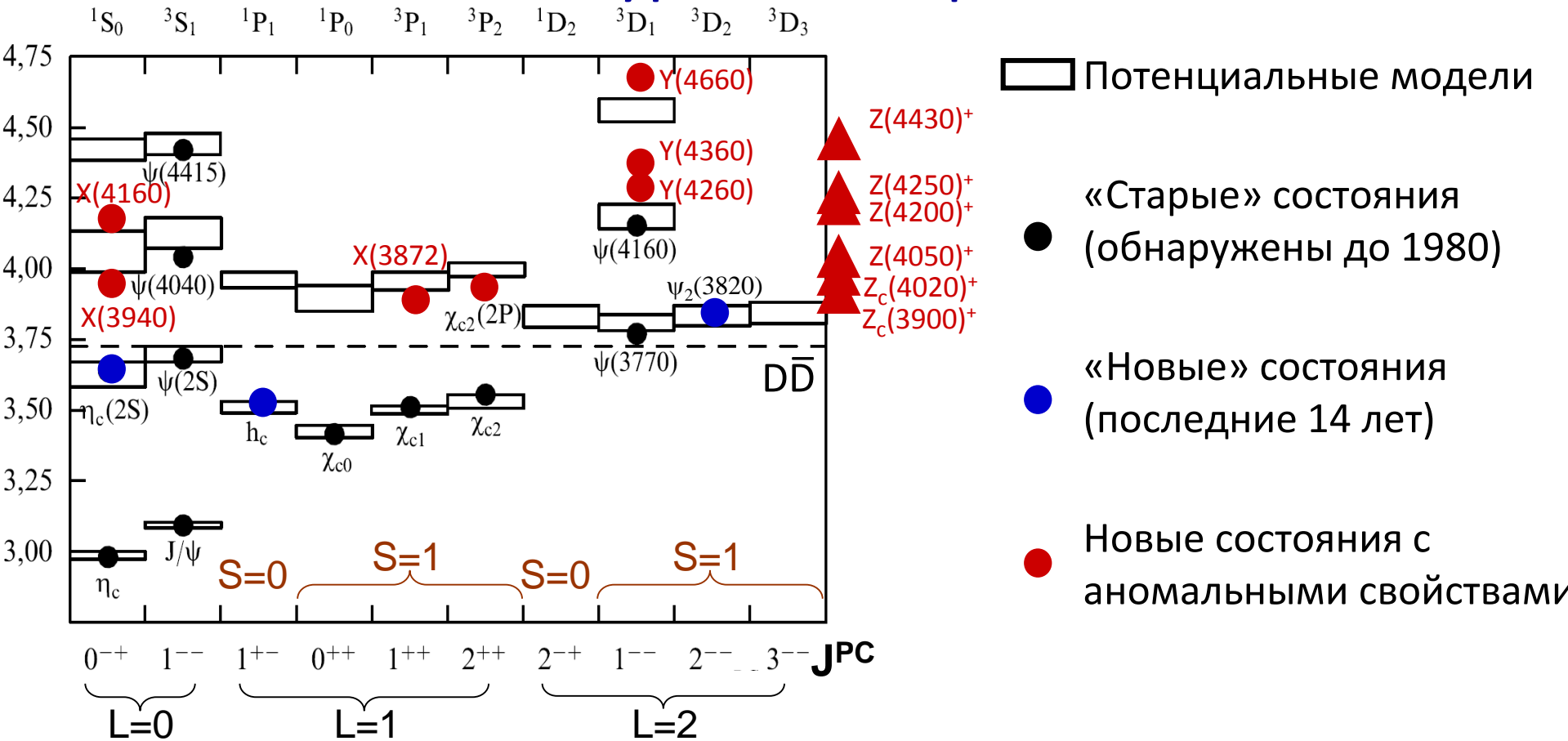


Девятые Черенковские чтения, 19 апреля 2016, ФИАН

# Экзотический кварконий и черенковские детекторы

Р.В. Мизюк  
(ФИАН, МИФИ, МФТИ)

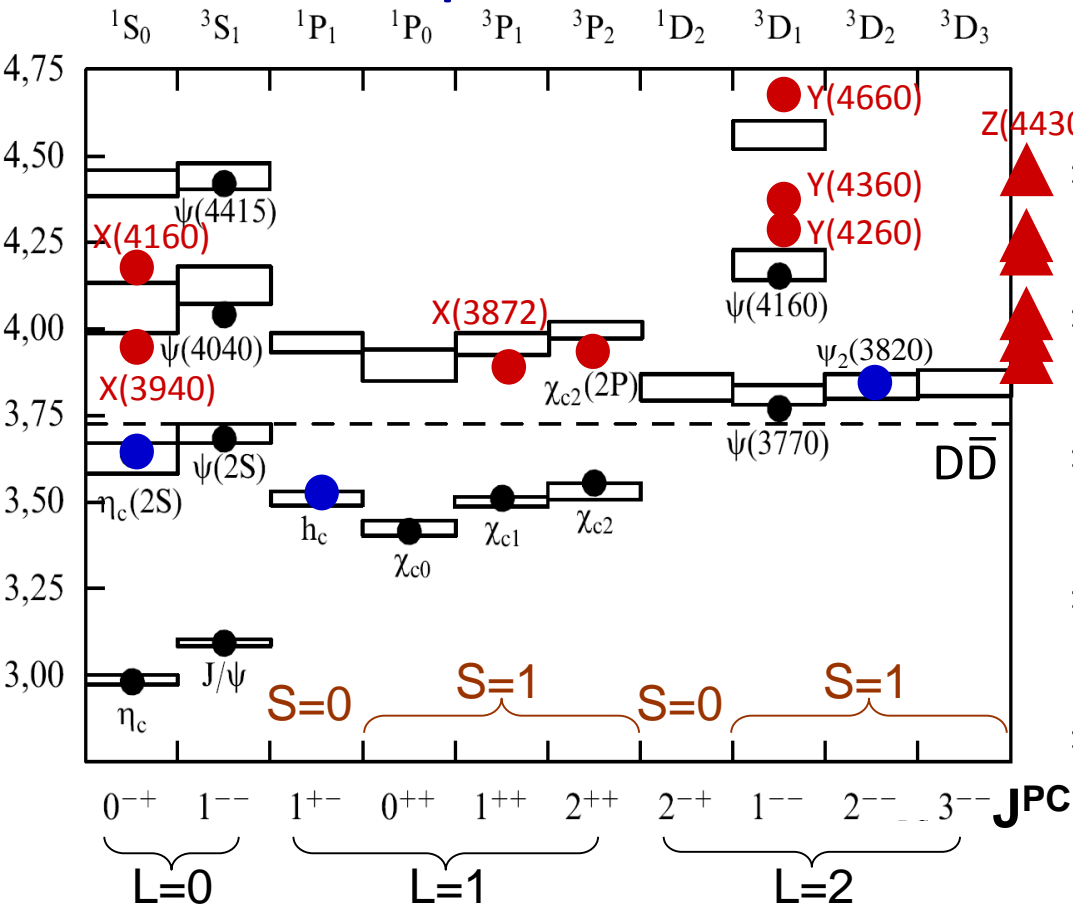
# Схема уровней чармония



Состояния ниже порога  $D\bar{D}$  узкие (аннигиляция или  $\rightarrow$  другие уровни)

Состояния выше порога  $D\bar{D}$  широкие ( $\rightarrow D\bar{D}, D\bar{D}^*, \dots$ )

# Чармоний



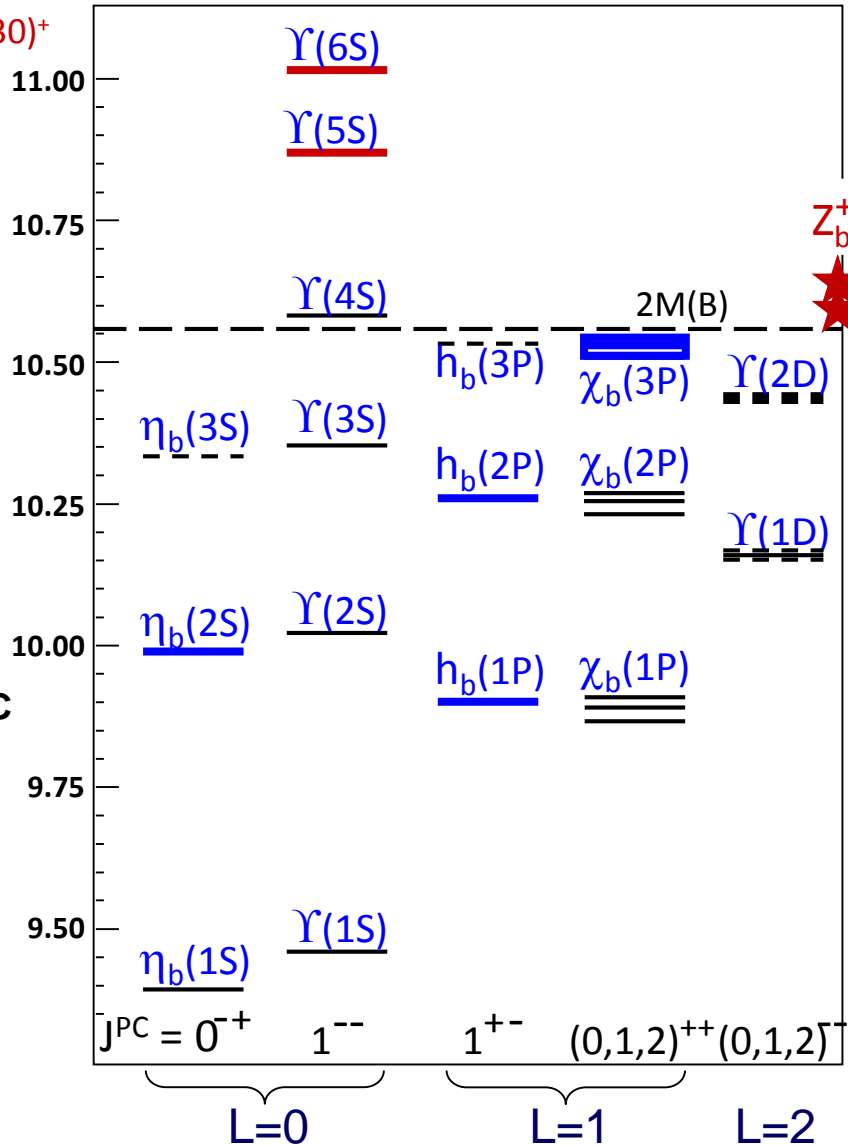
– Состояния вблизи порогов

$Z_b(10610)$ ,  $Z_b(10650)$ ,  $X(3872)$

– Векторные состояния

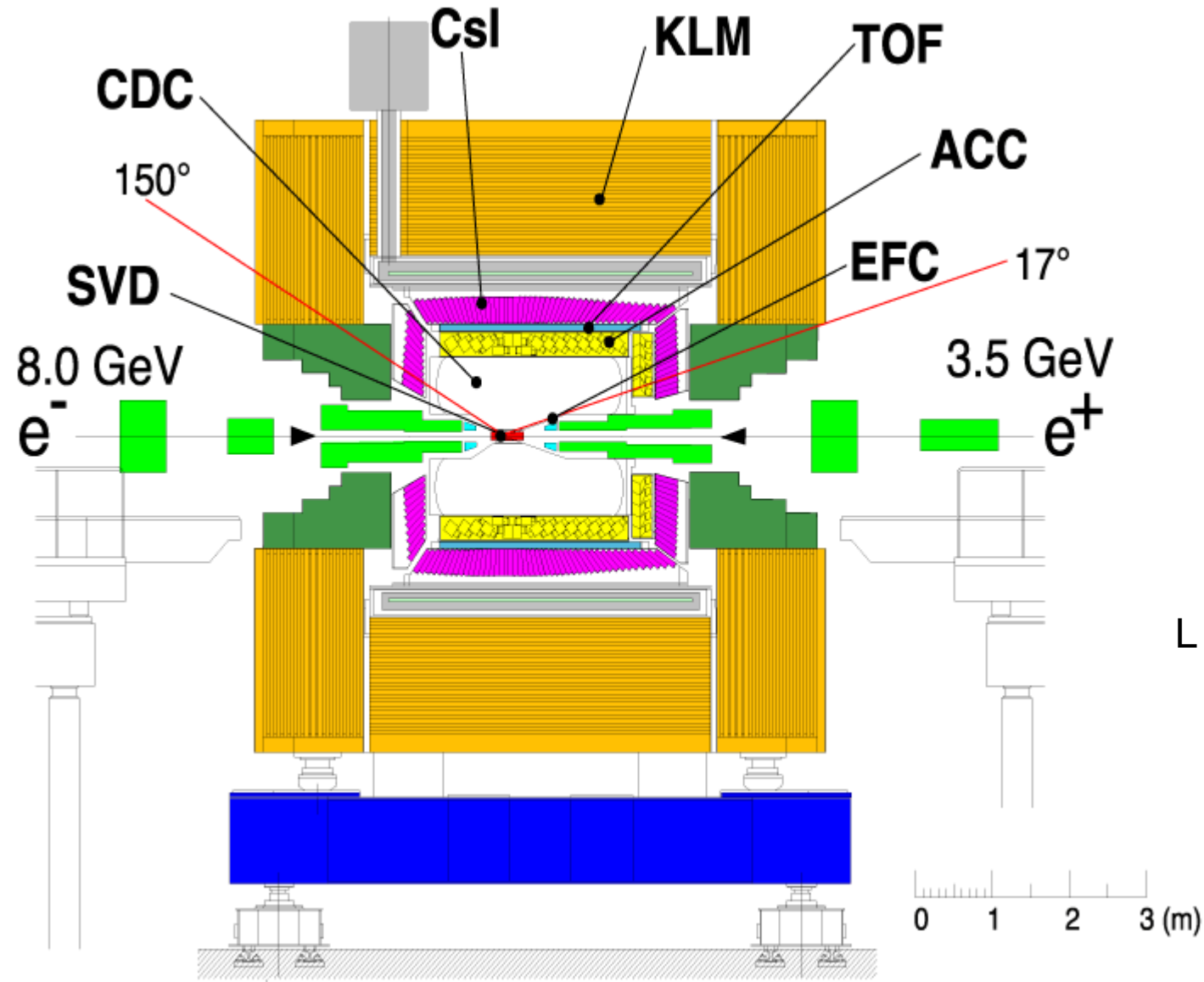
$\psi(4040)$ , ...  $Y(4260)$ , ...  $Y(5S, 6S)$

# Боттомоний



# Детектор Belle на $e^+e^-$ коллайдере КЕКВ

Набор данных в 1999-2010гг в лаборатории КЕК (г. Цукуба, Япония)



$> 1 \text{ ab}^{-1}$

**On resonance:**

$\Upsilon(5S): 121 \text{ fb}^{-1}$

$\Upsilon(4S): 711 \text{ fb}^{-1}$

$\Upsilon(3S): 3 \text{ fb}^{-1}$

$\Upsilon(2S): 24 \text{ fb}^{-1}$

$\Upsilon(1S): 6 \text{ fb}^{-1}$

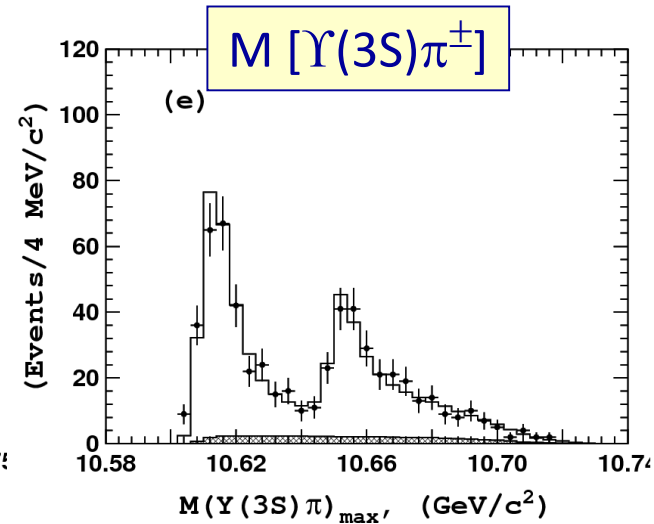
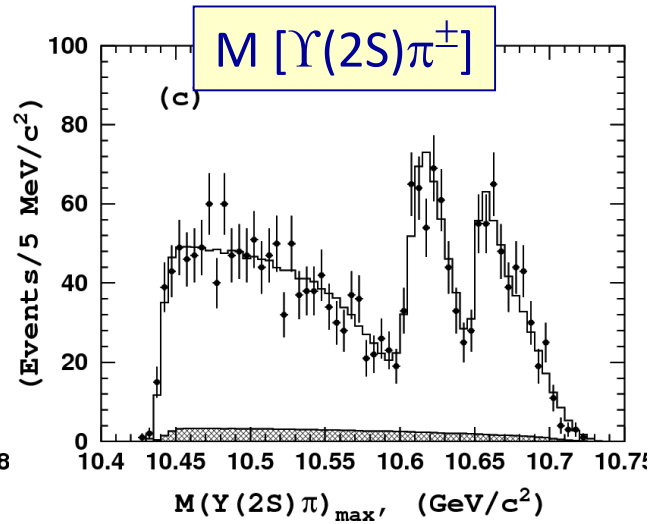
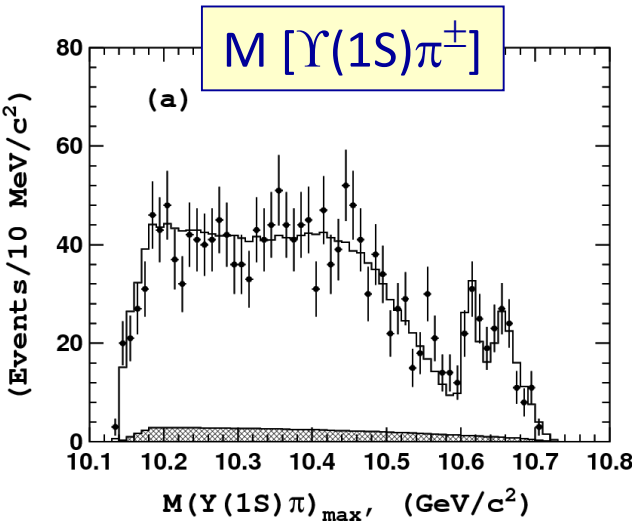
**Off reson./scan :**

$\sim 100 \text{ fb}^{-1}$

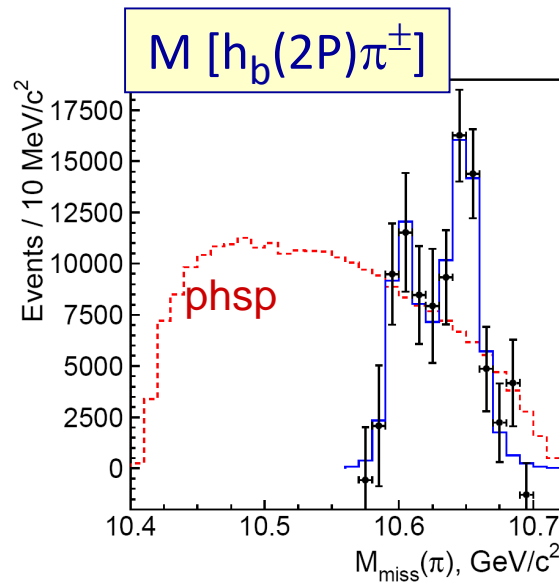
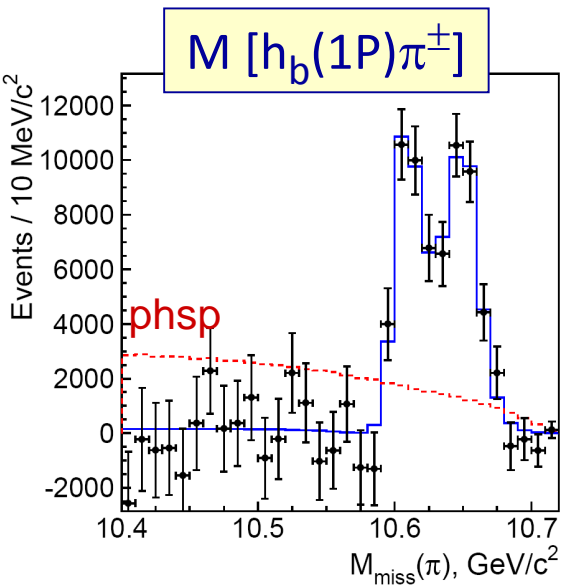
$L = 2.11 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

