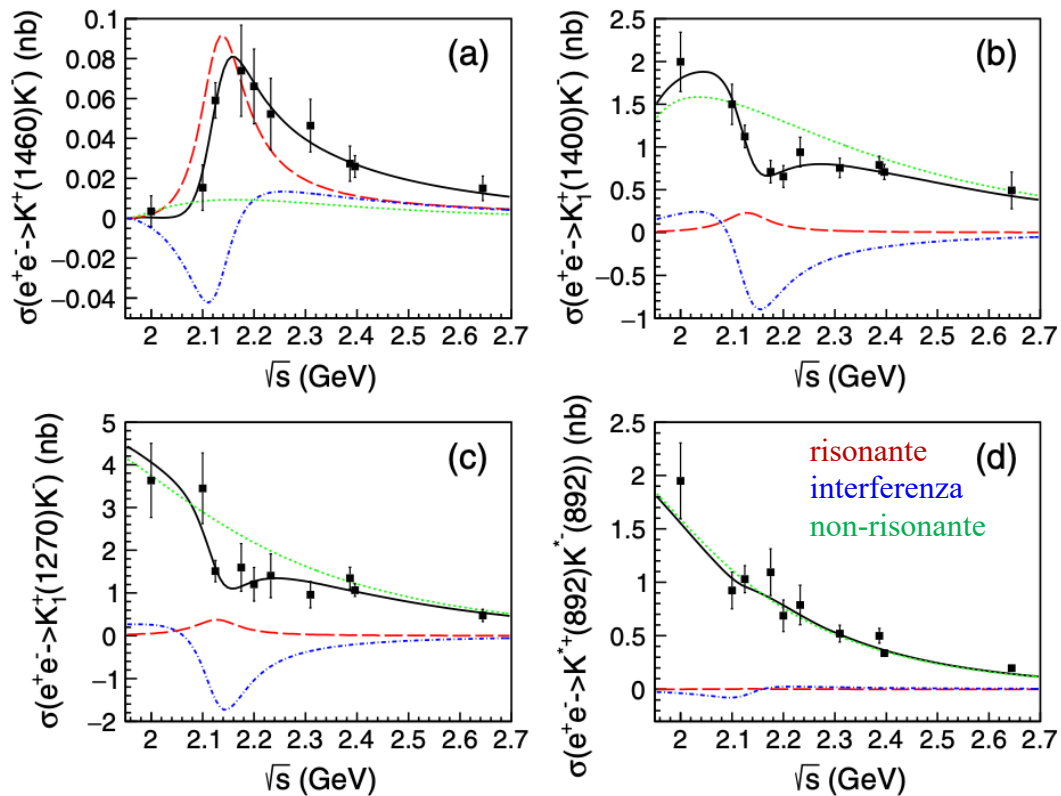


- PWA @ [2-2.644] GeV
- $\mathcal{L} = 300 \text{ pb}^{-1}$
- Importante per distinguere tra i vari modelli
- Sezione d'urto di Born in accordo con i dati di BaBar per i processi $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^0\pi^0/\phi \pi^0\pi^0$



$\phi(2170) \Upsilon(2175): e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^0\pi^0$

PRL124,112001 (2020)



- Studio dettagliato della sezione d'urto per i processi KK
- Fit simultaneo: somma coerente di una componente risonante con una non risonante

