

**Мемориальный семинар
В.Г.Шевченко
НИИЯФ МГУ, 14.06.2013**

**Международное сотрудничество в ИТЭФ
(избранные темы)**

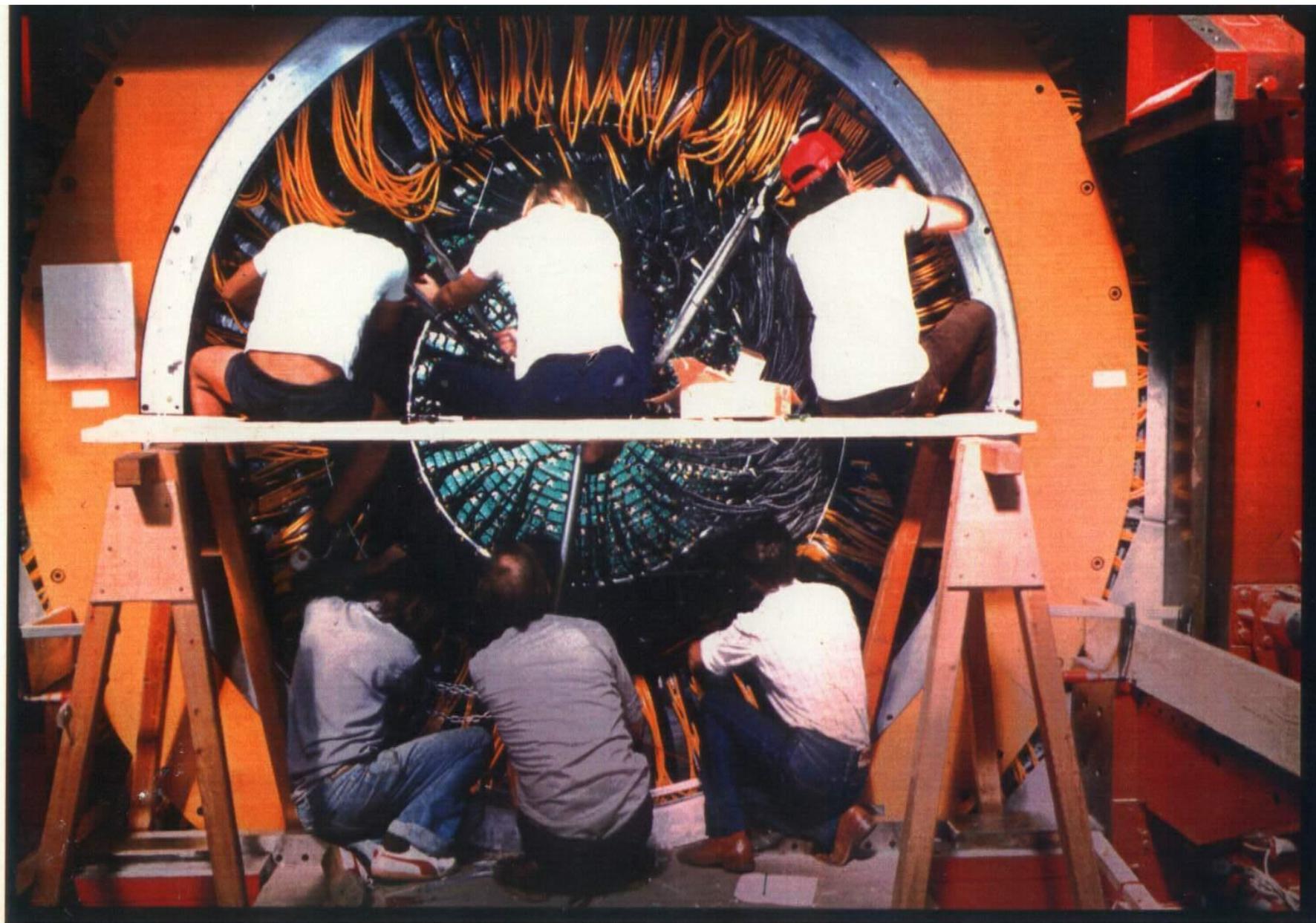
**М.Данилов
ИТЭФ**

Эксперимент ARGUS

Вклад:

- 1. Разработка и руководство созданием дрейфовой камеры**
- 2. Разработка и создание мюонной системы**
- 3. Изготовление элементов калориметра**
- 4. Участие в разработке вершинной камеры**

Сборка дрейфовой камеры



Эксперимент ARGUS получил целый ряд важных результатов

Впервые измерена константа связи **t** и **d** кварков, оценена масса **t**-кварка
Впервые (одновременно с CLEO) измерена константа связи **b** и **u** кварков
Наиболее точно измерена константа связи **b** и **s** кварков
Эти константы являются фундаментальными параметрами СМ
Их измерение открыло путь к поиску СР-нарушения на В-фабриках

Сделан ключевой вклад в спектроскопию частиц содержащих **b** и **s** кварки,
детально изучены их распады

Детально изучены свойства **τ**-лептона (M , τ , ρ , Br 's) и V_{τ} (M , спиральность)
Много других важных результатов