# $Z_b$ – промежуточные состояния в распадах:

$$\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(1S, 2S, 3S) \pi^+ \pi^-, h_b(1P, 2P) \pi^+ \pi^-$$



Belle PRL108,122001(2012)



$\Rightarrow Z_b(10610),$   
 $Z_b(10650)$

минимальный кварковый  
состав:

$| b\bar{b}u\bar{d} \rangle$

$Z_b(10610)$	$M = 10607.2 \pm 2.0 \text{ MeV}$ $\Gamma = 18.4 \pm 2.4 \text{ MeV}$	вблизи порога $B\bar{B}^*$ $\delta M = +2.6 \pm 2.1 \text{ MeV}$
$Z_b(10650)$	$M = 10652.2 \pm 1.5 \text{ MeV}$ $\Gamma = 11.5 \pm 2.2 \text{ MeV}$	вблизи порога $B^*\bar{B}^*$ $\delta M = +1.8 \pm 1.7 \text{ MeV}$

Молекула

$|B^{(*)}\bar{B}^*\rangle$



Распады на составляющие

$$Z_b(10610) \rightarrow B\bar{B}^*$$

$$Z_b(10650) \rightarrow B^*\bar{B}^*$$

должны доминировать

$$Z_b(10610) \quad M = 10607.2 \pm 2.0 \text{ MeV}$$

$$\Gamma = 18.4 \pm 2.4 \text{ MeV}$$

вблизи порога  $B\bar{B}^*$

$$\delta M = +2.6 \pm 2.1 \text{ MeV}$$

$$Z_b(10650) \quad M = 10652.2 \pm 1.5 \text{ MeV}$$

$$\Gamma = 11.5 \pm 2.2 \text{ MeV}$$

вблизи порога  $B^*\bar{B}^*$

$$\delta M = +1.8 \pm 1.7 \text{ MeV}$$

Молекула

$$|B^{(*)}\bar{B}^*\rangle$$



Распады на составляющие

$$Z_b(10610) \rightarrow B\bar{B}^*$$

$$Z_b(10650) \rightarrow B^*\bar{B}^*$$

должны доминировать

Дикварк-антидикварк ?

$$|(bq)(\bar{b}\bar{q})\rangle$$



Распады на  $B^{(*)}\bar{B}^*$  не выделены

$$\Gamma(B^{(*)}\bar{B}^*) \sim \Gamma(\Upsilon\pi) \sim \Gamma(h_b\pi)$$

дикварк разрушается в любом случае

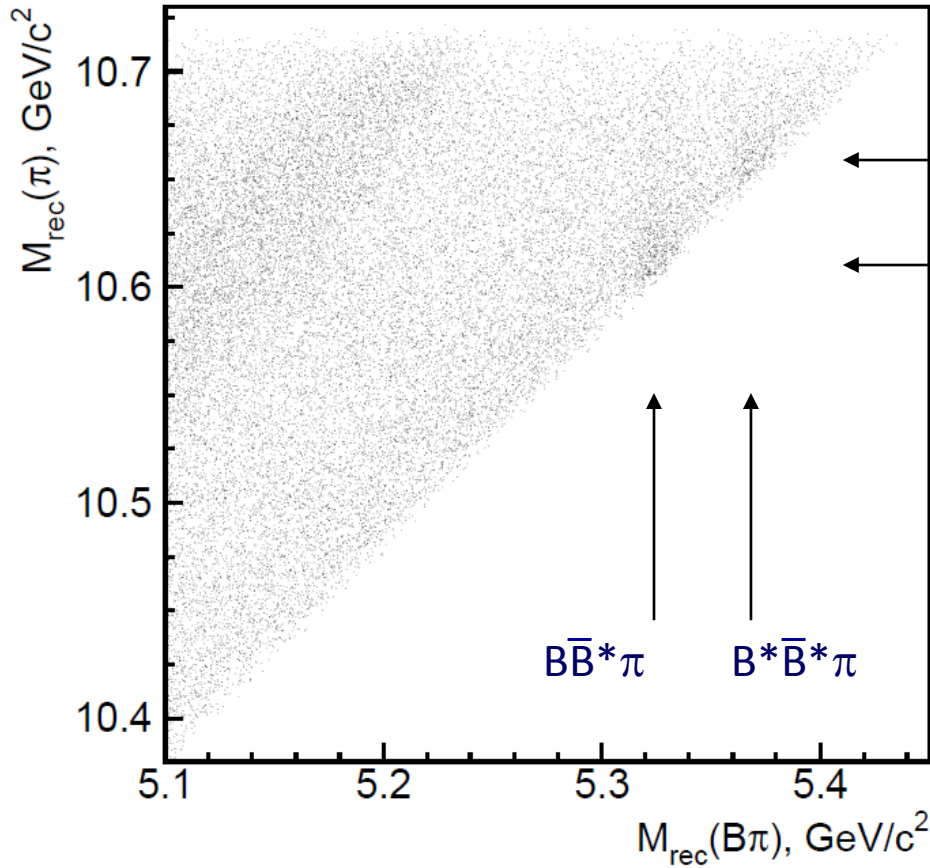
Ali, Hambrock, Wang,  
PRD85,054011(2012)



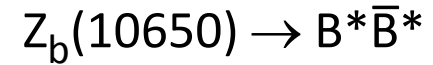
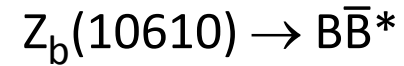
Восстанавливаем один В мезон и  $\pi$ , используем массу отдачи:

$$M_{\text{rec}}(B\pi) = \sqrt{(E_{e^+e^-} - E_{B\pi})^2 - (\vec{p}_{e^+e^-} - \vec{p}_{B\pi})^2}$$

Belle arxiv:1512.07419



Видны сигналы





Channel	Fraction, %	
	$Z_b(10610)$	$Z_b(10650)$
$\Upsilon(1S)\pi^+$	$0.60 \pm 0.17 \pm 0.07$	$0.17 \pm 0.06 \pm 0.02$
$\Upsilon(2S)\pi^+$	$4.05 \pm 0.81 \pm 0.58$	$1.38 \pm 0.45 \pm 0.21$
$\Upsilon(3S)\pi^+$	$2.40 \pm 0.58 \pm 0.36$	$1.62 \pm 0.50 \pm 0.24$
$h_b(1P)\pi^+$	$4.26 \pm 1.28 \pm 1.10$	$9.23 \pm 2.88 \pm 2.28$
$h_b(2P)\pi^+$	$6.08 \pm 2.15 \pm 1.63$	$17.0 \pm 3.74 \pm 4.1$
$B^+ \bar{B}^{*0} + \bar{B}^0 B^{*+}$	$82.6 \pm 2.9 \pm 2.3$	—
$B^{*+} \bar{B}^{*0}$	—	$70.6 \pm 4.9 \pm 4.4$

$B\bar{B}^*$ ,  $B^*\bar{B}^*$  доминируют, как и ожидается для молекулярной структуры

Belle PRD91,072003(2015)

6D

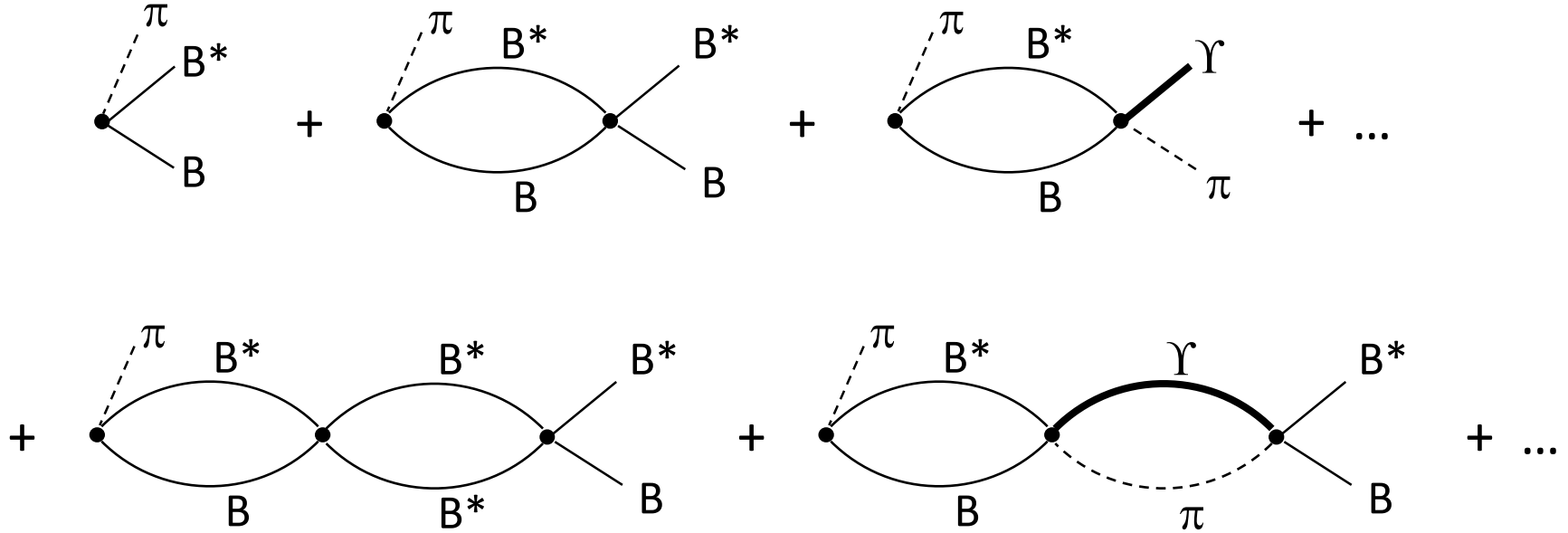
Полный амплитудный анализ каналов  $\Upsilon(nS)\pi\pi \Rightarrow$

$Z_b(10610) \quad J^P = 1^+$

$Z_b(10650) \quad J^P = 1^+$

$B^{(*)}\bar{B}^*$  в S-волне

# Механизм связи

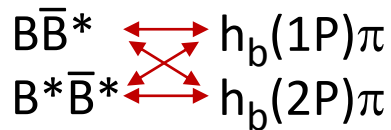
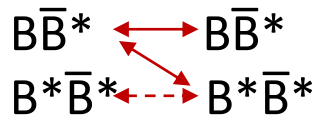


⇒ полюс в амплитудах – «резонанс связанных каналов»

⇒ Феноменологическая параметризация амплитуды

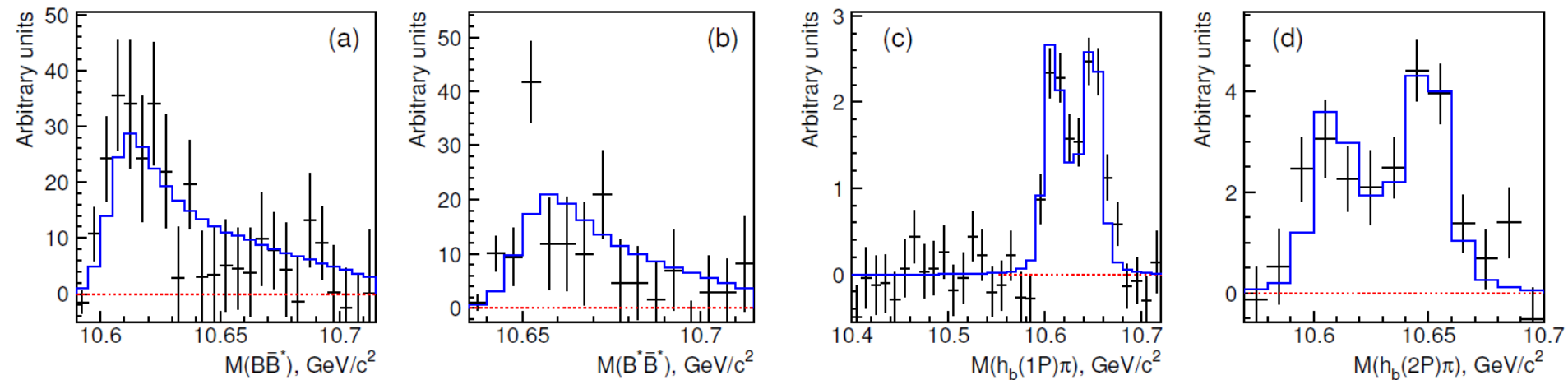
Guo, Hanhart, Kalashnikova, RM, Nefediev, Wang arxiv:1602.00940

параметры: константы связи в вершинах



$$\left. \begin{array}{l} B\bar{B}^* \\ B^*\bar{B}^* \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \Upsilon(1S)\pi \\ \Upsilon(2S)\pi \\ \Upsilon(3S)\pi \end{array} \right.$$

⇒ Одновременный фит 4 каналов:



Полюса амплитуды вблизи  $B\bar{B}^*$ ,  $B^*\bar{B}^*$  порогов на II и III листах поверхности Римана

⇒  $Z_b$  – виртуальные состояния

*потенциала немножко не хватает  
для образования связанного состояния*

$$B\bar{B}^*: \quad -1.1^{+0.8}_{-0.5} - i 0.06 \pm 0.02 \text{ MeV}$$

$$B^*\bar{B}^*: \quad -1.1^{+0.8}_{-0.5} - i 0.08^{+0.03}_{-0.05} \text{ MeV}$$

Найденные параметры могут вычисляться в моделях КХД или на решетках ⇒ мост между теорией и экспериментом. Изучение мезон-мезонного потенциала.

Планы:

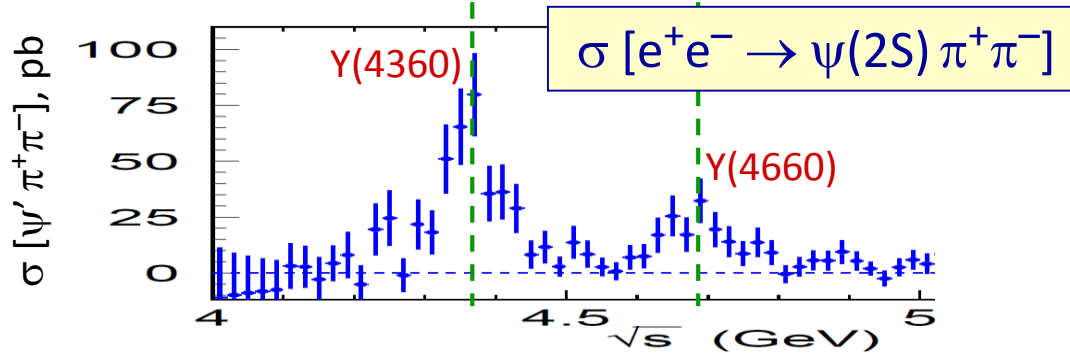
- добавить каналы  $\Upsilon\pi$  (нерезонансный вклад ⇒ многомерный анализ)
- улучшить точность в каналах  $B\bar{B}^*$ ,  $B^*\bar{B}^*$
- учесть обмен пионами (ожидается, что эффект мал)

# Векторные кваркониеподобные состояния

# Сечения в области чармония

using ISR

BaBar PRD86,051102R(2012)  
Belle PRL110,252002(2013)  
BaBar PRD89,111103(2014)  
Belle PRD91,112007(2015)

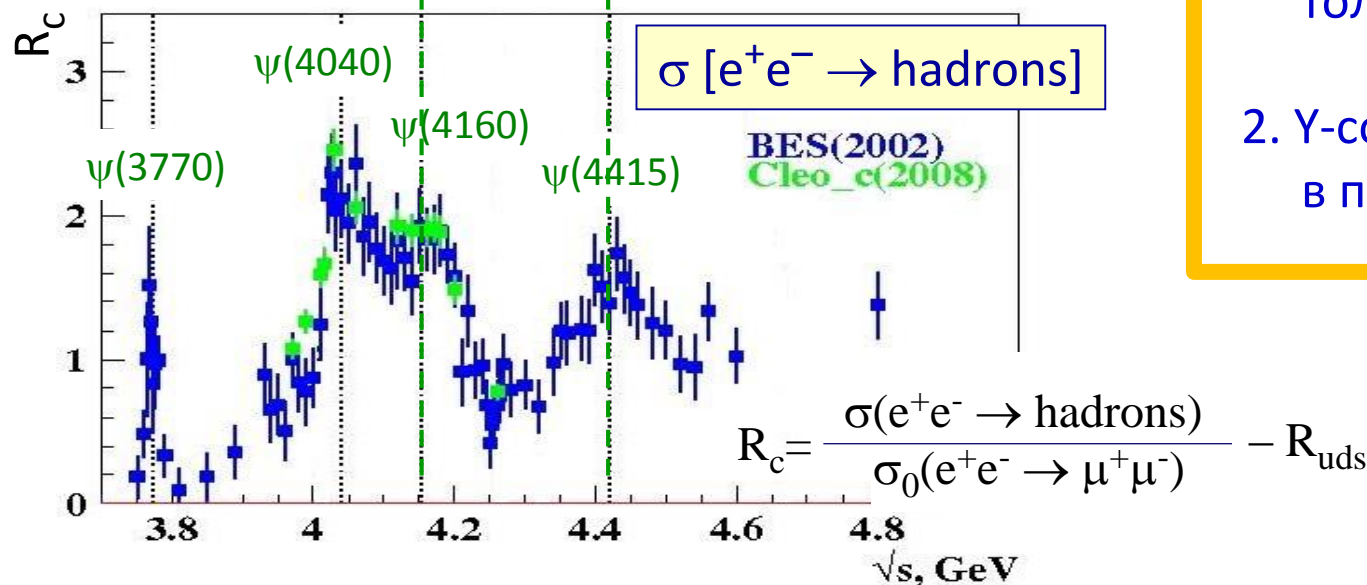
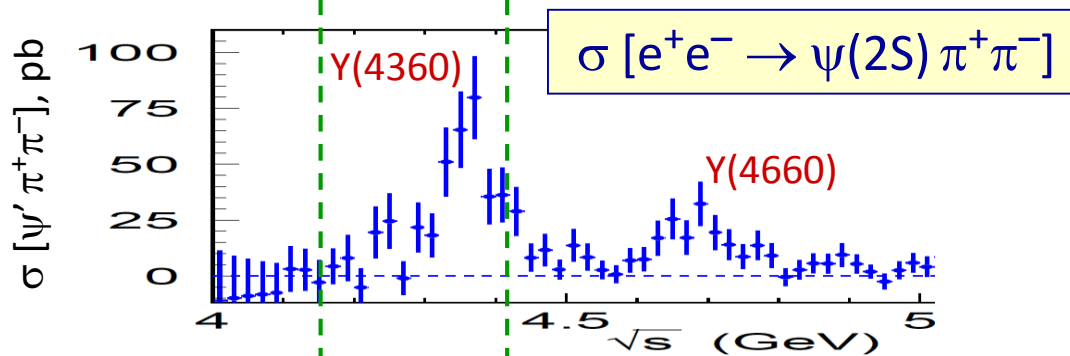
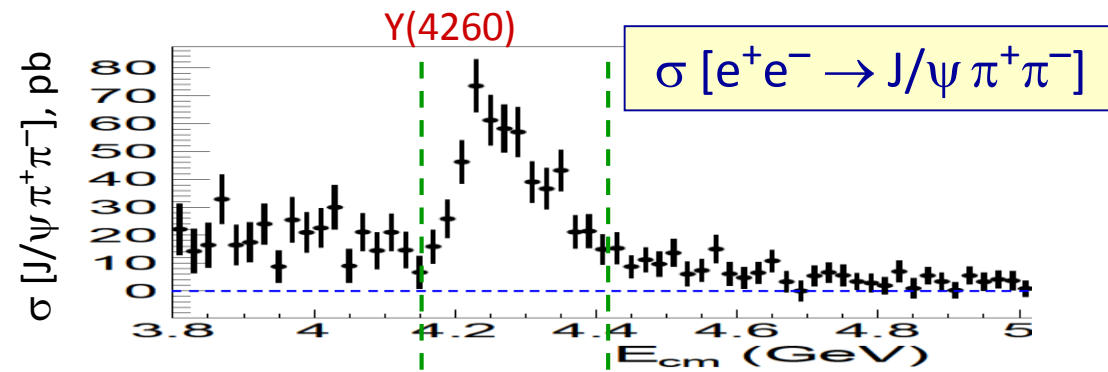


Неожиданности:

1.  $\Upsilon$ -состояния распадаются только по одному каналу.