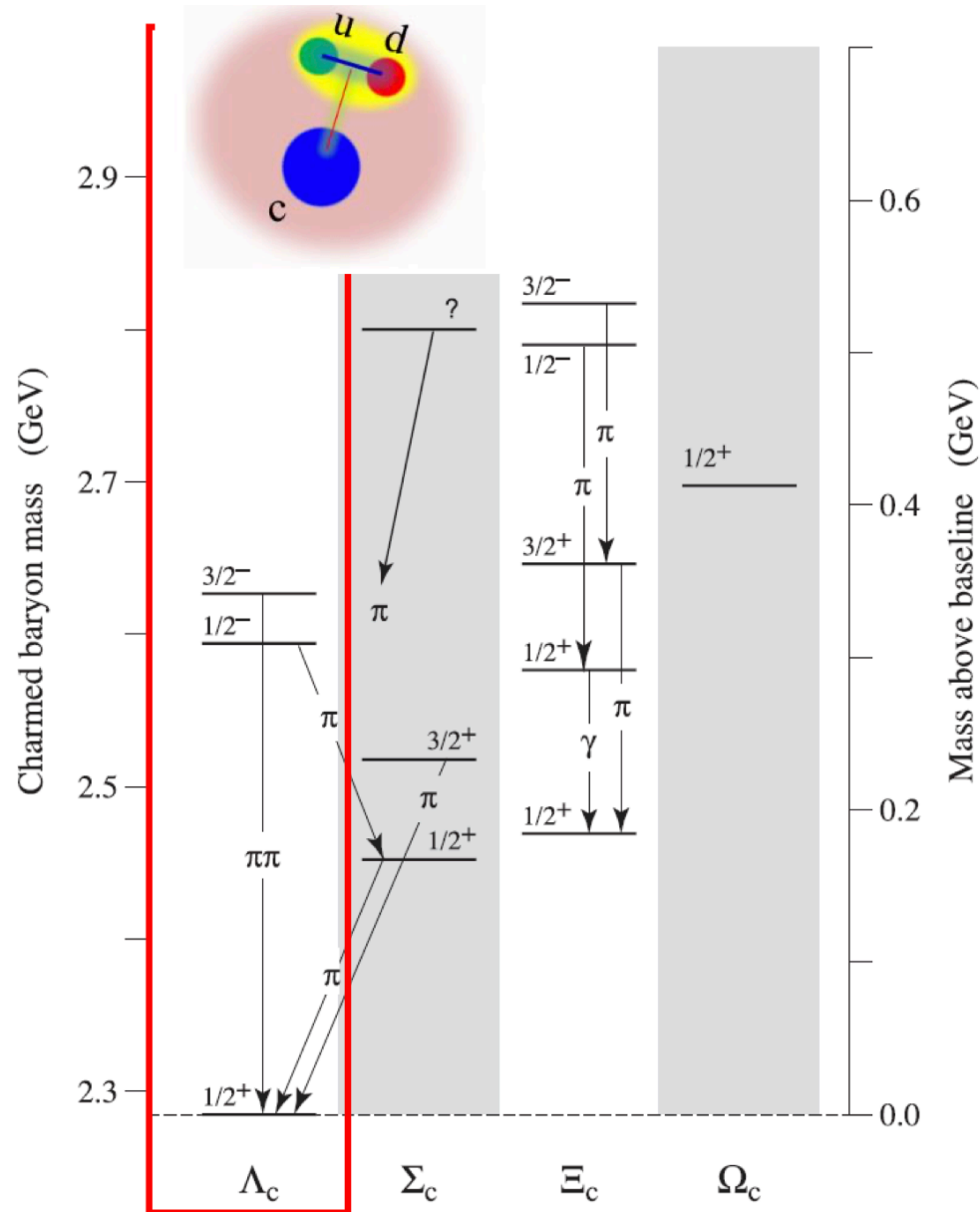
Channel	$\mathcal{B}_r \Gamma_R^{e^+e^-}$ (eV)	ϕ (rad)	significance (σ)	
$K^+(1460)K^-$	3.0 ± 3.8	5.6 ± 1.5	4.4	
$K_1^+(1400)K^-$	Solution 1	4.7 ± 3.3	3.7 ± 0.4	4.8
	Solution 2	98.8 ± 7.8	4.5 ± 0.3	
$K_1^+(1270)K^-$	Solution 1	7.6 ± 3.7	4.0 ± 0.2	1.4
	Solution 2	152.6 ± 14.2	4.5 ± 0.1	
$K^{*+}(892)K^{*-}(892)$	0.04 ± 0.2	5.8 ± 1.9	1.2	

$M_R = (2126 \pm 20.9) \text{ MeV}/c^2, \Gamma_R = (106.9 \pm 42.7) \text{ MeV}$
6.3 σ

- Struttura consistente con $\phi(2170)$
- In contrasto con l'ipotesi di uno stato convenzionale $s\bar{s} \ 3^3S_1$ (decade principalmente in K^*K^*) e 2^3D_1
- In contrasto con l'ipotesi di uno stato ibrido (decadimento dominante $K_1^+(1270)K^-$ e $K_1^+(1400)K^-$ e decadimento soppresso in $K^+(1460)K^-$)

La fisica della Λ_c

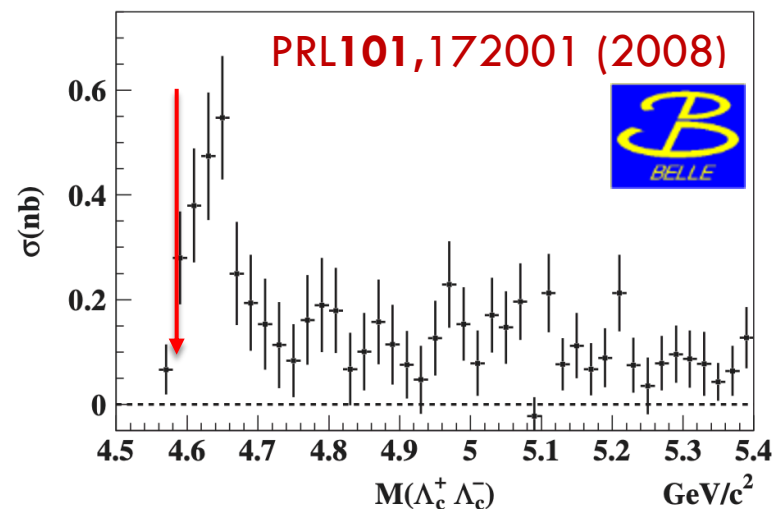
- Barione charmato più leggero
 - quark charm + diquark (u-d) con spin zero
- Molti dei barioni charmato decadono nella Λ_c
- Fornisce informazioni importanti per lo studio e comprensione della fisica della Λ_b
- $\Lambda_c \rightarrow pK^- \pi^+$ canale di riferimento
 - normalizzazione dei BFs
- Poco conosciuto:
 - BF totale < 60%;
incertezza $\sim 20\%$