Роль группы ИТЭФ признана в мире (по гамбургскому счету)

Пленарные доклады на крупнейших конференциях: ICHEP-1, LP-2

Международные премии В.Панофского (Ю.Зайцев), М.Планка (М.Данилов) и
А.Карпинского (М.Данилов)

Эксперимент H1

Вклад:

Передний тороид

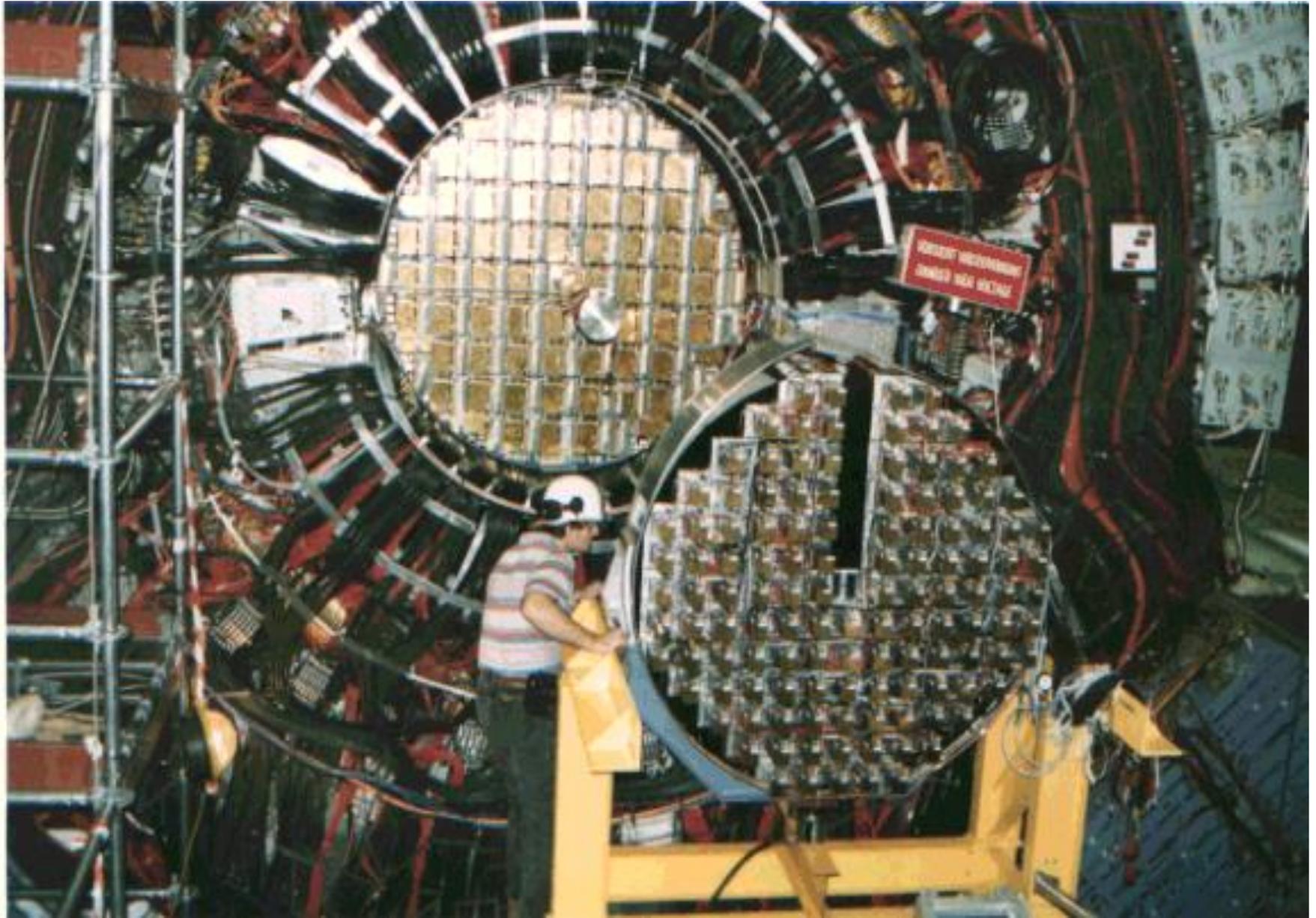
Участие в создании жидкоаргонового калориметра