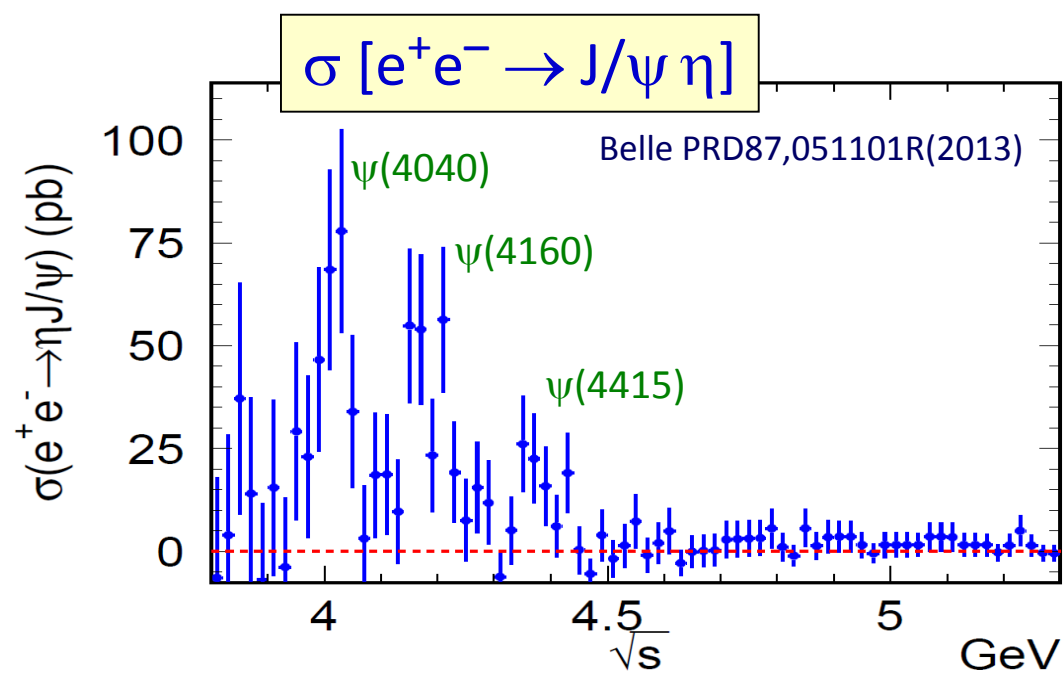
# Сечения в области чармония

BaBar PRD86,051102R(2012)  
 Belle PRL110,252002(2013)  
 BaBar PRD89,111103(2014)  
 Belle PRD91,112007(2015)

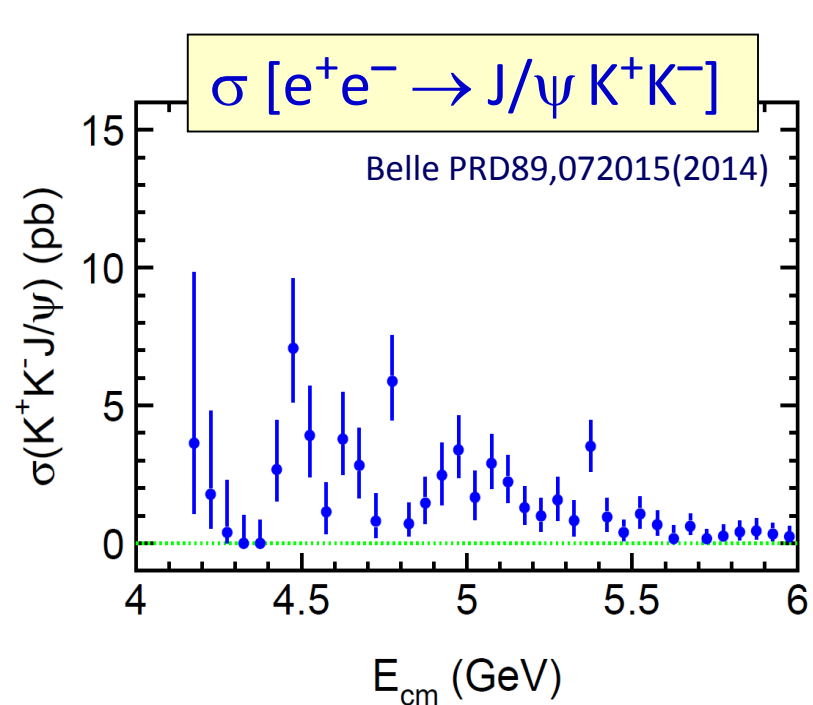


## Неожиданности:

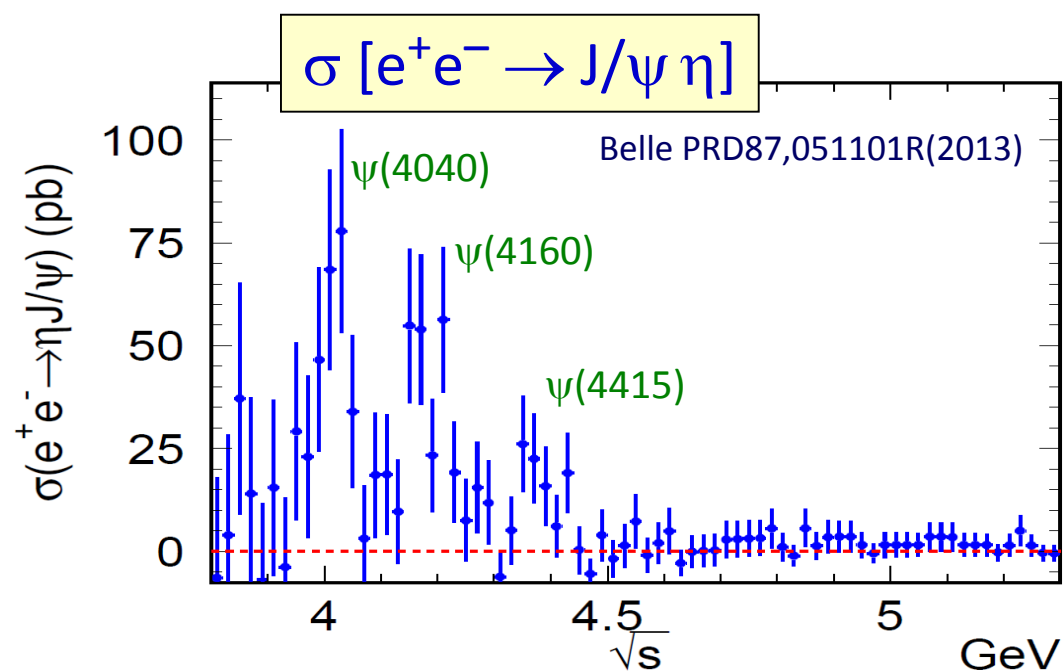
1.  $\Upsilon$ -состояния распадаются только по одному каналу.
2.  $\Upsilon$ -состояния не видны в полном сечении.



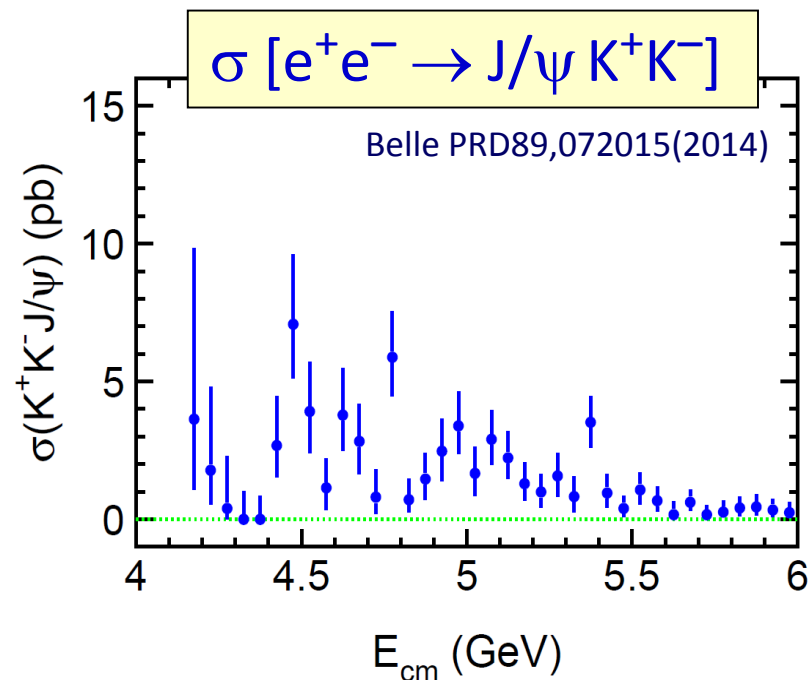
$\Rightarrow \psi(4040), \psi(4160), \psi(4415)$



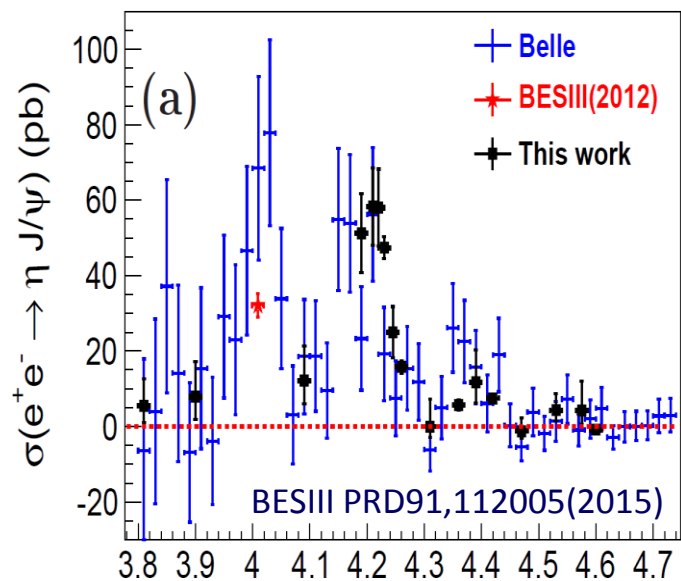
$\Rightarrow$  новые  $\Upsilon$ -состояния



$\Rightarrow \psi(4040), \psi(4160), \psi(4415)$

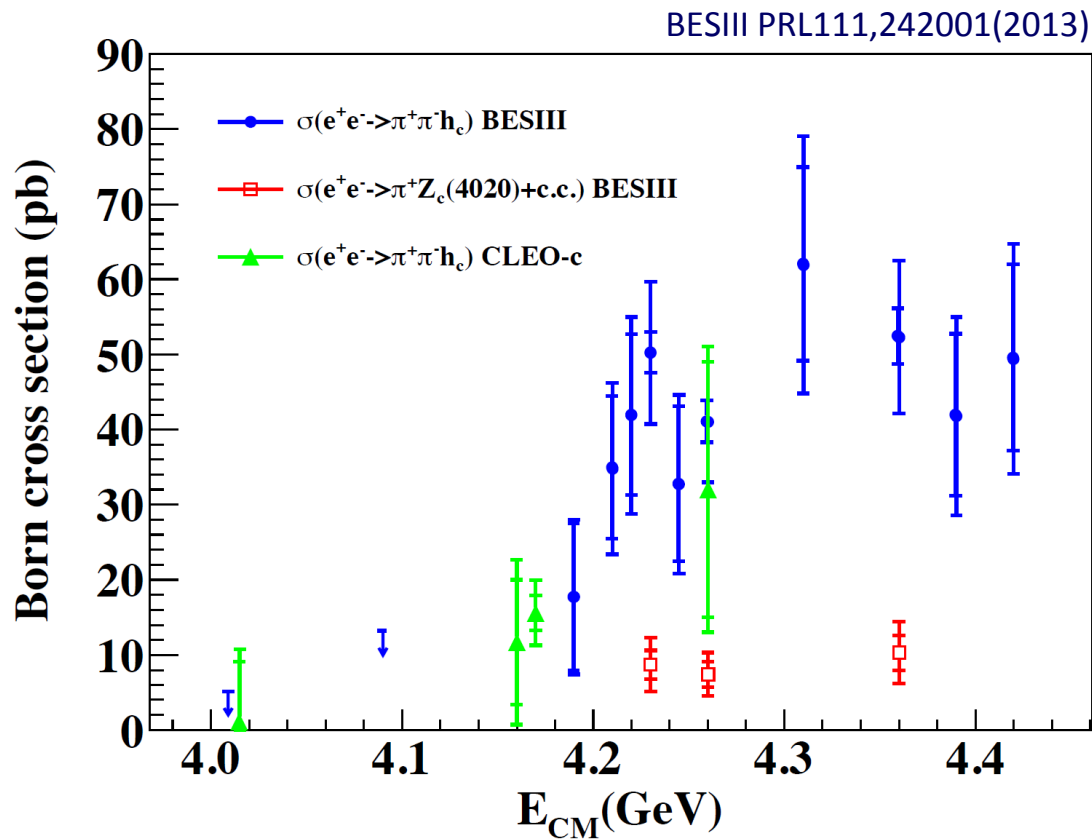


$\Rightarrow$  новые  $\Upsilon$ -состояния





$$\sigma [e^+e^- \rightarrow h_c \pi^+\pi^-]$$



⇒ нерезонансное рождение

# Векторные чармониеподобные состояния

Все сечения  $e^+ e^- \rightarrow \text{charmonium} + \text{light hadrons}$   
имеют различные формы

Каждое состояние  $Y$  или  $\psi$  распадается только по одному каналу:

$$Y(4260) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$$

$$Y(4360) \rightarrow \psi(2S) \pi^+ \pi^-$$

$$Y(4660) \rightarrow \psi(2S) \pi^+ \pi^-$$

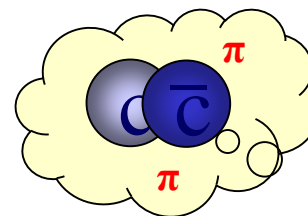
$$\psi(4040) \rightarrow J/\psi \eta, \text{ open charm}$$

$$\psi(4160) \rightarrow J/\psi \eta, \text{ open charm}$$

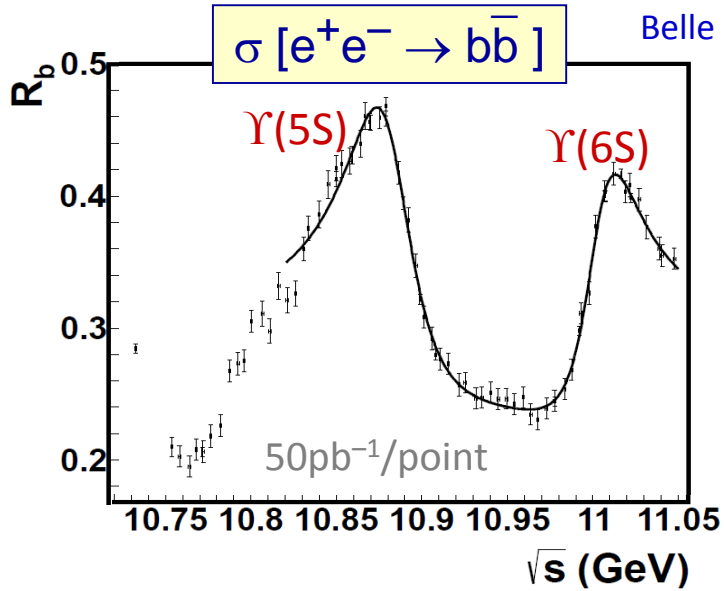
$$\psi(4415) \rightarrow J/\psi \eta, \text{ open charm}$$

## Адрочармоний

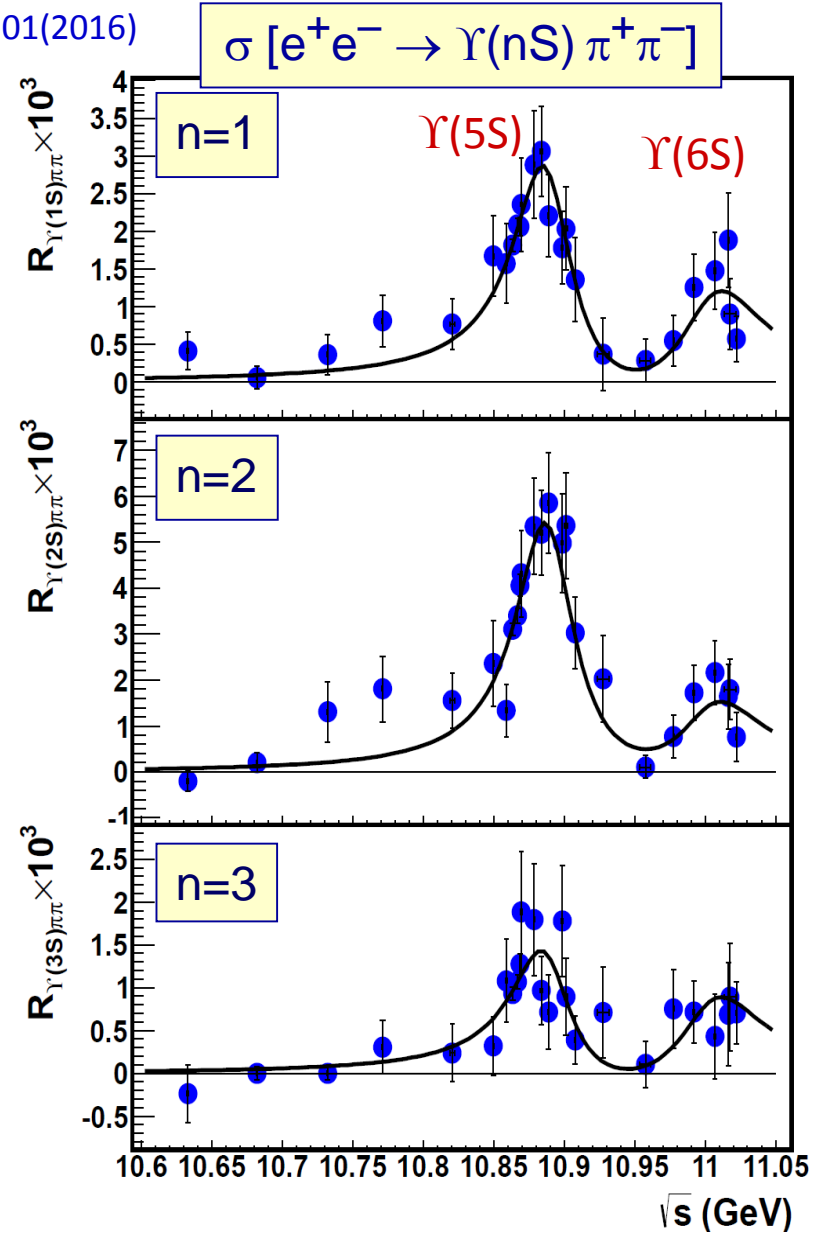
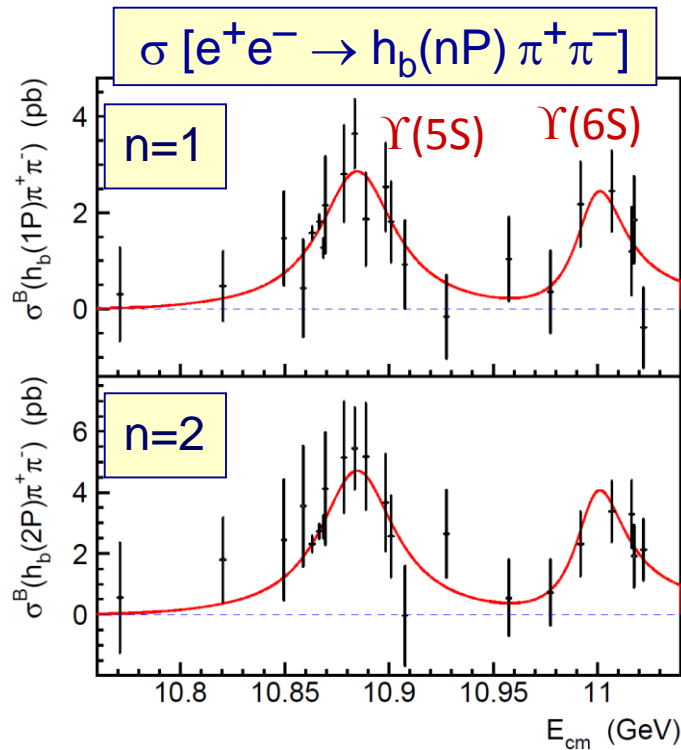
чармоний в облаке легких адронов,  
распадается на составляющие