La fisica della Λ_c : i dati di BESIII

- Dati raccolti da BESIII nel 2014 sopra soglia di produzione $\Lambda_c^+\Lambda_c^-$

Energia (GeV)	Luminosità (pb ⁻¹)
4.5745	47.67
4.5800	8.545
4.5900	8.162
4.5995	566.9



Prima misura della sezione d'urto $e^+e^- \rightarrow \Lambda_c^+\Lambda_c^-$ ottenuta da Belle (ISR)

- enhancement @ threshold

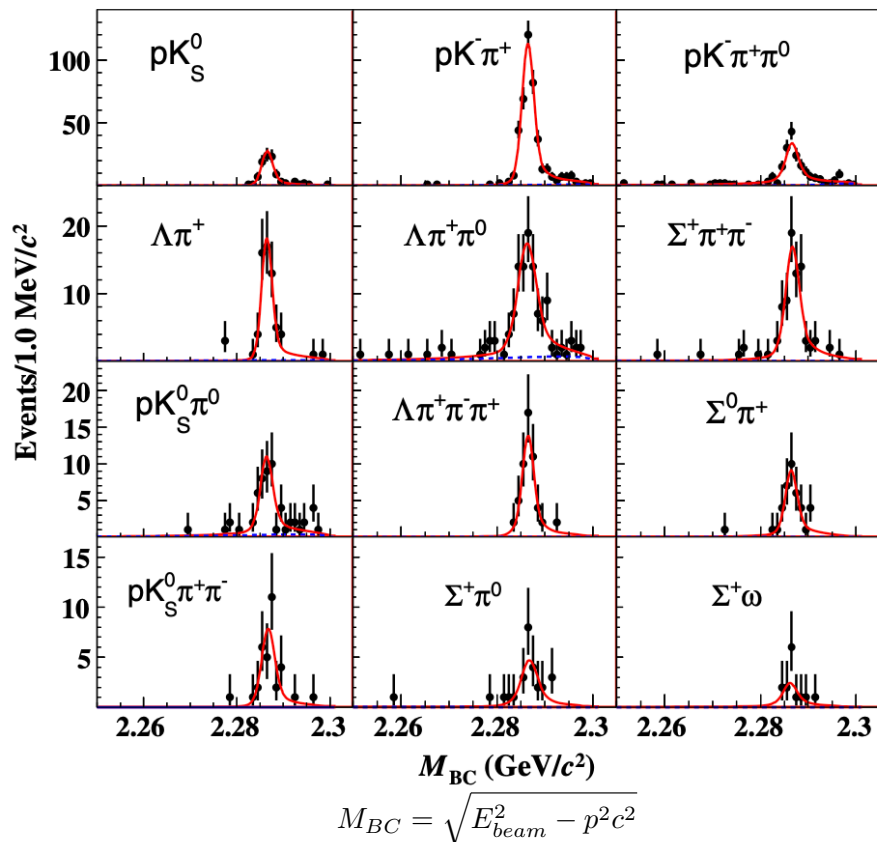
Vantaggi della produzione a soglia di $\Lambda_c^+\Lambda_c^-$

- Double-Tag: misura dei BRs assoluto e studio della dinamica del decadimento
- Basso fondo
- Molte sistematiche si cancellano

La fisica della Λ_c : i dati di BESIII

PRL116,052001 (2016)