Адронный калориметр SPACAL

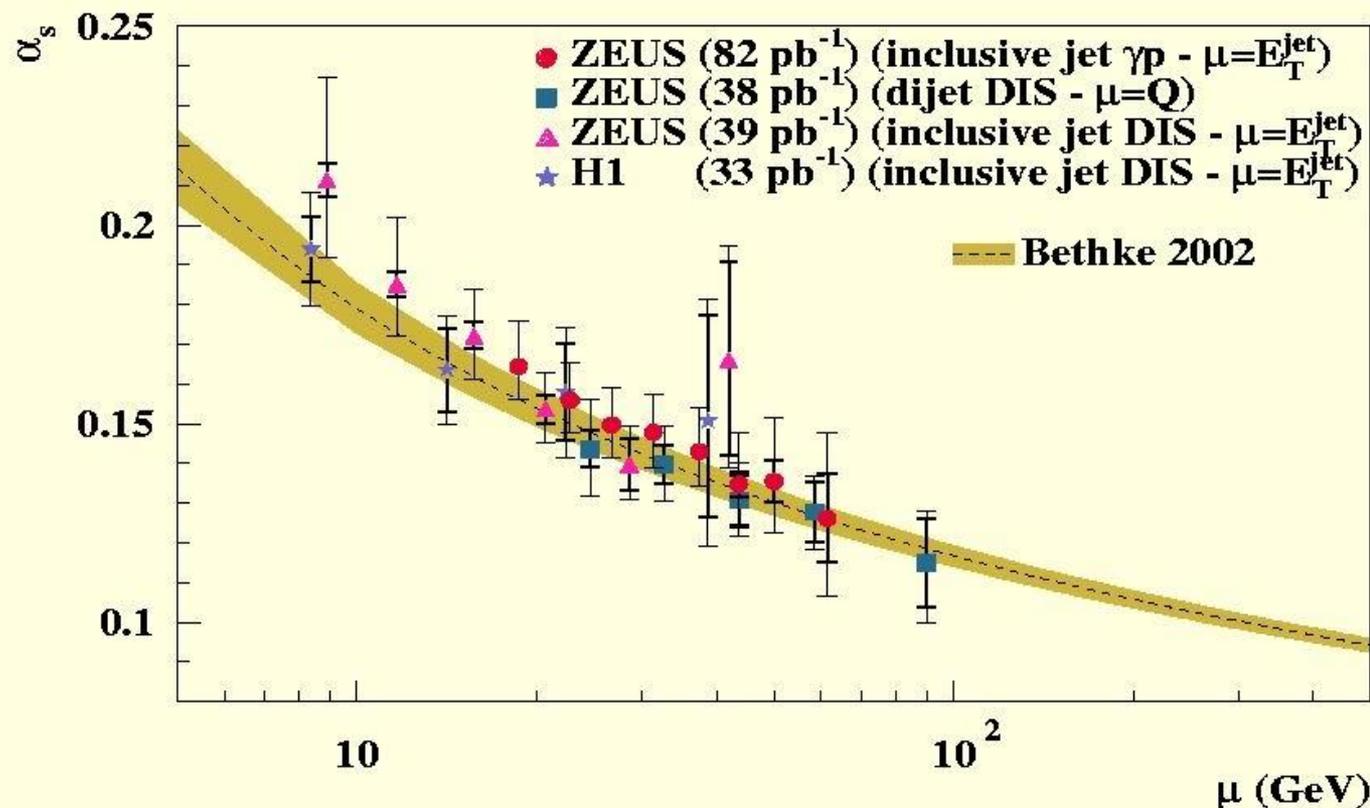
Международное признание

Два пленарных доклада на LP

Установка сделанного в ИТЭФ калориметра в детектор N1 для изучения структуры протона



Константа сильного взаимодействия уменьшается с ростом энергии из-за поляризации вакуума



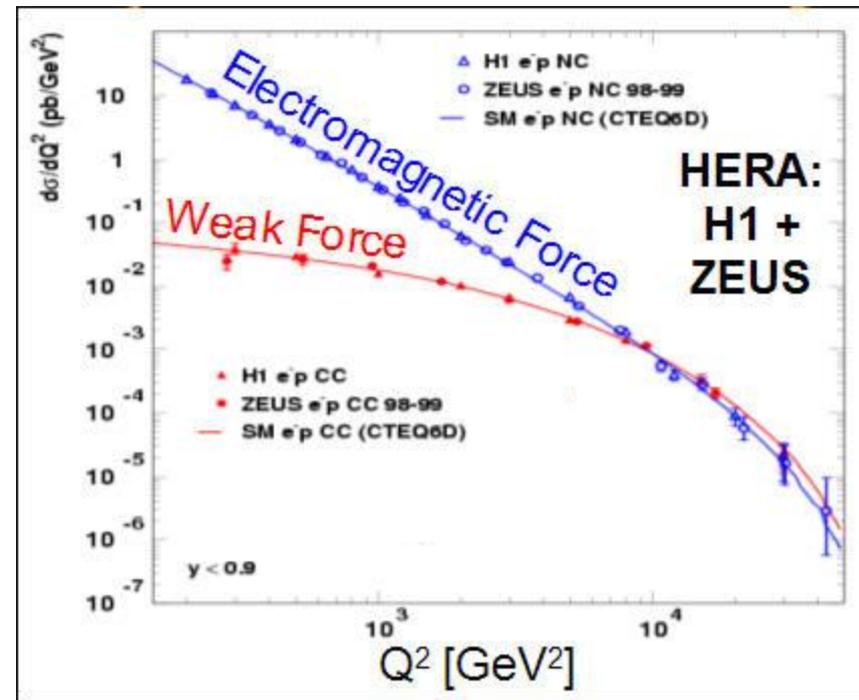
- Энергетическая зависимость константы сильного взаимодействия (эти данные были использованы в 2004 г. Нобелевским Комитетом для иллюстрации асимптотической свободы)

Объединение Взаимодействий



Константы слабого и электромагнитного взаимодействий сравниваются при больших энергиях (данные ер коллайдера ГЕРА)

⇒ Электро-слабая теория!