Dubynskiy, Voloshin, PLB666,344(2008)



arXiv:1508.06562



⇒ сигналы  $\Upsilon(5S)$  и  $\Upsilon(6S)$

# Векторные боттомониеподобные состояния

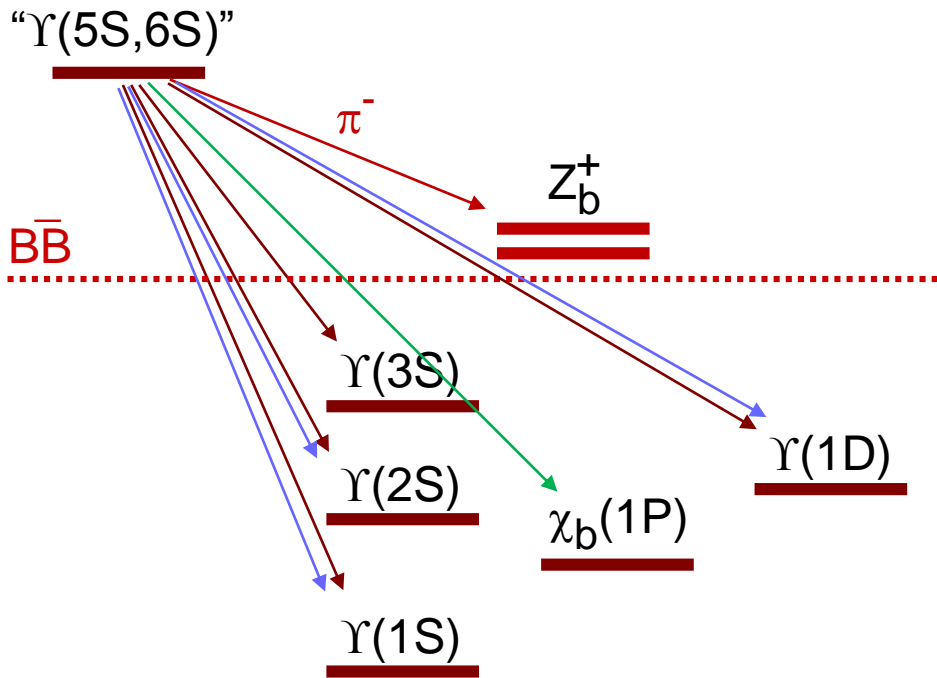
$$\begin{array}{l} \Upsilon(5S) \rightarrow \\ \Upsilon(6S) \rightarrow \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{open bottom (dominant),} \\ \Upsilon(1S,2S,3S) \pi^+ \pi^-, \\ \Upsilon(1S,2S) \eta, \\ \Upsilon(1S) K^+ K^-, \\ \Upsilon(1D) \pi^+ \pi^-, \\ \Upsilon(1D) \eta, \\ \chi_{bJ}(1P) \omega, \\ h_b(1P,2P) \pi^+ \pi^- \end{array} \right.$$

Боттомоний с молекулярной примесью:

$$“\Upsilon(5S,6S)” = |b\bar{b}\rangle + |B^{(*)}\bar{B}^{(*)}\rangle$$

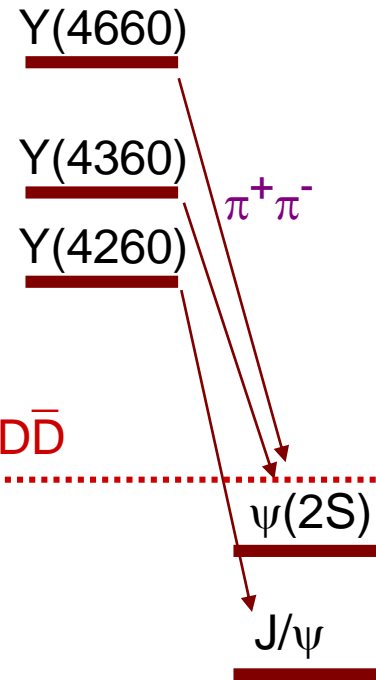
# Боттомоний

$\pi^+\pi^-$ ,  $\eta$ ,  $\omega$  transitions

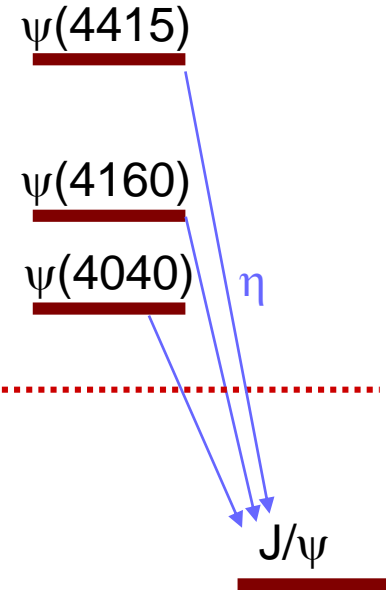


# Чармоний

$\pi^+\pi^-$  transitions



$\eta$  transitions



Что отличает чармоний и боттомоний?

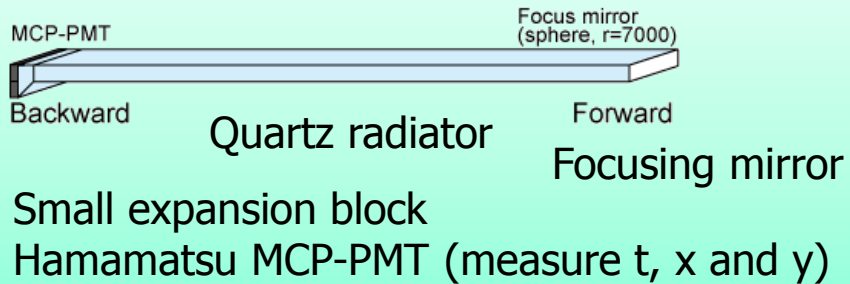
1.  $m_c < m_b$
2. различное соотношение между порогами и затравочными уровнями кваркония

Почему картина распадов получается разной?

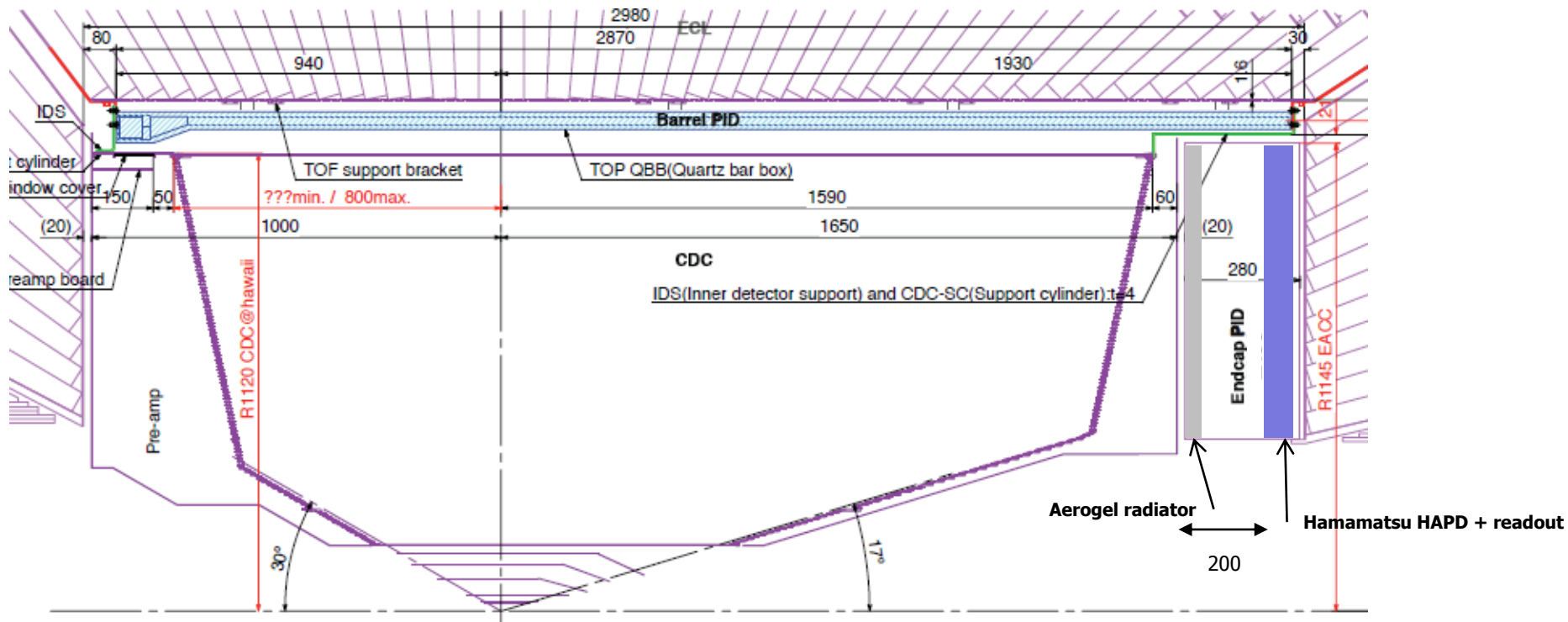
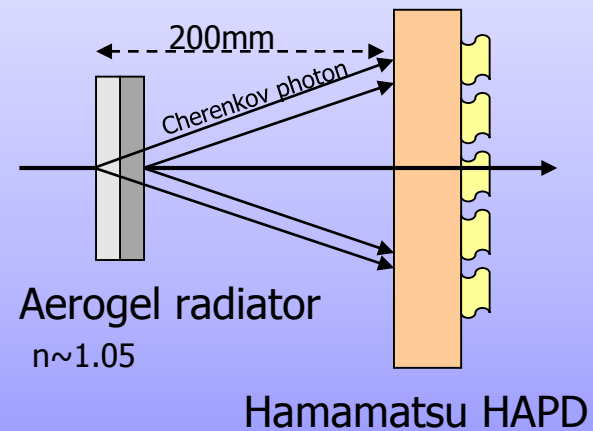
# Черенковские детекторы на Belle-II

# Cherenkov detectors

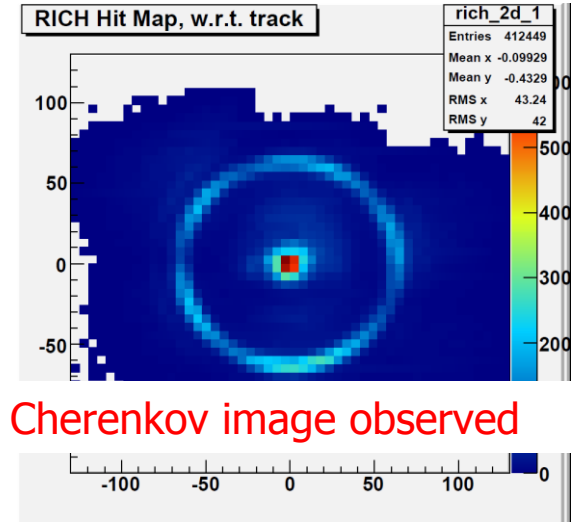
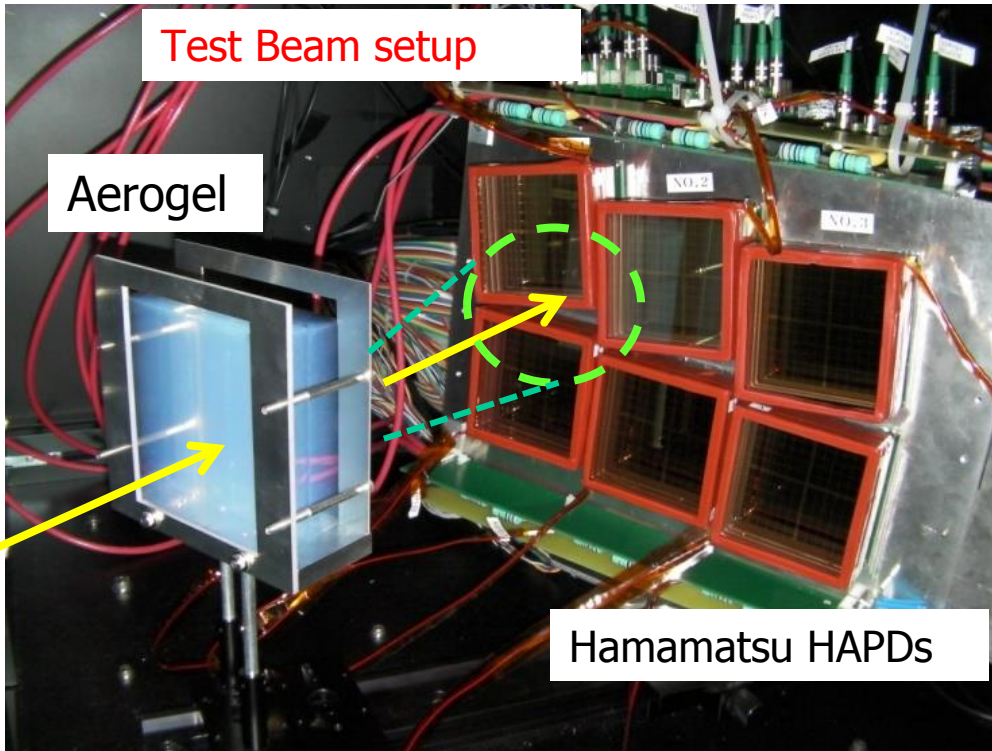
## Barrel PID: Time of Propagation Counter (TOP)



## Endcap PID: Aerogel RICH (ARICH)

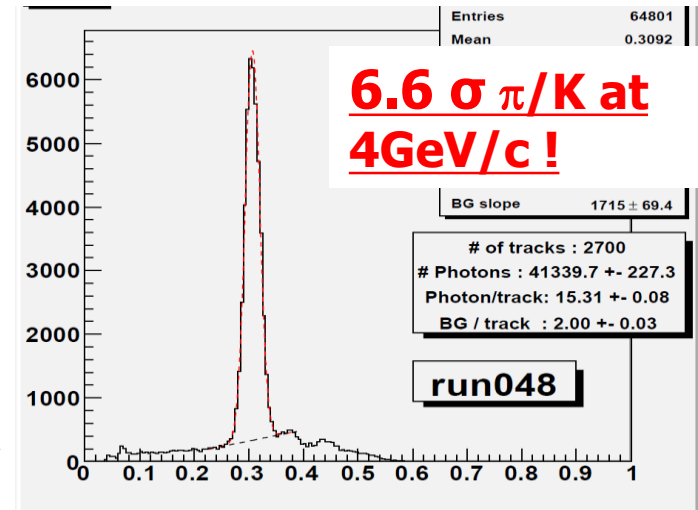


# Aerogel RICH (endcap PID)



Clear Cherenkov image observed

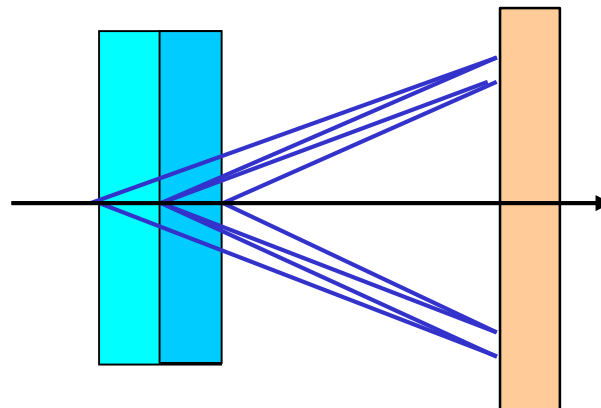
Cherenkov angle distribution



**6.6  $\sigma$   $\pi$ /K at 4GeV/c!**

RICH with a novel "focusing" radiator – a two layer radiator

Employ multiple layers with different refractive indices → Cherenkov images from individual layers overlap on the photon detector.



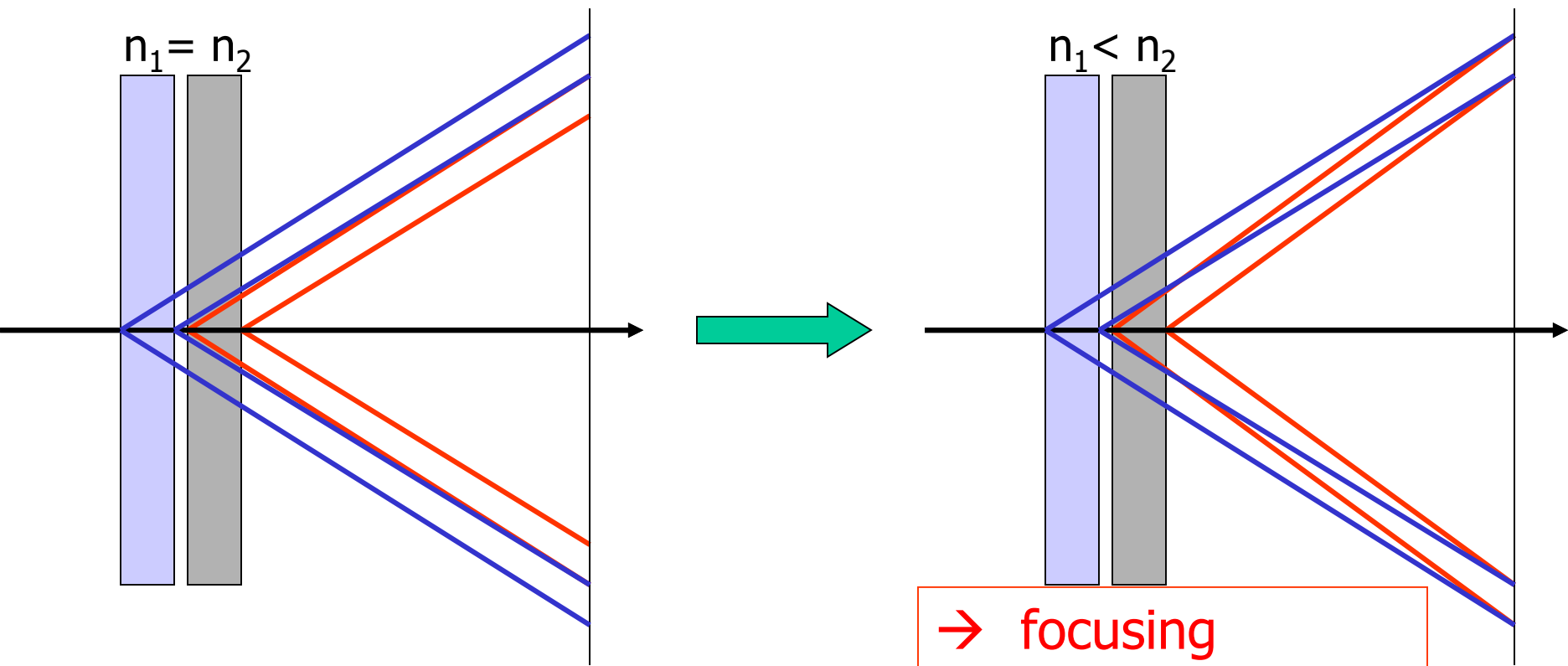


# Radiator with multiple refractive indices

How to increase the number of photons without degrading the resolution?

normal

→ stack two tiles with different refractive indices:  
“focusing” configuration



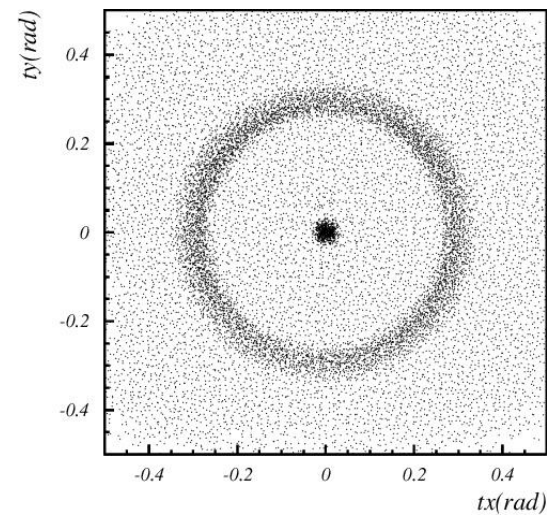
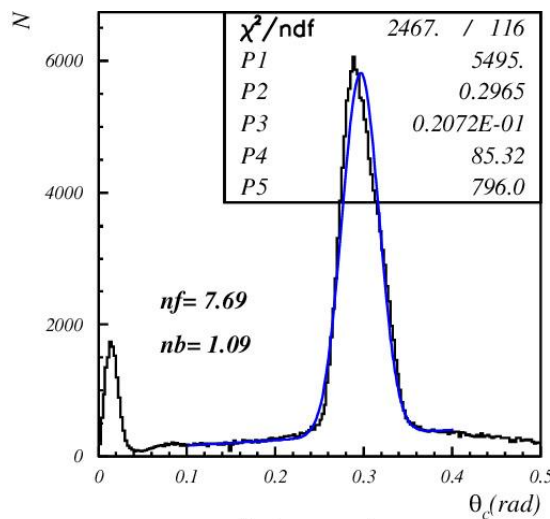
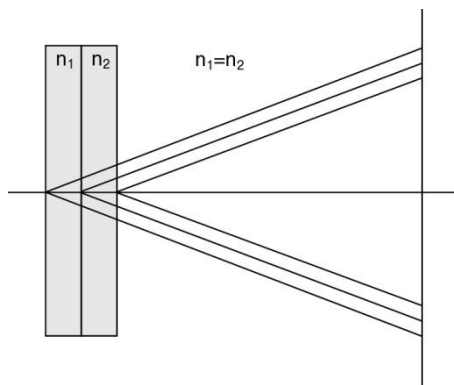
→ focusing

Such a configuration is only possible with aerogel (a form of  $\text{Si}_x\text{O}_y$ )  
– material with a tunable refractive index between 1.01 and 1.13.