Double-Tag

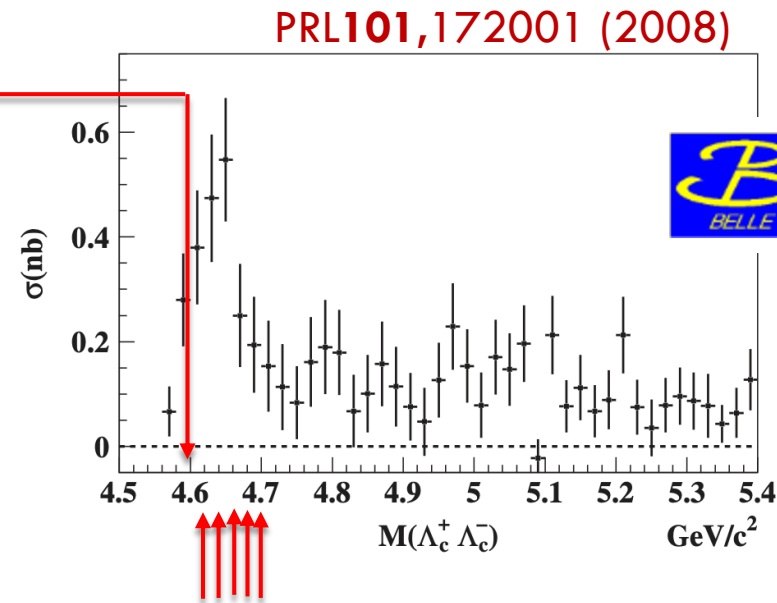
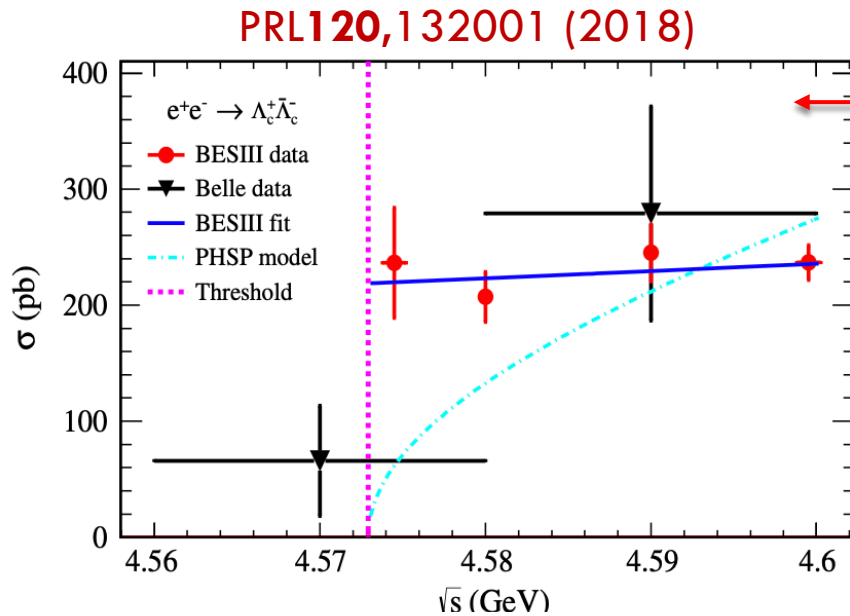


- $\mathcal{B}(pK^-\pi^+)$ consistente con quanto riportato nel PDG
- Precisione migliorata di un fattore 3-6 rispetto al PDG

- Prima misura dei BFs assoluti in 12 decadimenti adronici della Λ_c
 - $L = 567 \text{ pb}^{-1}$ @ $\sqrt{s}=4.5995$
- χ^2 fit tenendo conto delle correlazioni tra i 12 diversi modi di decadimento

Mode	This work (%)	PDG (%)
pK_S^0	$1.52 \pm 0.08 \pm 0.03$	1.15 ± 0.30
$pK^-\pi^+$	$5.84 \pm 0.27 \pm 0.23$	5.0 ± 1.3
$pK_S^0\pi^0$	$1.87 \pm 0.13 \pm 0.05$	1.65 ± 0.50
$pK_S^0\pi^+\pi^-$	$1.53 \pm 0.11 \pm 0.09$	1.30 ± 0.35
$pK^-\pi^+\pi^0$	$4.53 \pm 0.23 \pm 0.30$	3.4 ± 1.0
$\Lambda\pi^+$	$1.24 \pm 0.07 \pm 0.03$	1.07 ± 0.28
$\Lambda\pi^+\pi^0$	$7.01 \pm 0.37 \pm 0.19$	3.6 ± 1.3
$\Lambda\pi^+\pi^-\pi^+$	$3.81 \pm 0.24 \pm 0.18$	2.6 ± 0.7
$\Sigma^0\pi^+$	$1.27 \pm 0.08 \pm 0.03$	1.05 ± 0.28
$\Sigma^+\pi^0$	$1.18 \pm 0.10 \pm 0.03$	1.00 ± 0.34
$\Sigma^+\pi^+\pi^-$	$4.25 \pm 0.24 \pm 0.20$	3.6 ± 1.0
$\Sigma^+\omega$	$1.56 \pm 0.20 \pm 0.07$	2.7 ± 1.0

La fisica della Λ_c : i dati di BESIII



$$\sigma_{B\bar{B}}(s) = \frac{4\pi\alpha^2 C\beta}{3s} |G_M(s)|^2 \left(1 + \frac{2m_B^2 c^4}{s} \left| \frac{G_E(s)}{G_M(s)} \right|^2 \right)$$

- Crescita a soglia della sezione d'urto
- indicazione della complessità dei meccanismi di produzione della Λ_c a soglia