Эксперимент HERA-B

Вклад

Электромагнитный калориметр

Мюонные камеры

Уникальные газовые пиксельные камеры

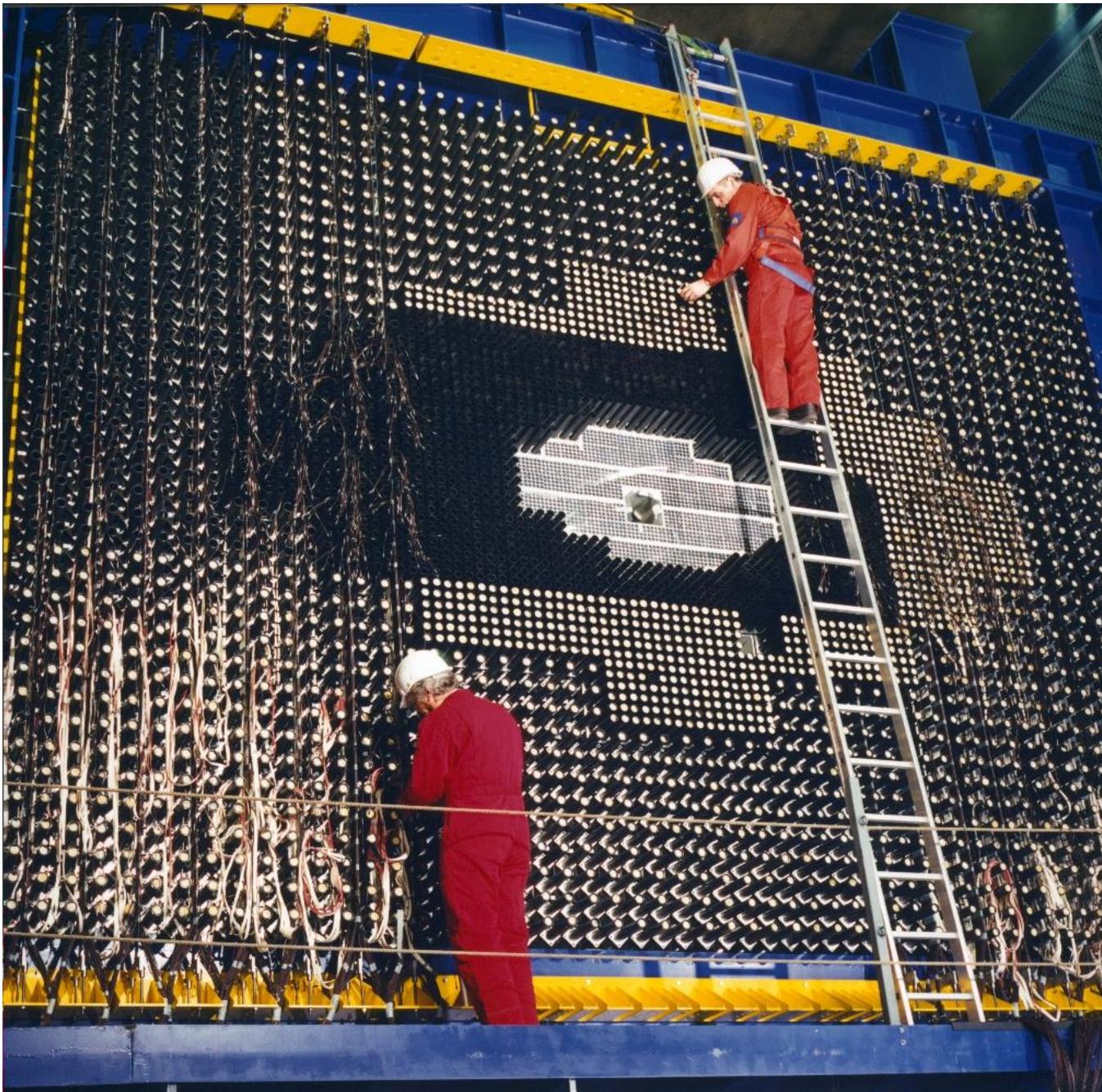
Цели

1. Наблюдение CP-нарушения в B-мезонах
2. Подготовка проекта LHCb для изучения CP-нарушения в B-мезонах

Результаты

Первая амбициозная цель не достигнута, но получено много интересных результатов по рождению тяжелых кварков на ядрах.