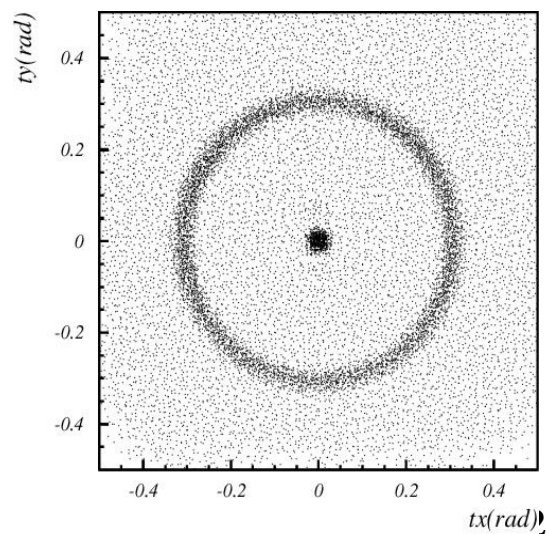
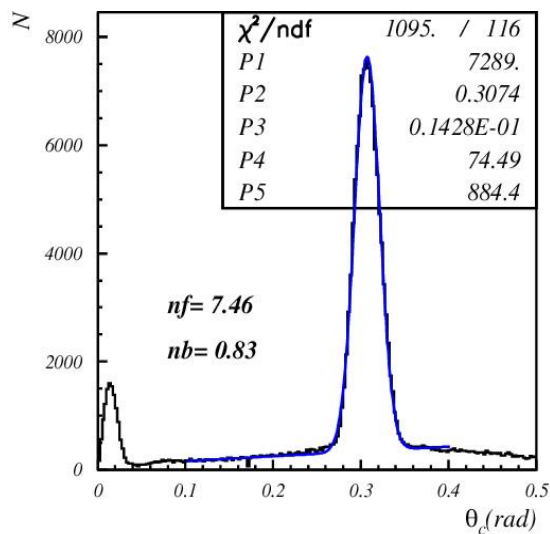
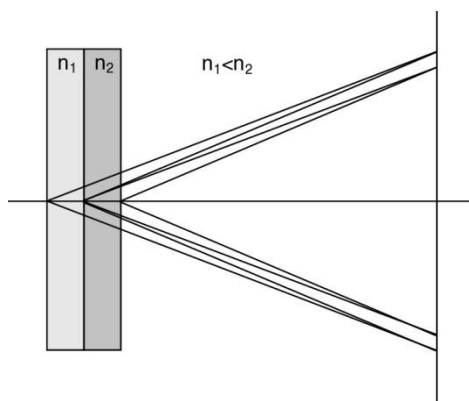
# Focusing configuration – data

Increases the number of photons without degrading the resolution

4cm aerogel single index



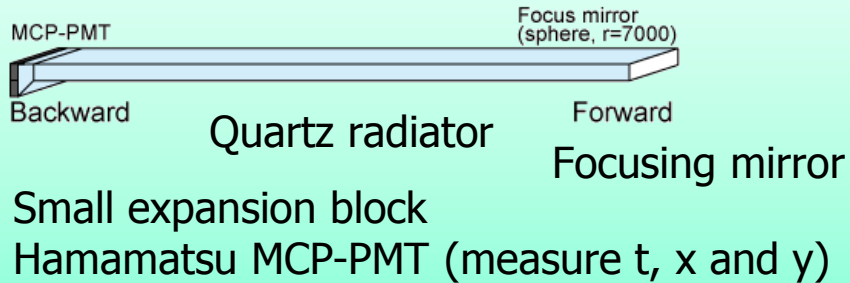
2+2cm aerogel



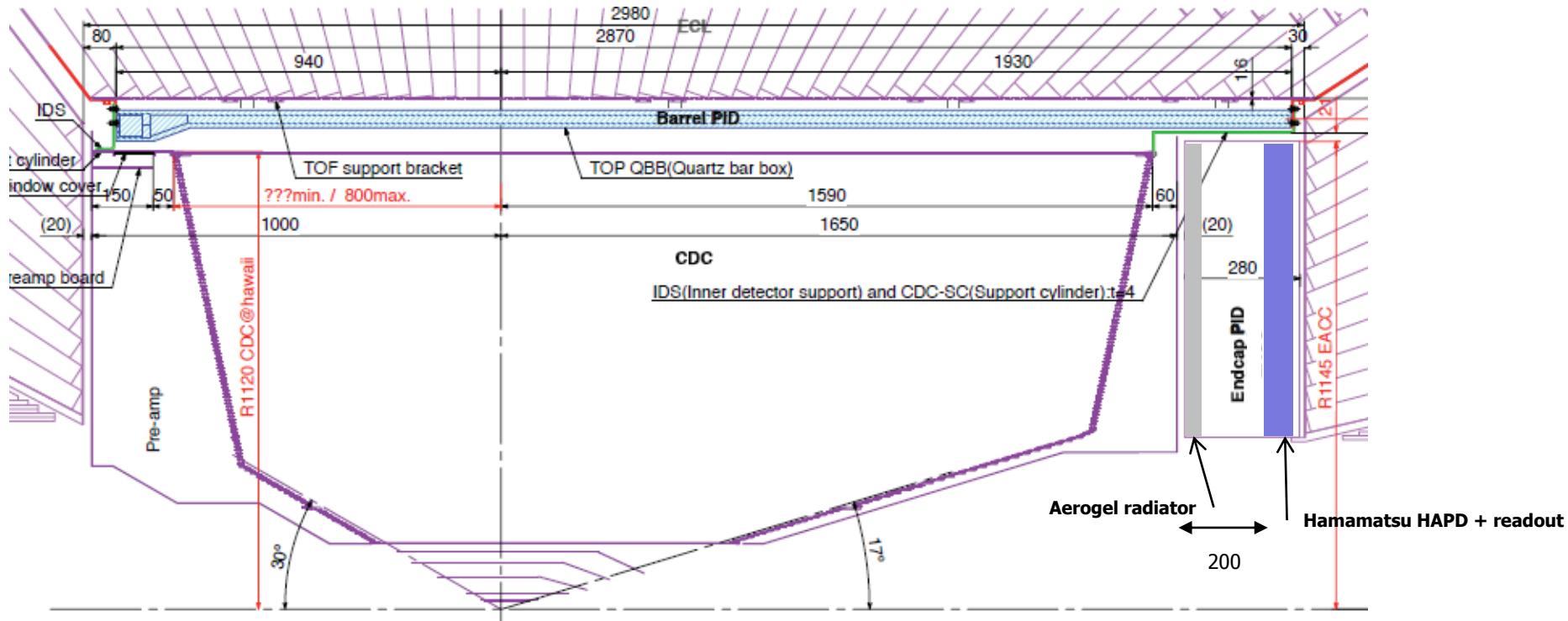
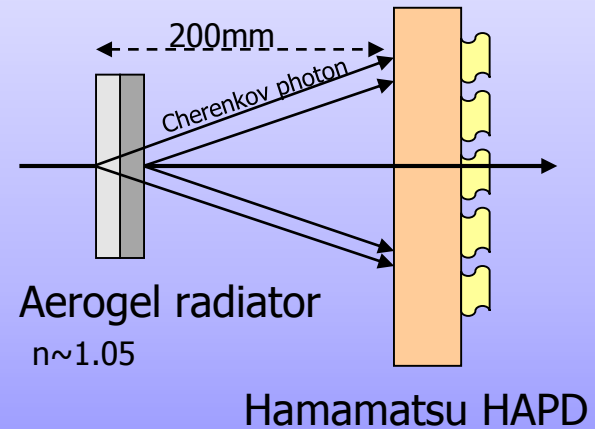
→ NIM A548 (2005) 383

# Cherenkov detectors

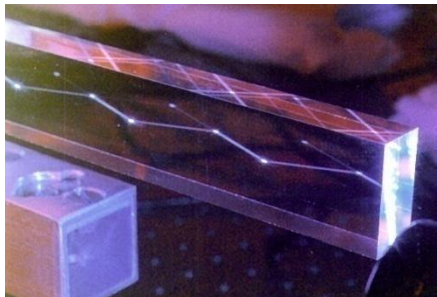
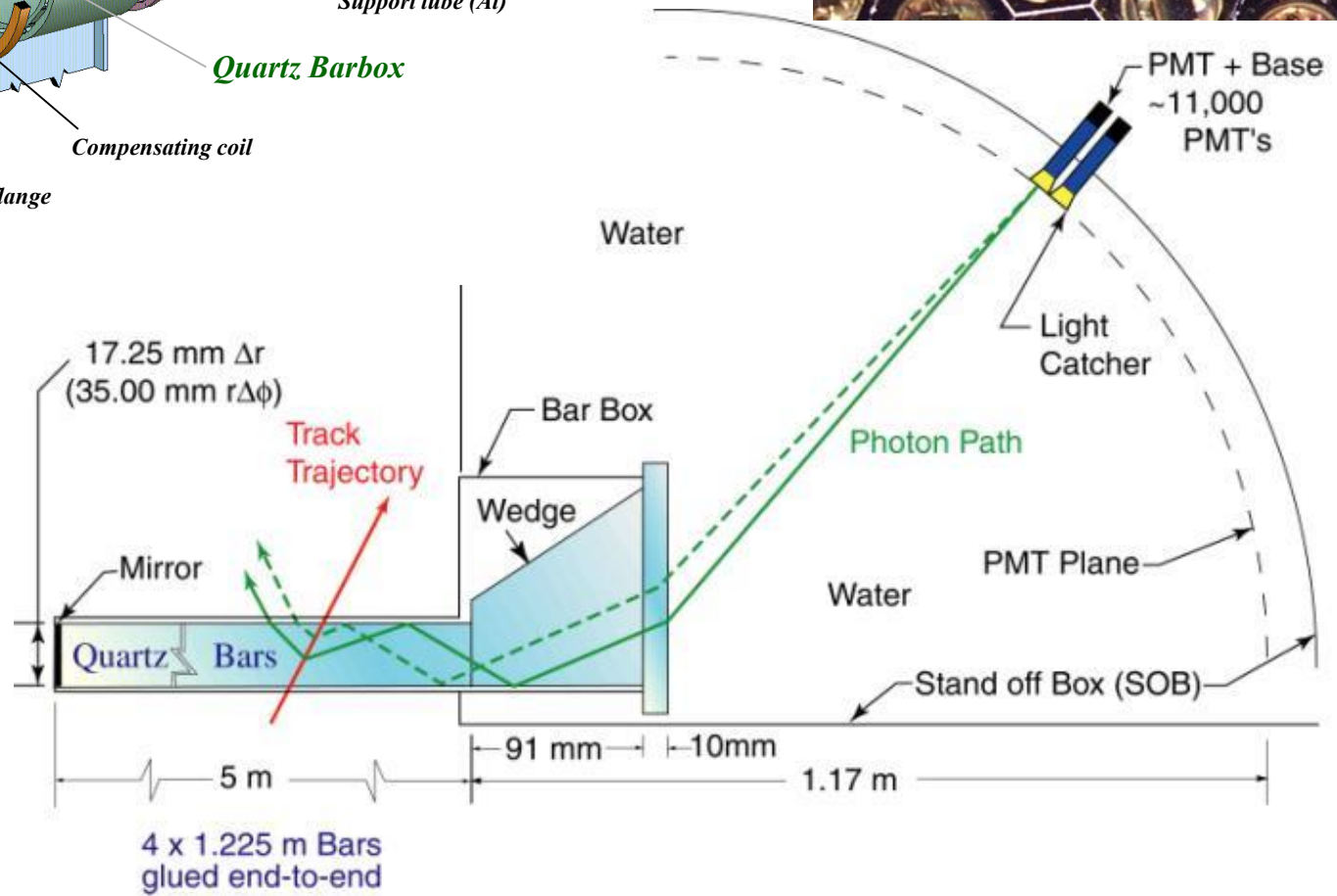
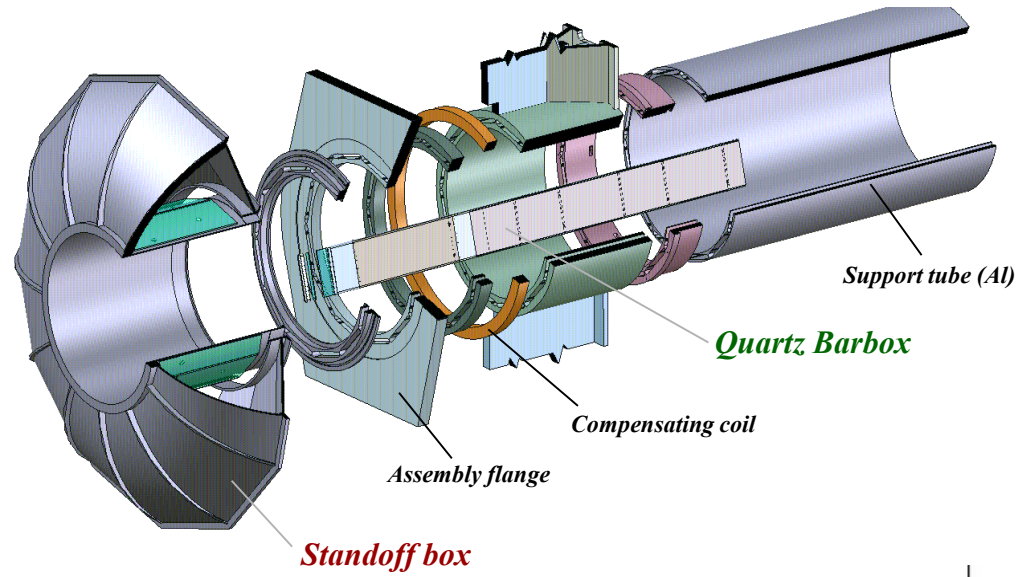
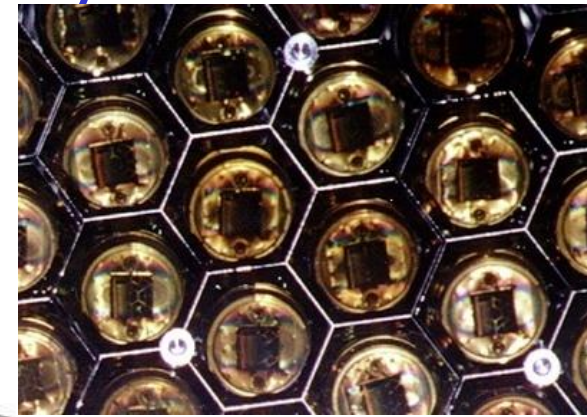
## Barrel PID: Time of Propagation Counter (TOP)



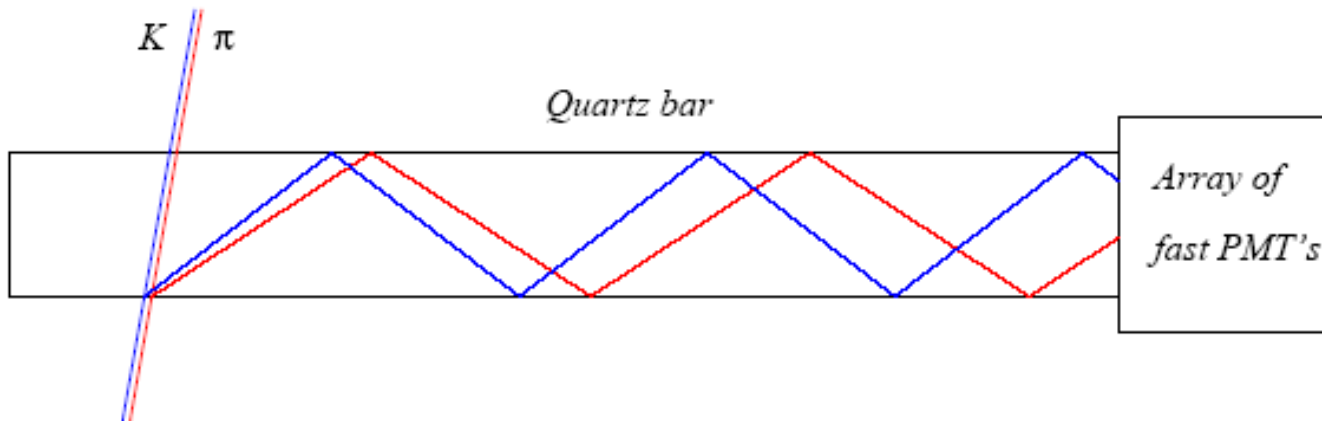
## Endcap PID: Aerogel RICH (ARICH)



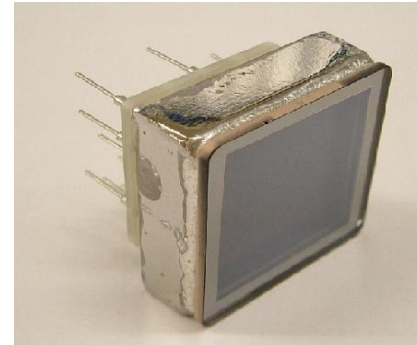
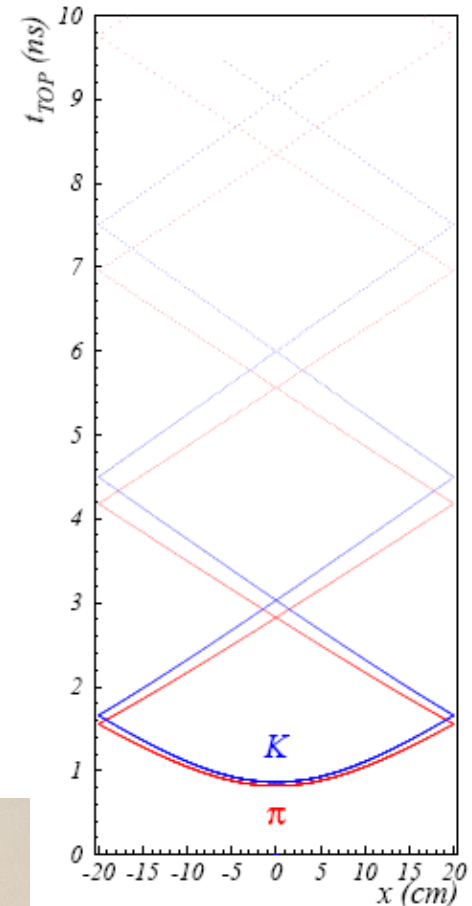
# DIRC (@BaBar) - detector of internally reflected Cherenkov light