- 4 fb^{-1} raccolti quest'anno tra 4.62 GeV e 4.7 GeV \rightarrow $\sim 74\text{k}$ coppie $\Lambda_c^+ \Lambda_c^-$
- Circa 7 volte più grande rispetto ai dati raccolti nel 2014
 - Segnale pulito e basso fondo
 - Studio sistematico di tutti i decadimenti della Λ_c

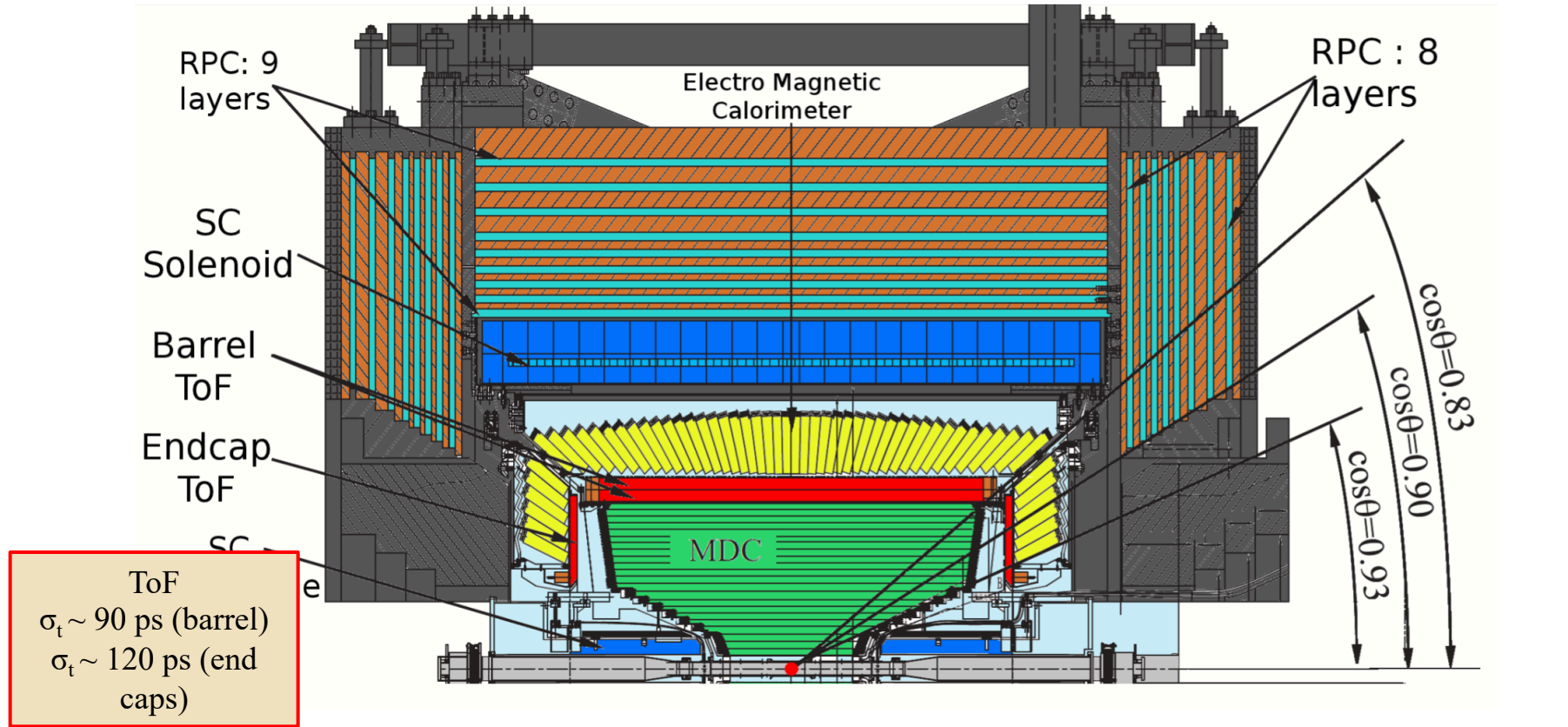
Conclusioni

- *BESIII continuerà a prendere dati per altri 10 anni circa*
 - *CGEM-IT upgrade (Comunicazione by Lia Lavezzi)*
 - Ogni anno viene programmata la nuova presa dati in base alle proposte della collaborazione
 - Energia nel centro di massa fino a 4.9 GeV
 - Studi più dettagliati degli stati XYZ (Y(4660))
 - Studio delle proprietà di decadimento dei barioni Σ_c e Ξ_c
- *$\phi(2170)$: altri studi necessari per identificarne le proprietà e capirne la natura*
- *Λ_c : nuovo data set in studio*
- *10 miliardi di dati raccolti alla J/ψ*
 - Studio dei decadimenti dei mesoni leggeri con una precisione mai vista
 - Nel prossimo futuro ci aspettiamo di ottenere nuovi risultati interessanti!!!
- *Numerosi altri risultati non discussi ma altrettanto importanti pubblicati recentemente (charmonio, D/D* decays, ...)*