Вторая задача перевыполнена – не только LHCb, но и CMS широко использовали опыт HERA-B



Электромагнитный калориметр HERA-B



Сборка мюонных камер HERA-B

Эксперименты BELLE и BELLE-2

Вклад

Громадный (1200 м² и 16 тыс. каналов) мюонный детектор
Развитие программного обеспечения

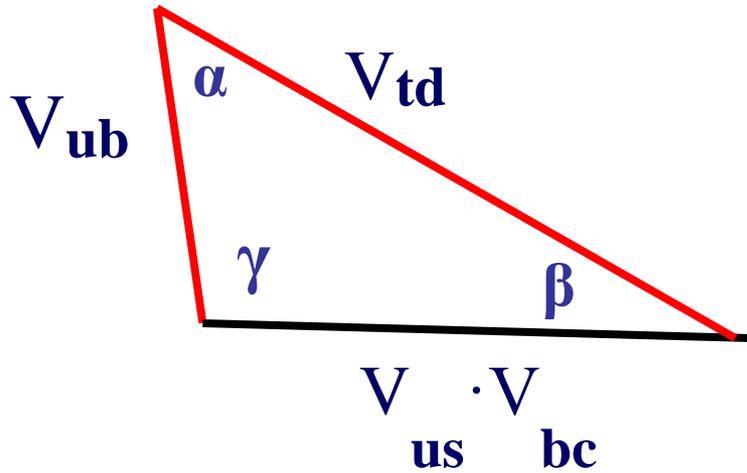
Признание роли ИТЭФ

2 пленарных доклада на ICHEP

2 пленарных доклада на LP

Руководство 4-мя рабочими группами
(рекорд для одного института)

Константы связи кварков образуют треугольник на комплексной плоскости



Измерение сторон в эксперименте ARGUS показало, что углы большие

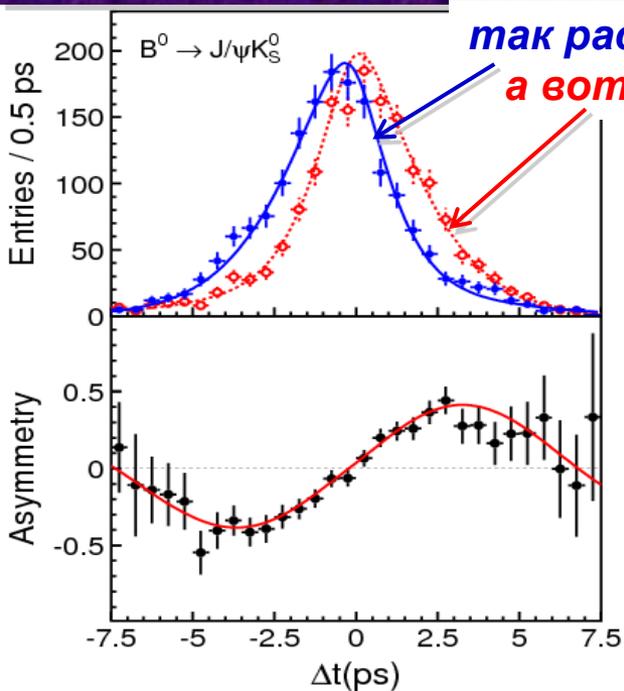
Углы этого треугольника определяют различие в распадах частиц и античастиц

$$\frac{\Gamma(t)(B^0 \rightarrow J/\Psi K^0_s) - \Gamma(\bar{t})(\bar{B}^0 \rightarrow J/\Psi K^0_s)}{\Gamma(t)(B^0 \rightarrow J/\Psi K^0_s) + \Gamma(\bar{t})(\bar{B}^0 \rightarrow J/\Psi K^0_s)} \sim \sin 2\beta \cdot \sin \Delta M \cdot t$$

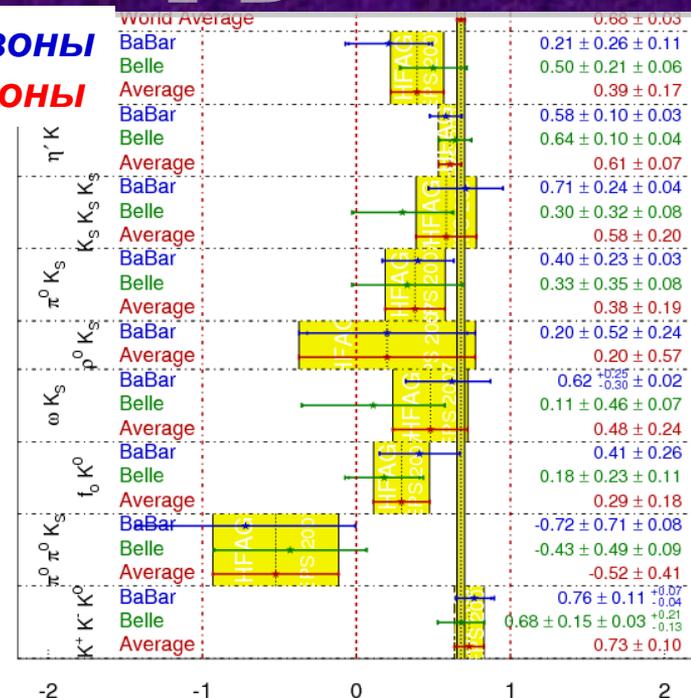
Кобаяши и Маскава предложили свою теорию, когда третье поколение еще не было открыто!