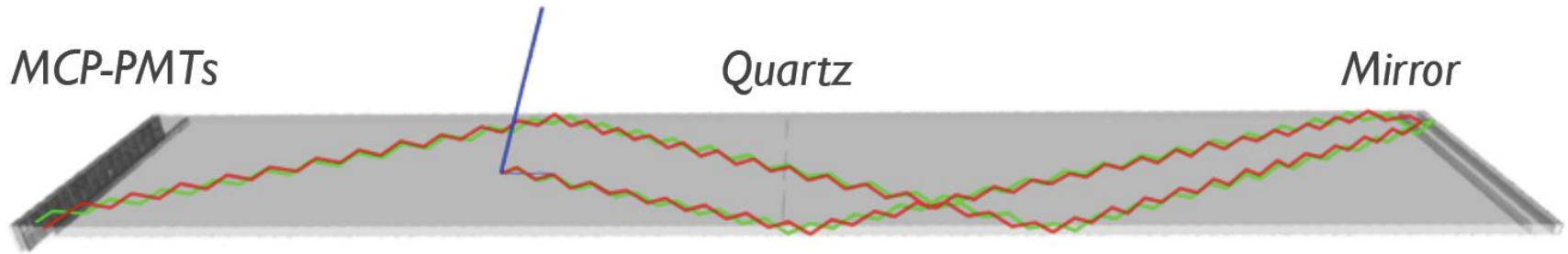
# Belle II Barrel PID: Time of propagation (TOP) counter



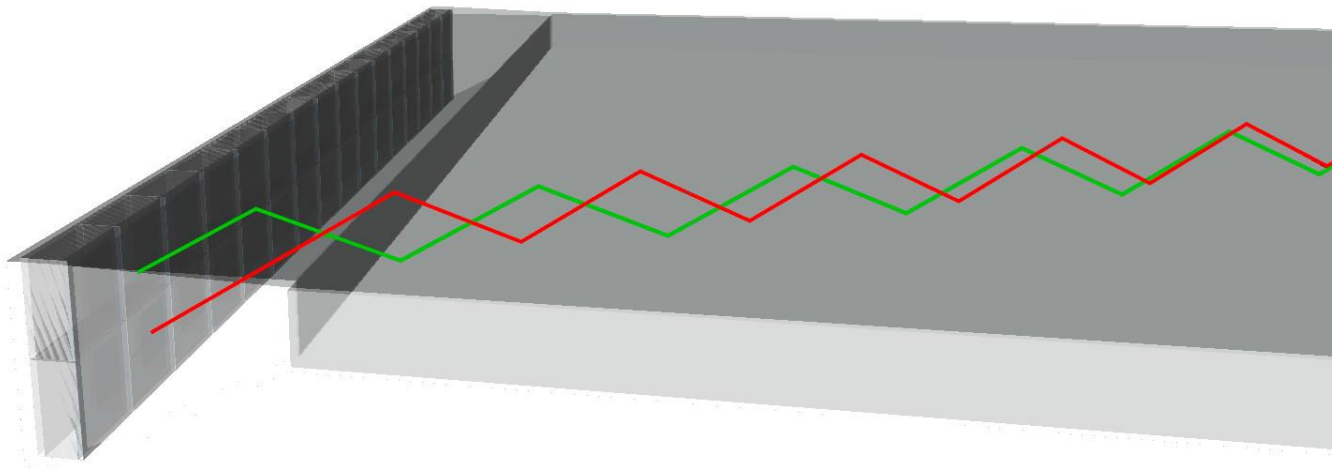
- Cherenkov ring imaging with **precise time measurement**.
- Uses internal reflection of Cherenkov ring images from quartz like the BaBar DIRC.
- Reconstruct Cherenkov angle from two hit coordinates and the time of propagation of the photon
  - Quartz radiator (2cm thick)
  - Photon detector (MCP-PMT)
    - Excellent time resolution  $\sim 40$  ps



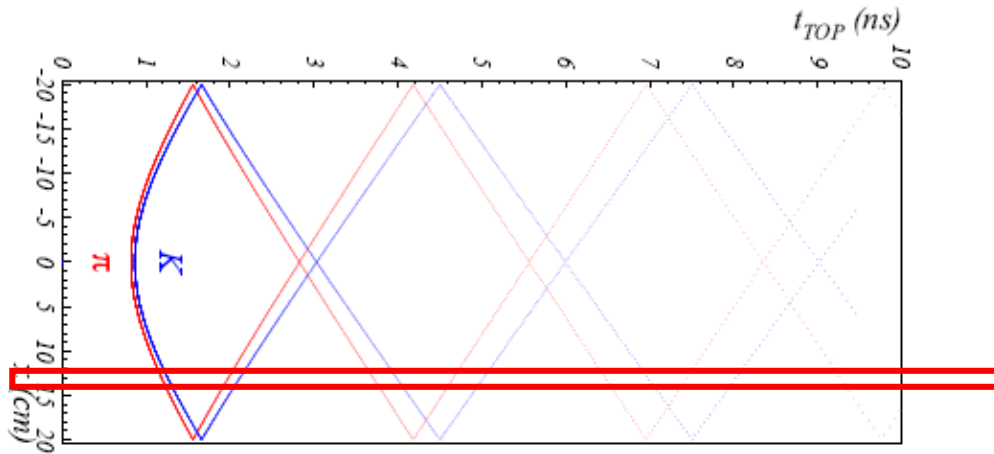
# Barrel PID: Time of propagation (TOP) counter



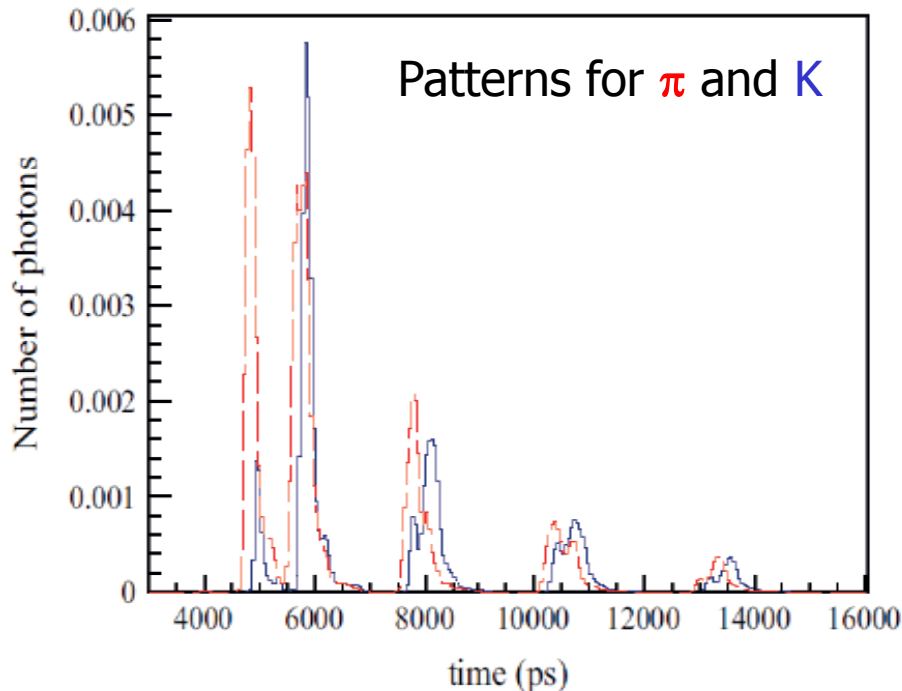
*Example of Cherenkov-photon paths for 2 GeV/c  $\pi^\pm$  and  $K^\pm$ .*



# TOP image



Pattern in the coordinate-time space ('ring') of a pion and kaon hitting a quartz bar



Time distribution of signals recorded by one of the PMT channels: different for  $\pi$  and K ( $\sim$ shifted in time)

# Заключение

Заряженные состояния  $Z_b(10610)$  и  $Z_b(10650)$  имеют молекулярную структуру  $B\bar{B}^*$  и  $B^*\bar{B}$ , являются виртуальными.

Векторные состояния:

боттомоний: молекулярная примесь

чармоний: адрокварконий ?

причина различия?

Активные исследования в этой области ведутся на Belle, BESIII, LHC, планируются на Belle-II, PANDA, Super-ст-фабрике.

На Belle-II будут использоваться инновационные черенковские детекторы: Time Of Propagation (TOP) counter и фокусирующий Aerogel RICH.



# Back-up

**X(3872)**

$M = 3871.69 \pm 0.17 \text{ MeV}$

$\Gamma < 1.2 \text{ MeV}$

вблизи порога  $D^0 \bar{D}^{*0}$ 

$\delta M = -0.11 \pm 0.21 \text{ MeV}$

Известные распады:

$J/\psi \rho^0 (\rightarrow \pi^+ \pi^-)$	1	} нарушение изоспиновой симметрии
$J/\psi \omega$	$0.8 \pm 0.3$	
$J/\psi \gamma$	$0.21 \pm 0.06$	
$\psi(2S) \gamma$	$0.50 \pm 0.15$	
$D^0 \bar{D}^{*0}$	$\sim 10$	

Интерпретация: смесь чармония и молекулы

Takizawa, Takeuchi PTEP2013,0903D01

$$|X\rangle = \underbrace{0.237 |c\bar{c}\rangle}_{\text{чармония}} - \underbrace{0.944 |D^0 \bar{D}^{*0}\rangle + 0.228 |D^+ D^{*-}\rangle}_{\text{молекулы}}$$

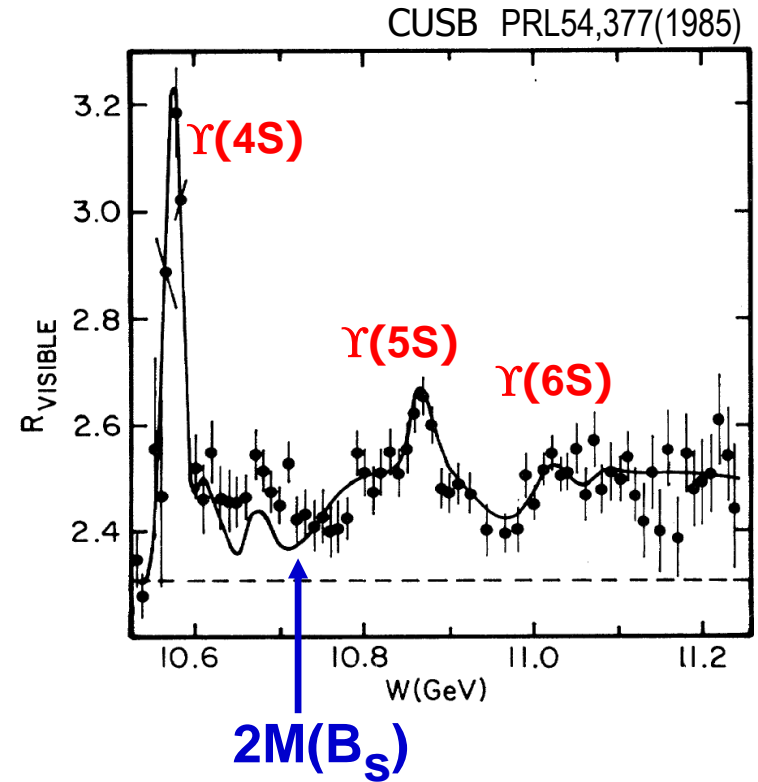
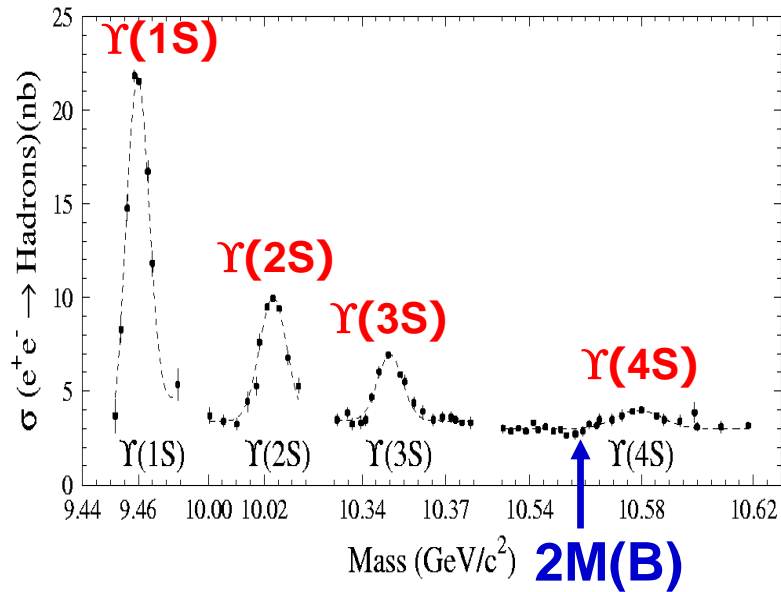
рождение при высоких энергиях:

нарушение изоспина

$B \rightarrow X K, \quad pp \rightarrow X \dots$

Связанное или виртуальное состояние?  $\Rightarrow$  Из-за малой ширины изучение формы линии недоступно для современных экспериментов  $\Leftarrow$  PANDA ?

# $e^+e^-$ сечение вблизи 10ГэВ



$$e^+e^- \rightarrow \Upsilon(4S) \rightarrow B\bar{B}$$

BaBar  $433 \text{ fb}^{-1}$  + Belle  $711 \text{ fb}^{-1}$

$$e^+e^- \rightarrow b\bar{b} (\Upsilon(5S)) \rightarrow BB, B\bar{B}^*, B^*\bar{B}^*, B\bar{B}^*\pi, B^*\bar{B}^*\pi, B_s^{(*)}\bar{B}_s^{(*)}, \dots$$

Belle  $121 \text{ fb}^{-1}$

первоначальная мотивация

Belle 2007: observation of  $e^+e^- \rightarrow \Upsilon(nS)\pi^+\pi^-$  processes @  $\Upsilon(5S)$   
with anomalously high cross sections

assuming  $\Upsilon\pi\pi$   
originate from  
 $\Upsilon(5S)$  decays

	PRL100,112001(2008)	$\Gamma(\text{MeV})$
$\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^+\pi^-$		$0.59 \pm 0.04 \pm 0.09$
$\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(2S)\pi^+\pi^-$		$0.85 \pm 0.07 \pm 0.16$
$\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(3S)\pi^+\pi^-$		$0.52^{+0.20}_{-0.17} \pm 0.10$
$\Upsilon(2S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^+\pi^-$		0.0060
$\Upsilon(3S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^+\pi^-$		0.0009
$\Upsilon(4S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^+\pi^-$		0.0019

$10^2$

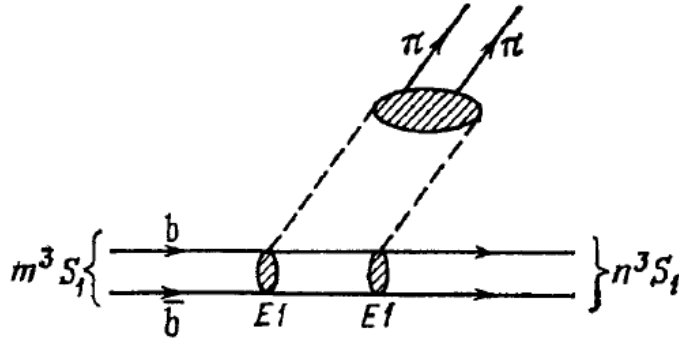
$\Rightarrow$  Perform energy scan of  $\sigma[\Upsilon(nS)\pi^+\pi^-]$   
to search for  $Y_b$  states

2007 : 6 points,  $1\text{fb}^{-1}$  each

2010 : 16 points,  $1\text{fb}^{-1}$  each  $\Rightarrow$

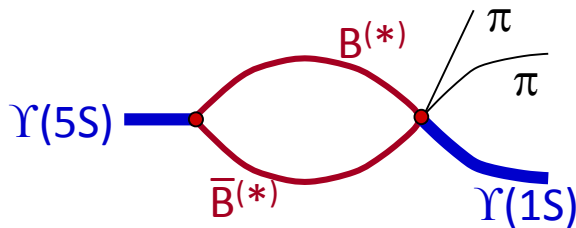
# Mechanism for OZI rule violation

Bottomonium: emission of two gluons, OZI suppressed



Source size  $\ll$  gluon wave length  
 $\Rightarrow$  QCD multipole expansion.

Molecule: rescattering of on-shell B mesons



Simonov JETP Lett 87,147(2008)  
 Meng Chao PRD77,074003(2008)

$\Leftarrow$  Enhanced if  $B^{(*)}\bar{B}^{(*)}$  are on-shell

# $\pi^+\pi^-$ vs. $\eta$ transitions

$$R(n,m) = \frac{\Gamma[\Upsilon(nS) \xrightarrow{E1M2} \Upsilon(mS) \eta]}{\Gamma[\Upsilon(nS) \xrightarrow{E1E1} \Upsilon(mS) \pi^+\pi^-]}$$

spin-flip of b quark, suppressed by  $1/m_b$

$$R(2,1) = (1.64 \pm 0.23) \times 10^{-3}$$

$$R(3,1) < 2.3 \times 10^{-3}$$

$$R(4,1) = 2.41 \pm 0.42, \quad R(5,1) = 0.16 \pm 0.04, \quad R(5,2) = 0.48 \pm 0.10$$

BaBar PRD78,112002(2008)  
Belle preliminary

Mechanism of Heavy Quark Spin Symmetry (HQSS) violation?

Voloshin, PRD85,034024(2012)

Assume  $\Upsilon(4S)$  has admixture of  $B\bar{B}$ . Decompose w.f. into eigenstates of  $b\bar{b}$  total spin:

$$B\bar{B} \quad (J^{PC} = 1^{--}) : \quad \frac{1}{2\sqrt{3}} \psi_{10} + \frac{1}{2} \psi_{11} + \frac{\sqrt{5}}{2\sqrt{3}} \psi_{12} + \frac{1}{2} \psi_{01}$$

$\Upsilon(1S)\pi^+\pi^-$ 
 $\Upsilon(1S)\eta$ 
 $\Upsilon(1S)\pi^+\pi^-$   
in D-wave
 $h_b(1P)\eta$  observed  
 $\eta_b(1S)\omega$  predicted

spin of  $b\bar{b}$  pair

angular mom. of light d.o.f.

Molecular admixture in  $\Upsilon(4S,5S,6S)$  explains enhanced decay rates and HQSS violation. Composition of admixture remains unknown.