Back-up slides

The BESIII Detector

Nucl. Instr. Meth. A614, 345 (2010)



Drift Chamber
 $\sigma_{r\phi} \sim 130$ μm (single wire)
 $\sigma_{pt}/p_t \sim 0.5$ % @ 1 GeV

Electromagnetic CsI(Tl) Calorimeter
 $\sigma_E/E < 2.5$ % @ 1 GeV (barrel)
 $\sigma_E/E < 5$ % @ 1 GeV (end caps)
 $\sigma_{xy} \sim (6 \text{ mm})/E^{1/2}$ @ 1 GeV

RPC Muon Detector
 $\Delta\Omega/4\pi=93$ %

BESIII physics programme

Light hadron physics

- Meson and baryon spectroscopy
- Multiquark states
- Threshold effects
- Glueballs and hybrids
- two-photon physics
- Form factors

QCD and τ

- Precision R measurement
- τ decay

Charmonium physics

- Precision spectroscopy
- Transitions and decays

XYZ meson physics

- $Y(4260)$, $Y(4360)$ properties
- $Z_c(3900)^+$, ...

Charm physics

- Semi-leptonic form factors
- Decay constants f_D and f_{D_s}
- CKM matrix: $|V_{cd}|$ and $|V_{cs}|$
- D^0 - \bar{D}^0 mixing, CPV
- Strong phases

Precision mass measurements

- τ mass
- D , D^* mass

BESIII Data Sets (primary):

(e^+e^- collisions at E_{CM} between 2.0 and 4.6 GeV)

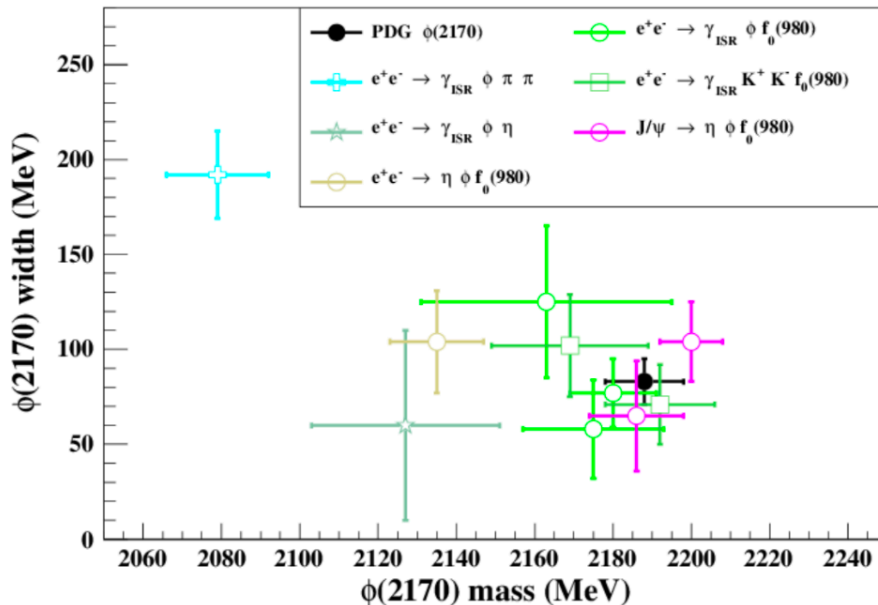
- 2009: 106M $\psi(2S)$
225M J/ψ
- 2010: 975 pb^{-1} at $\psi(3770)$
- 2011: **2.9 fb^{-1} at $\psi(3770)$ (total)**
482 pb^{-1} at **4.01 GeV**
- 2012: **0.45B $\psi(2S)$ (total)**
1.3B J/ψ (total)
- 2013: **1092 pb^{-1} at 4.23 GeV**
826 pb^{-1} at **4.26 GeV**
540 pb^{-1} at **4.36 GeV**
 $\sim 50 \text{ pb}^{-1}$ at **3.81, 3.90, 4.09, 4.19, 4.21,**
4.22, 4.245, 4.31, 4.39, 4.42 GeV
- 2014: 1029 pb^{-1} at **4.42 GeV**
110 pb^{-1} at **4.47 GeV**
110 pb^{-1} at **4.53 GeV**
48 pb^{-1} at **4.575 GeV**
567 pb^{-1} at **4.6 GeV**
0.8 fb^{-1} **R-scan** from 3.85 to 4.59 GeV (104 points)
- 2015: **R-scan** from 2-3 GeV + **2.175 GeV** data
- 2016: **$\sim 3\text{fb}^{-1}$ at 4.18 GeV (for D_s)**
- 2017: $7 \times 500 \text{ pb}^{-1}$ between **4.19** and **4.27 GeV**
- 2018: more J/ψ (and tuning new RF cavity)
- 2019: **10B J/ψ** ; **XYZ** data between **4.29** and **4.42 GeV**
- 2020: **XYZ** data and $\Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$ data between **4.6** and **4.7 GeV**