Различие свойств материи и антиматерии — CP нарушение



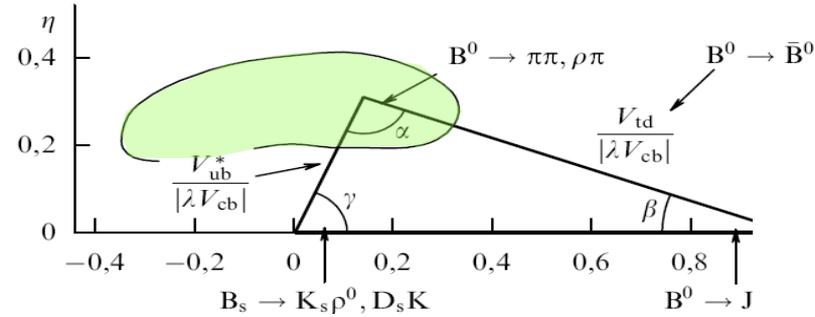
так распадается прелестные мезоны
а вот так антипрелестные мезоны



CP нарушение в распадах прелестных мезонов открыто Belle (с участием БИЯФ и ИТЭФ) в 2001 году в распаде $B^0 \rightarrow J/\psi K^0$. Практически одновременно такой же результат получен BaBar. Сегодня сотрудничество Belle измерило параметр нарушения с точностью 3%, а также исследовало десятки других распадов...

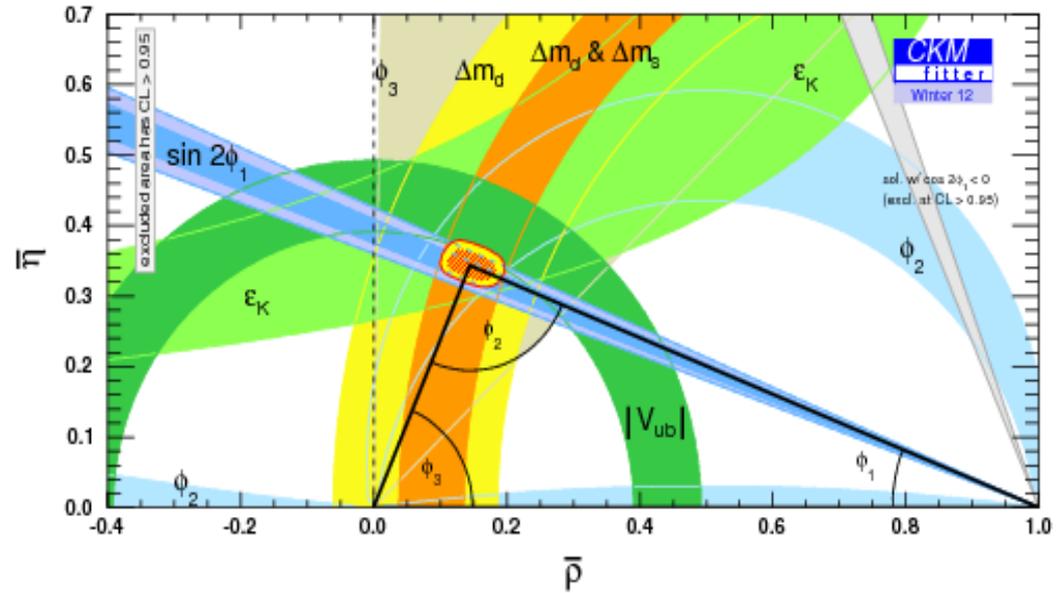
Precision of Unitarity Triangle measurements improved dramatically