**Belle:** further studies of transitions,

decompose  $R_b$  into exclusive channels:  $BB, BB^*, B^*B^*, BB^*\pi, B^*B^*\pi, B_S B_S, B_S B_S^*, \dots$

# Violation of HQSS in $\Upsilon(4S,5S,6S)$ decays

Voloshin, PRD85,034024(2012)

$$\begin{aligned}
 B\bar{B} &: \frac{1}{2\sqrt{3}}\psi_{10} + \frac{1}{2}\psi_{11} + \frac{\sqrt{5}}{2\sqrt{3}}\psi_{12} + \frac{1}{2}\psi_{01} \\
 \frac{B^*\bar{B} - \bar{B}^*B}{\sqrt{2}} &: \frac{1}{\sqrt{3}}\psi_{10} + \frac{1}{2}\psi_{11} - \frac{\sqrt{5}}{2\sqrt{3}}\psi_{12} \\
 (B^*\bar{B}^*)_{S=0} &: -\frac{1}{6}\psi_{10} - \frac{1}{2\sqrt{3}}\psi_{11} - \frac{\sqrt{5}}{6}\psi_{12} + \frac{\sqrt{3}}{2}\psi_{01} \\
 (B^*\bar{B}^*)_{S=2} &: \frac{\sqrt{5}}{3}\psi_{10} - \frac{\sqrt{5}}{2\sqrt{3}}\psi_{11} + \frac{1}{6}\psi_{12}
 \end{aligned}$$

$\swarrow$   $b\bar{b}$  pair  
 $\swarrow$  light d.o.f.

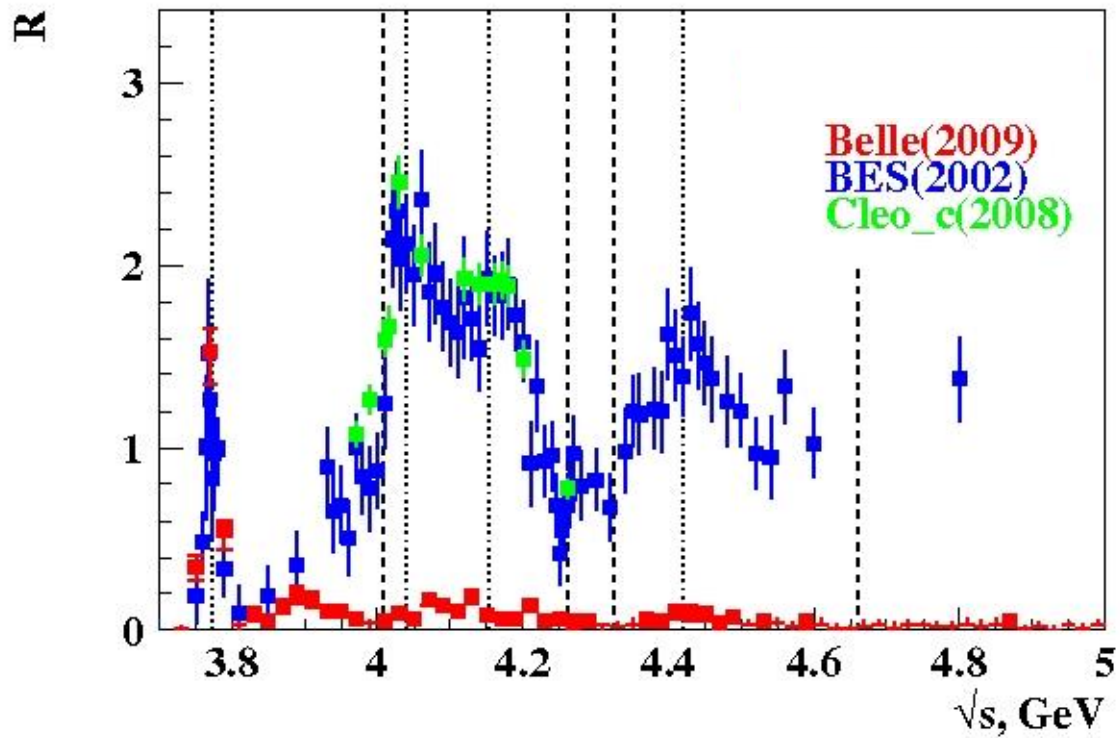
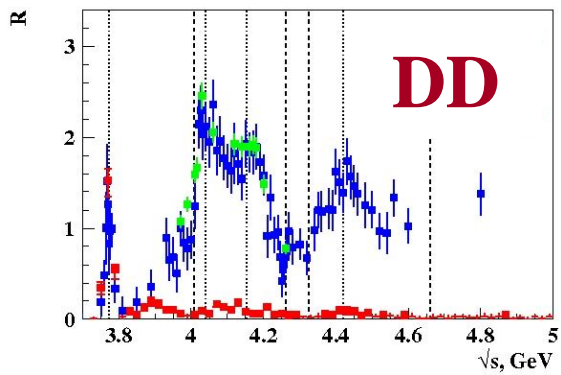
Admixture of mesons near threshold  $\Rightarrow$  mechanism for HQSS violation

$\Upsilon(4S) : (BB)$   $\psi_{11} \Rightarrow \Upsilon(1S)\eta$ ,  $\psi_{01} \Rightarrow h_b(1P)\eta$ ;  
 prediction: D-wave in  $\Upsilon(1S) \pi^+\pi^-$ ;  $\eta_b(1S)\omega$

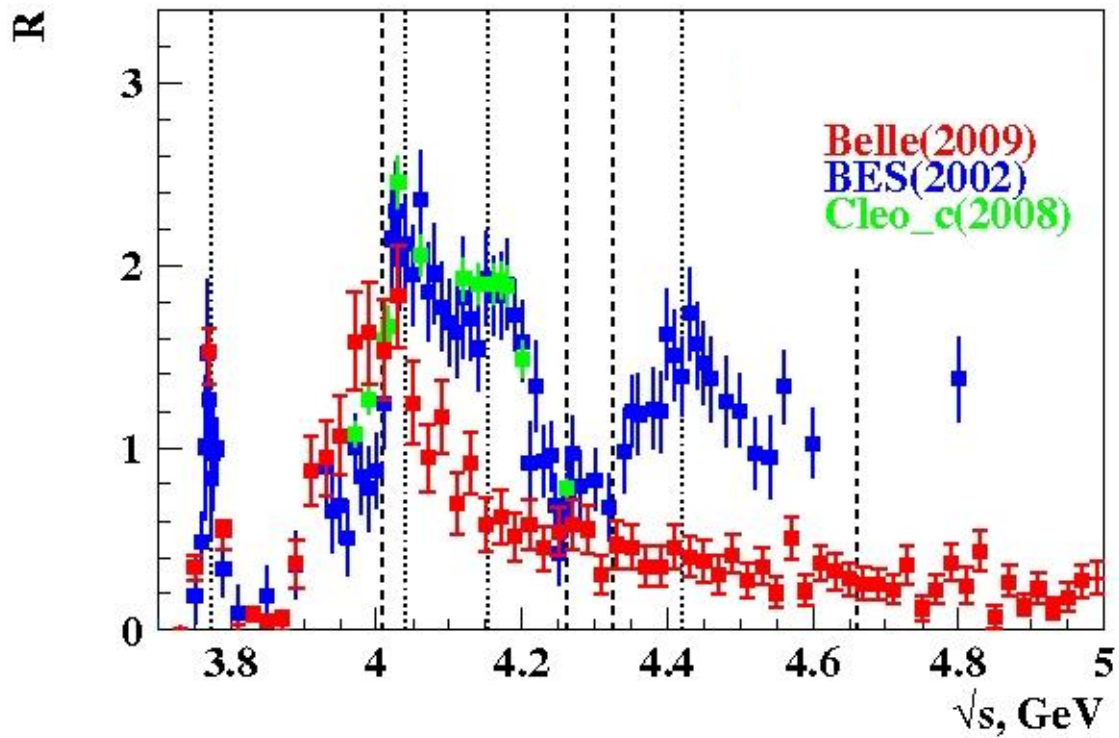
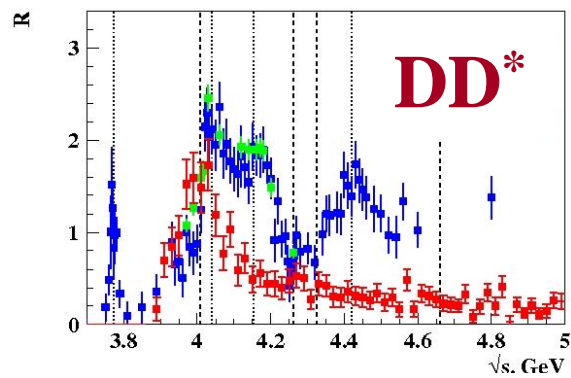
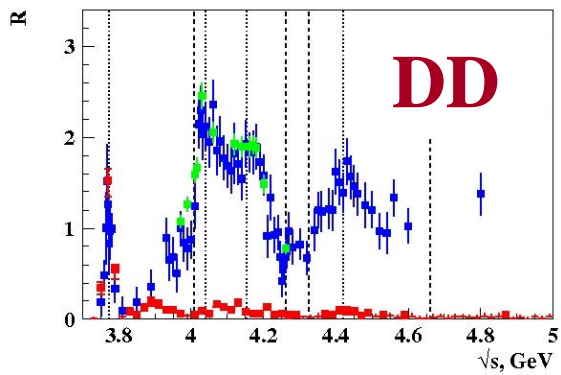
$\Upsilon(5S) : (Bs^*Bs^*)$   $Bs^*Bs^*$  dominates over  $Bs^*Bs$ ,  $BsBs$  ;  
 prediction: D-wave in  $\Upsilon(1S) K^+K^-$ ;  $\eta_b(1S)\phi$ ,  $h_b/\Upsilon\eta^{(\prime)}$

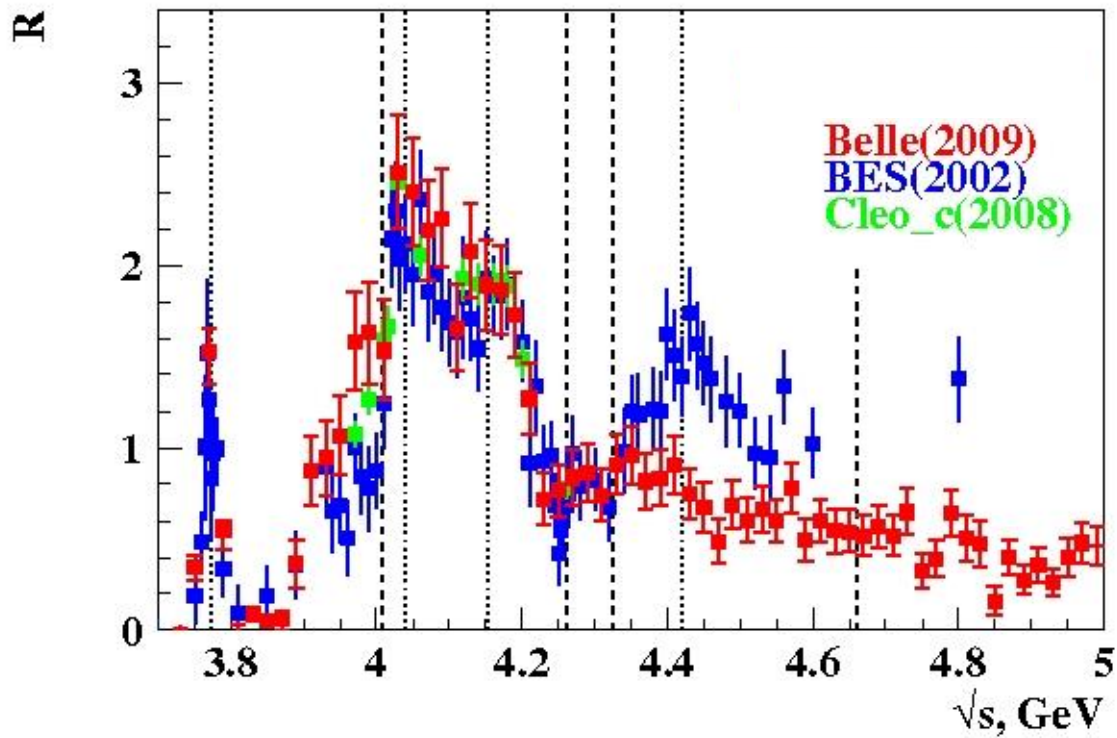
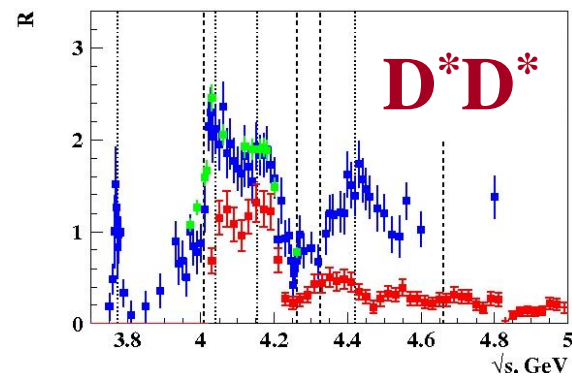
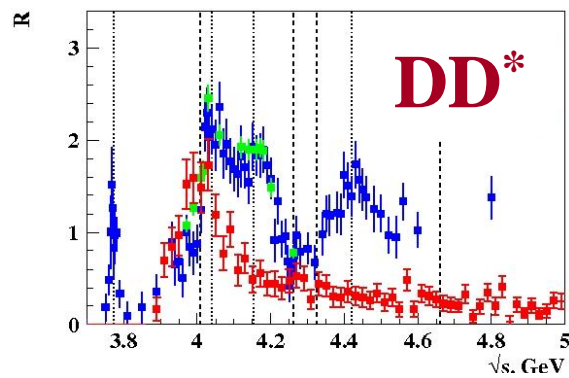
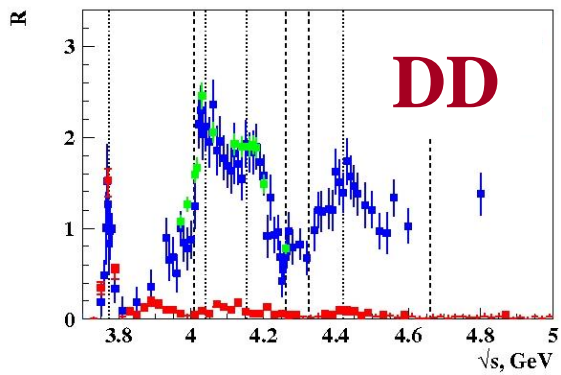
$\Upsilon(6S) : (B^{**}B)$  different from 4S,5S decay pattern can be expected

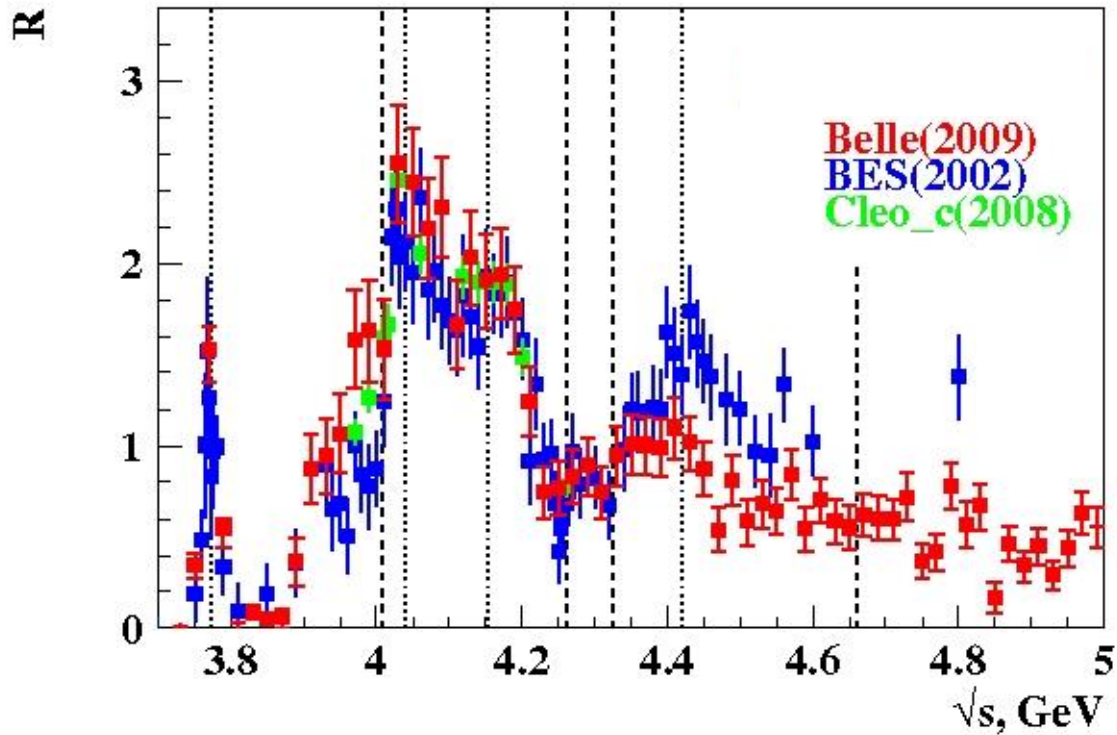
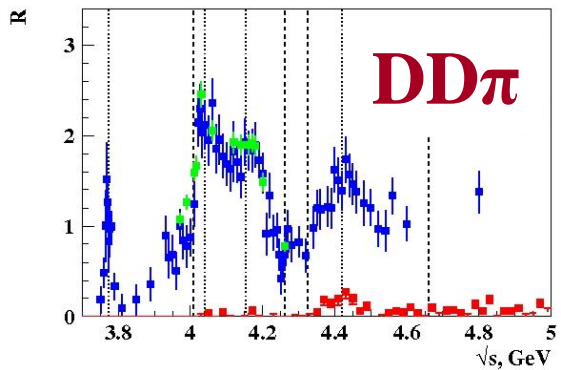
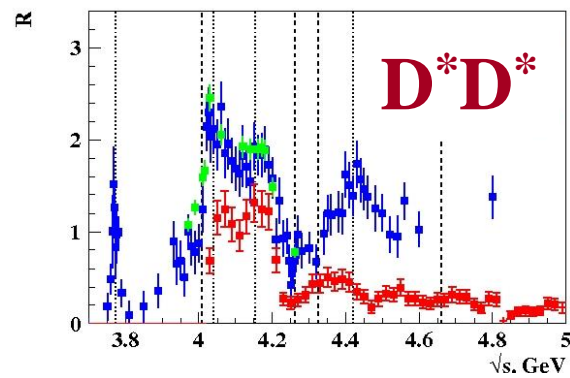
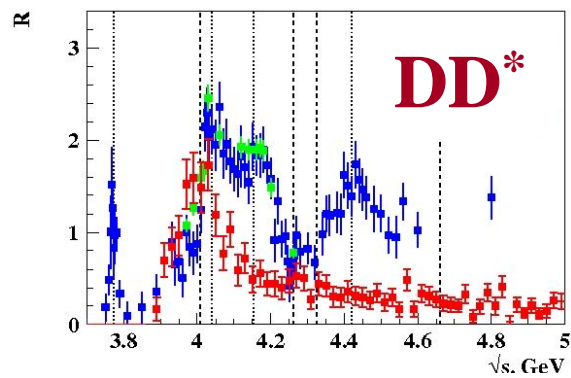
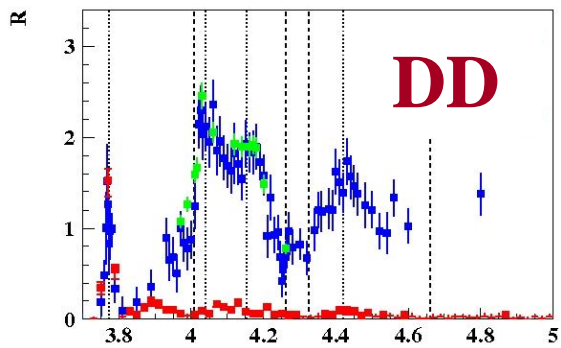
Hadronic transitions are sensitive to the structure of  $\Upsilon$  states.