The nature of $\phi(2170)$

PDG2018

$\phi(2170)$ DECAY MODES

Mode	Fraction (Γ_i/Γ)
Γ_1 $e^+ e^-$	seen
Γ_2 $\phi \eta$	
Γ_3 $\phi \pi \pi$	
Γ_4 $\phi f_0(980)$	seen
Γ_5 $K^+ K^- \pi^+ \pi^-$	
Γ_6 $K^+ K^- f_0(980) \rightarrow K^+ K^- \pi^+ \pi^-$	seen
Γ_7 $K^+ K^- \pi^0 \pi^0$	
Γ_8 $K^+ K^- f_0(980) \rightarrow K^+ K^- \pi^0 \pi^0$	seen
Γ_9 $K^{*0} K^\pm \pi^\mp$	not seen
Γ_{10} $K^*(892)^0 \bar{K}^*(892)^0$	not seen



- From experiments:

- ✓ Limited decay modes
- ✓ Diverged mass & width

- On theory side:

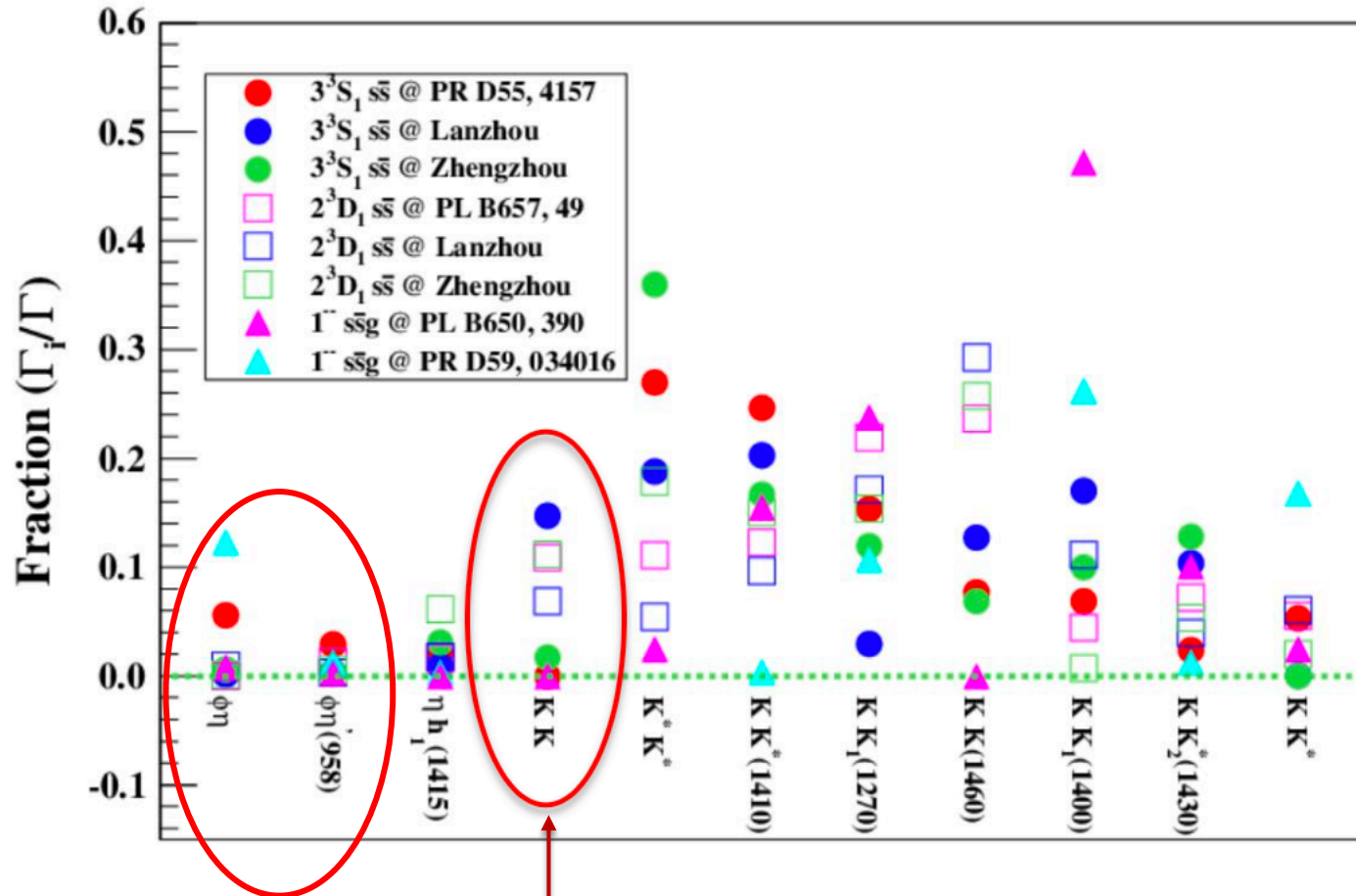
- ✓ $s\bar{s}g$ hybrid
- ✓ 2^3D_1 or 3^3S_1 $s\bar{s}$
- ✓ Tetraquark
- ✓ Molecular state $\Lambda\bar{\Lambda}$
- ✓ $\phi f_0(980)$ resonance w/ FSI
- ✓ Three-body system ϕKK
- ✓ Conclusion? Not yet.