ARGUS & CLEO era



Belle precise measurement
 $\sin 2\phi_1 = 0.667 \pm 0.023 \pm 0.012$

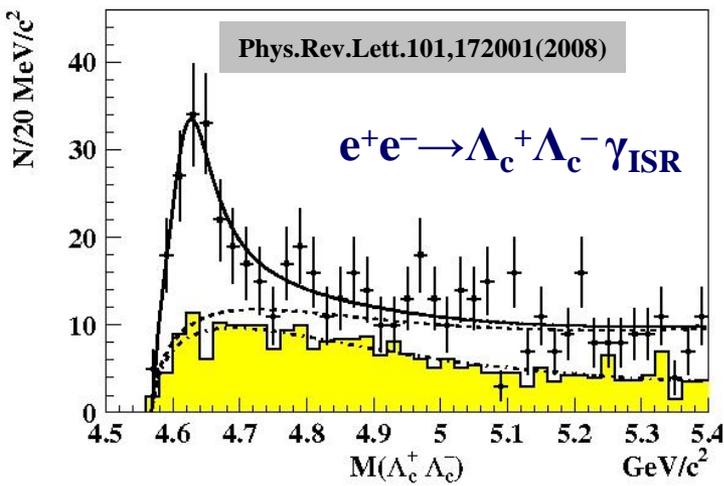
Belle & BaBar era



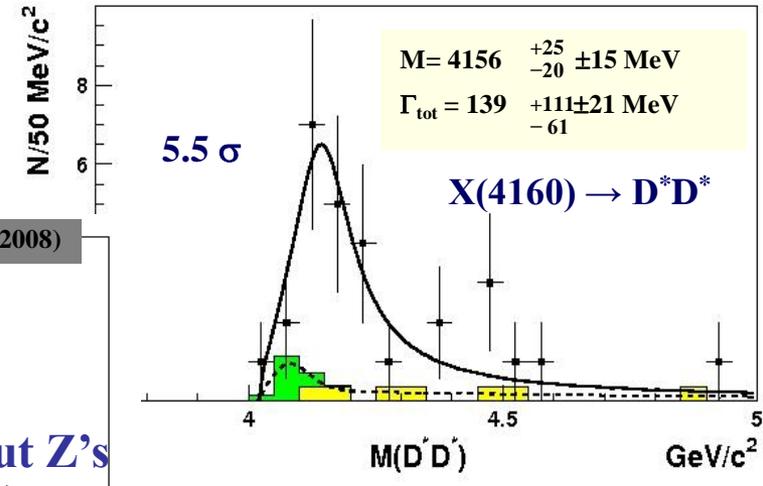
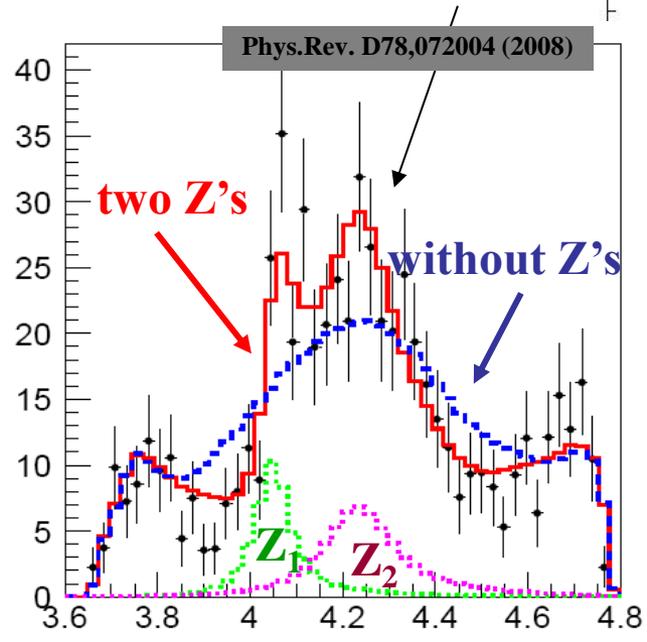
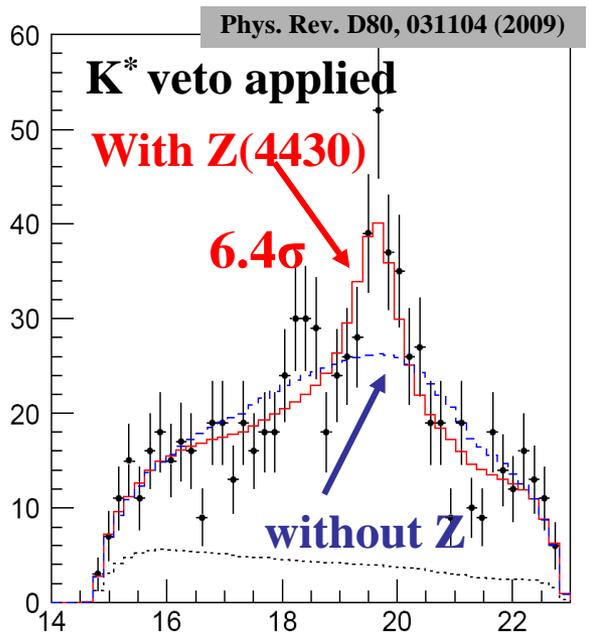
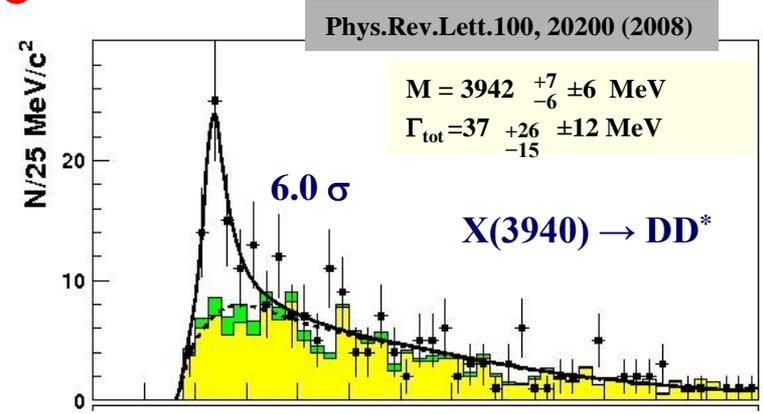
CKM Fitter 2012:

Precise measurements of UT are still highly important !!!