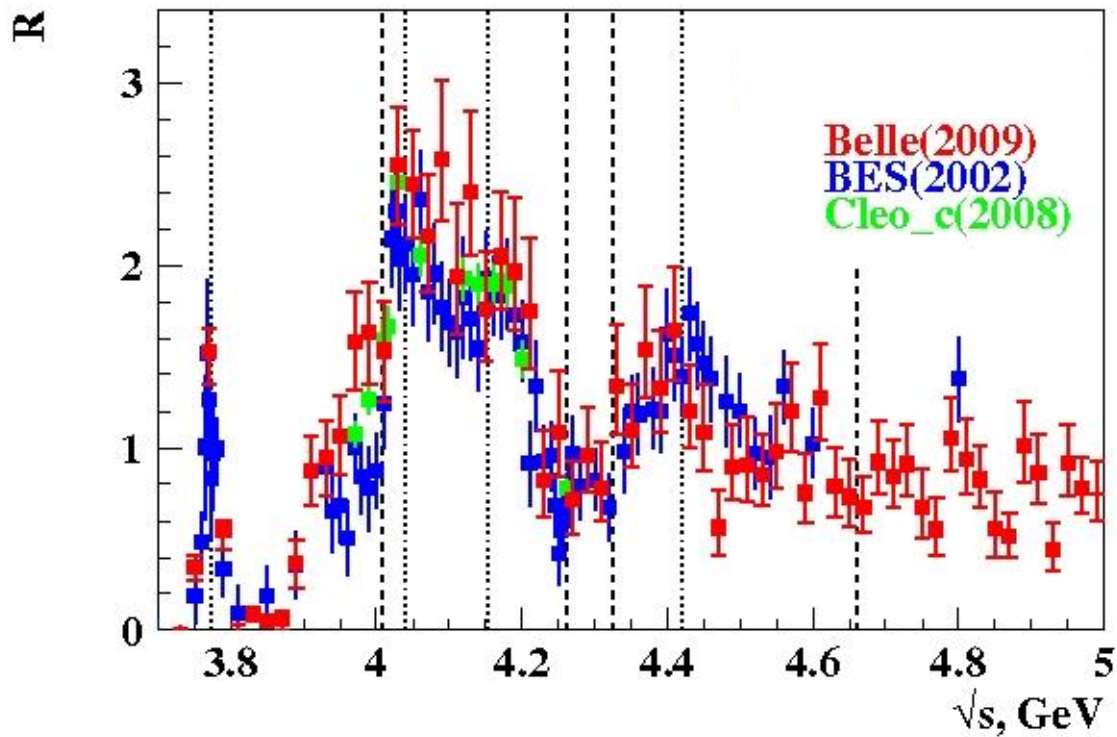
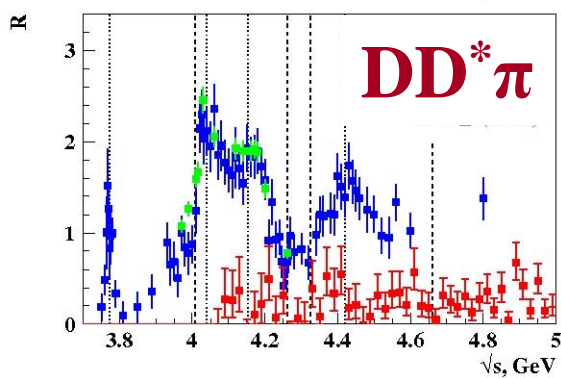
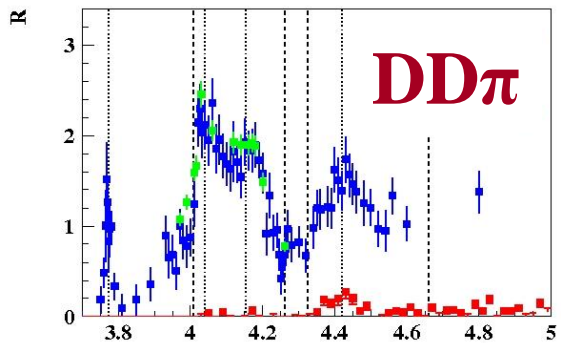
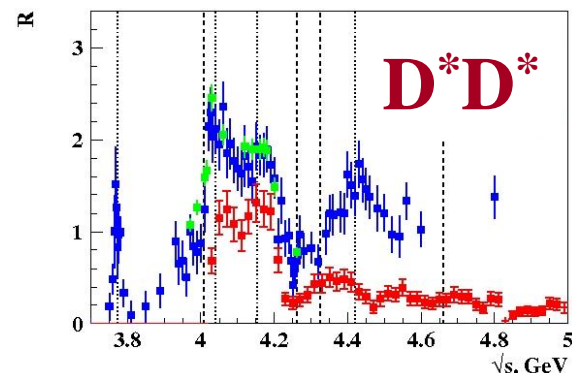
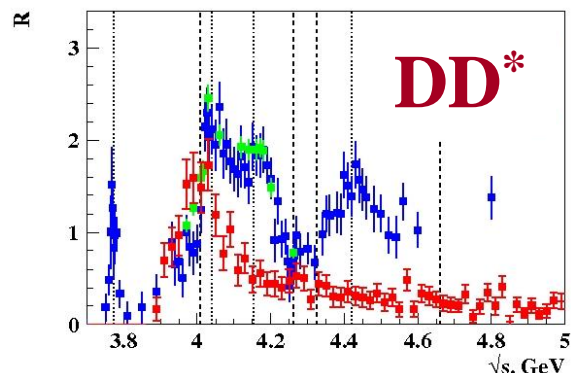
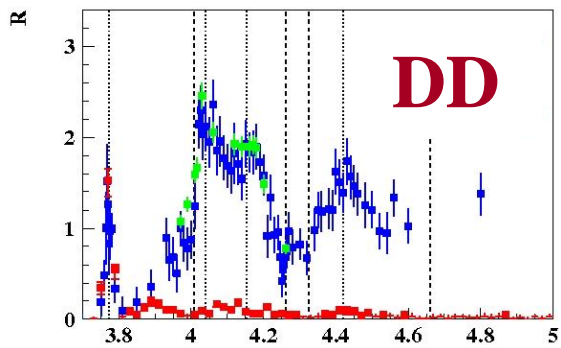


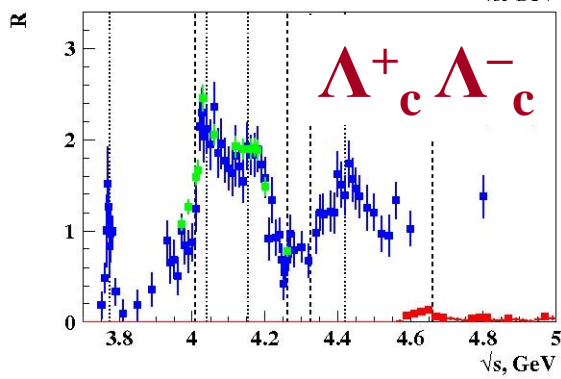
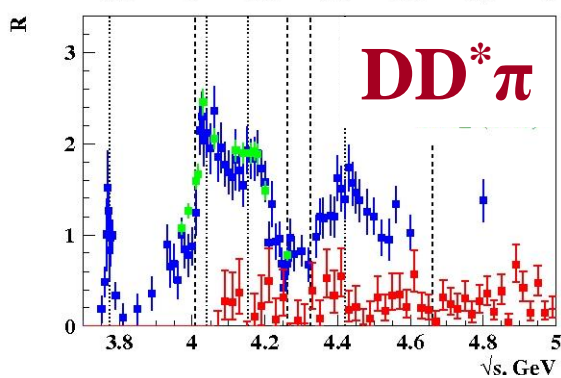
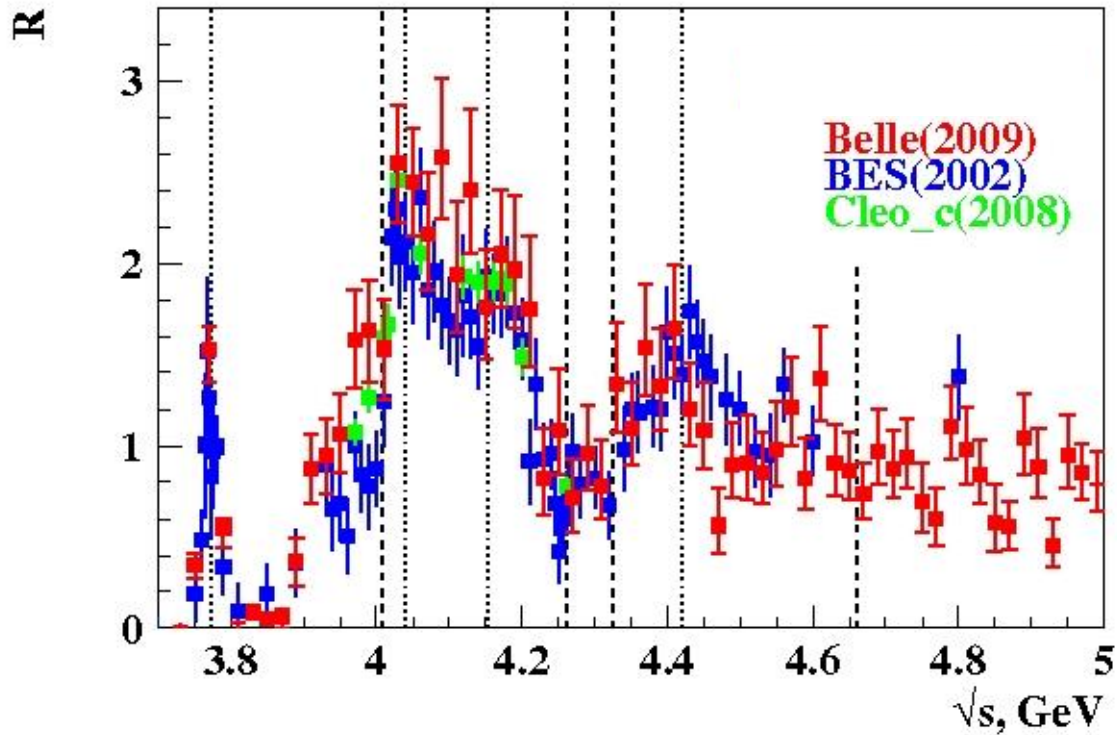
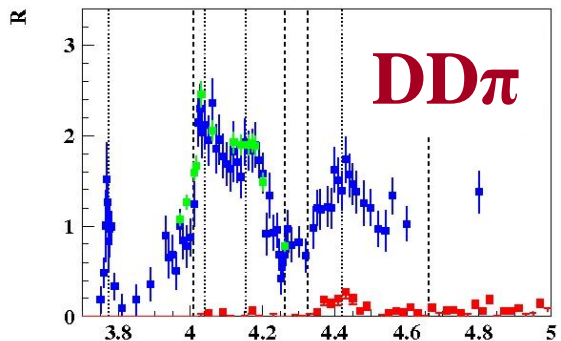
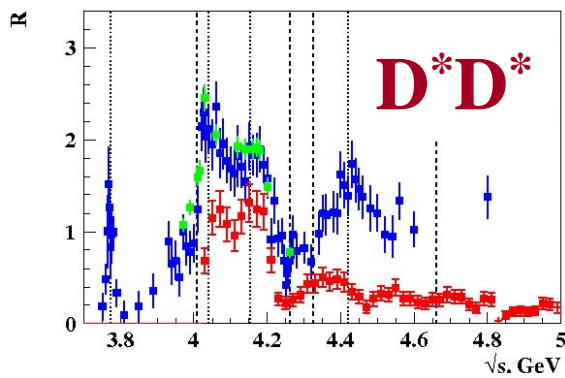
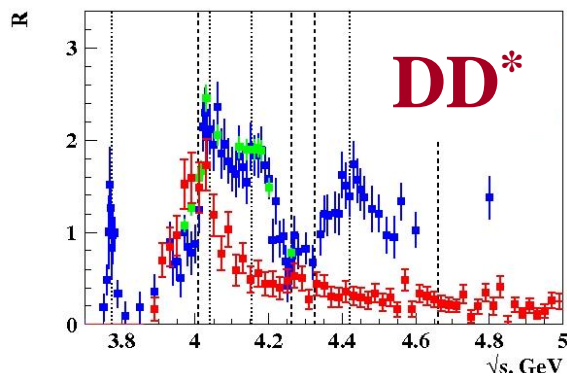
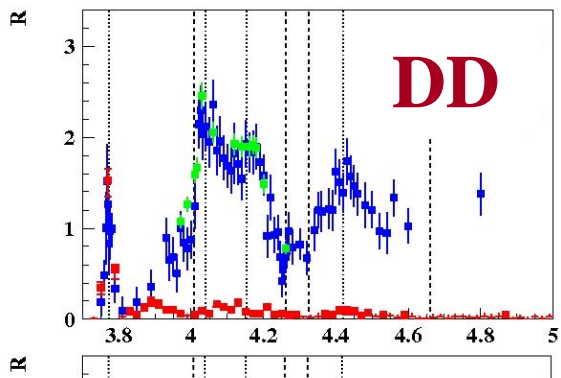


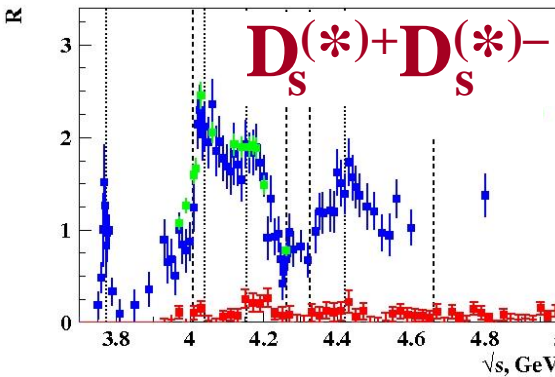
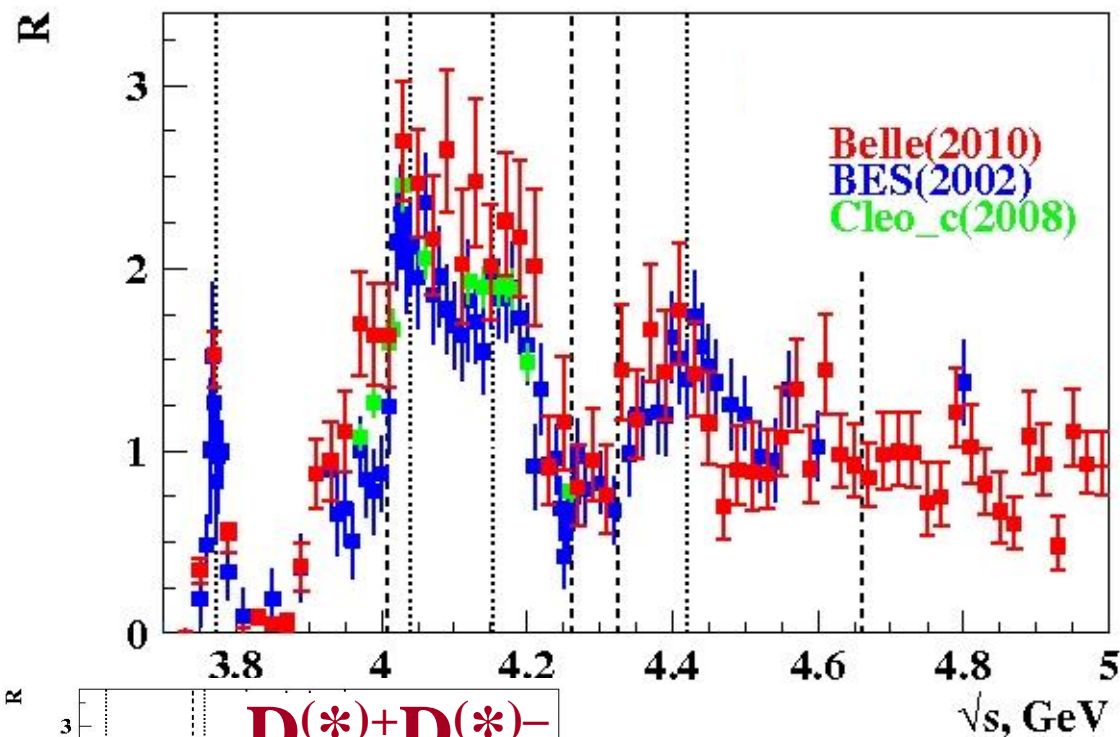
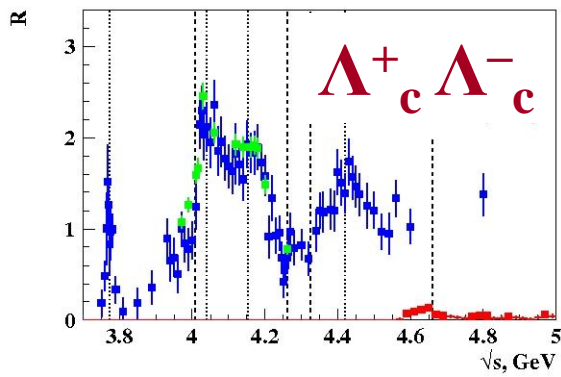
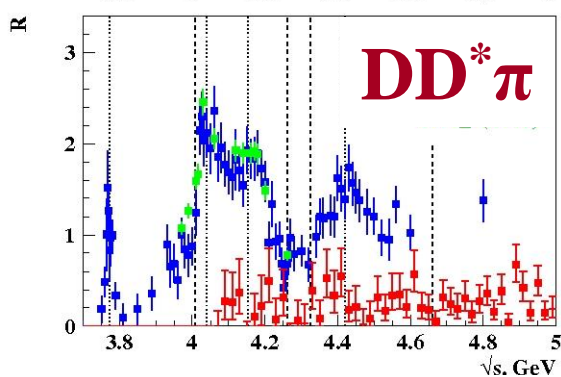
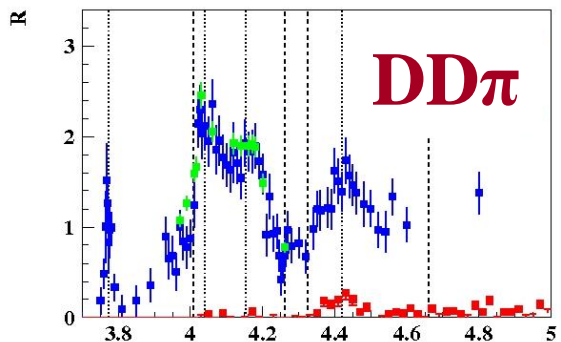
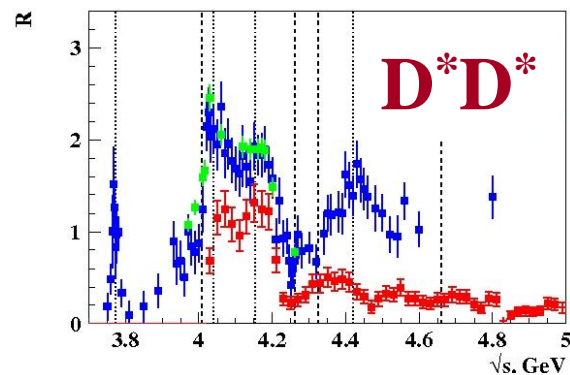
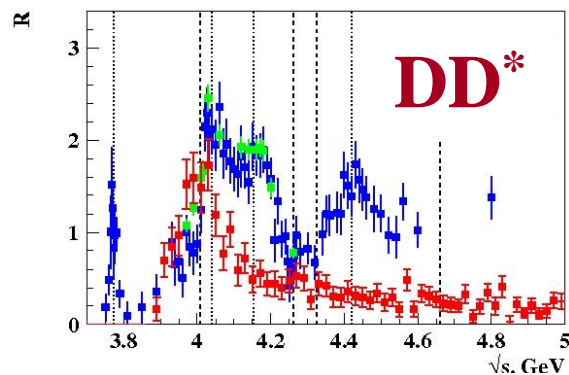
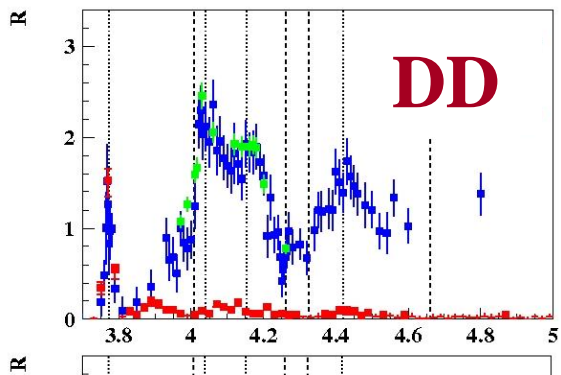












Total  $c\bar{c}$  cross-section  
is decomposed into  
open charm channels

# Belle II Detector (compared to Belle)