- Not fully understood.

TABLE VIII. Significance of possible intermediate processes at $\sqrt{s} = 2.125$ and 2.396 GeV.

process	Significance (2.125 GeV)	Significance (2.396 GeV)
$K^+(1460)K^-$	$>8.0 \sigma$	6.4σ
$K_1^+(1270)K^-$	$>8.0 \sigma$	$>8.0 \sigma$
$K_1^+(1400)K^-$	$>8.0 \sigma$	$>8.0 \sigma$
$K^{*+}(892)K^{*-}(892)$	$>8.0 \sigma$	$>8.0 \sigma$
$K_0^{*+}(1430)K^{*-}(892)$	$>8.0 \sigma$	7.5σ
$K_2^{*+}(1430)K^{*-}(892)$	–	6.4σ
$\phi(1020)\sigma$	$>8.0 \sigma$	–
$\phi(1020)f_0(980)$	$>8.0 \sigma$	$>8.0 \sigma$
$\phi(1020)f_0(1370)$	–	6.9σ
$\phi(1020)f_2(1270)$	5.0σ	–
$\omega(1420)\pi^0$	$>8.0 \sigma$	5.2σ
$K^+K^-\sigma$	$>8.0 \sigma$	$>8.0 \sigma$
$K^+K^-f_0(980)$	6.2σ	$>8.0 \sigma$
$K^+K^-f_0(1370)$	$>8.0 \sigma$	7.4σ
$K^{*+}(892)K^-\pi^0$	–	5.4σ

$\phi(2170)$: theoretical prediction



PRD102,012008 (2020)

PRD99,032001 (2019)

Λ_c papers

Published papers (14 published papers+1 submitted):

- 1 Measurement of the absolute BF for $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda e^+ \nu_e$ [PRL115,221805 (2015)]
- 2 Measurement of the absolute hadronic BFs for Λ_c Baryon [PRL116, 052001 (2016)]
- 3 Measurement of SCS decays $\Lambda_c \rightarrow p \pi^+ \pi^-$ and $\Lambda_c \rightarrow p K^+ K^-$ [PRL117, 232002 (2016)]
- 4 Observation of $\Lambda_c \rightarrow n K_S^0 \pi^+$ [PRL118, 112001 (2017)]
- 5 Evidence of the SCS decay $\Lambda_c \rightarrow p \eta$ and search for $\Lambda_c \rightarrow p \pi^0$ [PRL117, 232002 (2016)]
- 6 Measurement of the absolute BF for $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \mu^+ \nu_\mu$ [PLB767,42 (2017)]
- 7 Observation of the decay $\Lambda_c^+ \rightarrow \Sigma^- \pi^+ \pi^+ \pi^0$ [PLB772, 388(2017)]
- 8 Precision measurements of $e^+ e^- \rightarrow \Lambda_c^+ \Lambda_c^-$ near threshold [PRL120, 132001(2018)]
- 9 Measurement of absolute BF of inclusive decay $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda + X$ [PRL121, 062003(2018)]
- 10 Measurement of absolute BF of inclusive semileptonic decay [PRL121,251801(2018)]
- 11 Measurements of absolute BFs for $\Lambda_c^+ \rightarrow \Xi^0 K^+$ and $\Xi(1530)^0 K^+$ [PLB783,200(2018)]
- 12 Weak decay asymmetries $\Lambda_c^+ \rightarrow p K_S^0$, $\Lambda \pi$, $\Sigma^+ \pi^0$ and $\Sigma^0 \pi^+$ [PRD100, 072004(2019)]
- 13 Evidence for the decays of $\Lambda_c^+ \rightarrow \Sigma^+ \eta$ and $\Sigma^+ \eta'$ [Chin. Phys. C 43(2019)083002]
- 14 Measurement of BFs of $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \eta$ and $\Sigma(1385)^+ \eta$ [PRD100, 072004(2019)]
- 15 Measurement of the absolute BFs of the inclusive decay $\Lambda_c^+ \rightarrow K_S^0 X$ [arXiv:2005.11211]

With 567/pb data collected at BESIII in one month, 14 (8 PRL) related papers were published till now. Lots of other topics are undergoing.