Эксперимент BELLE обнаружил множество чармониеподобных состояний

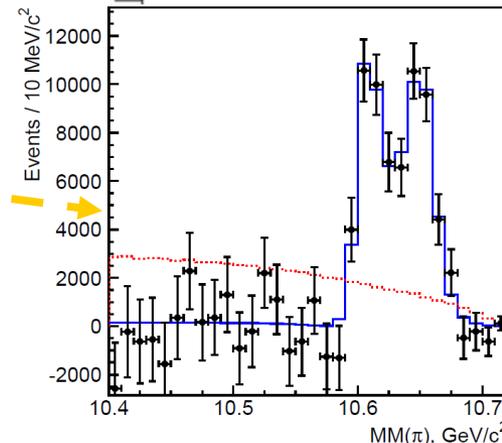
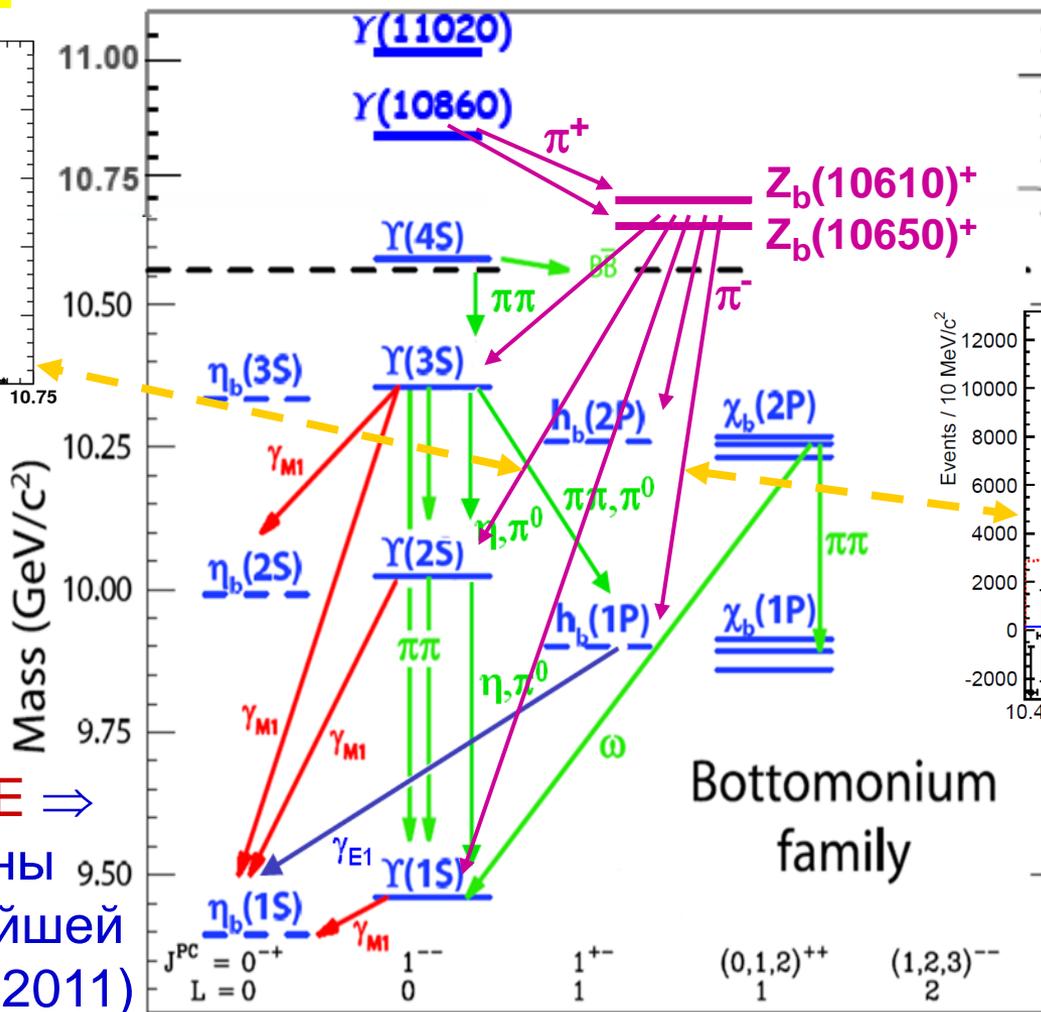
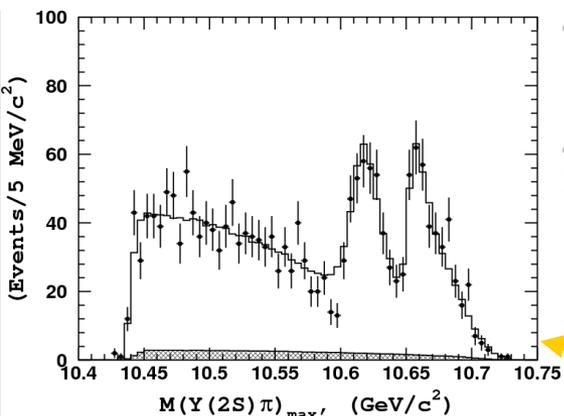


... часть из них группа ИТЭФ...



... часть из них кандидаты в не Q-Qbar состояния

Обнаружение нового типа адронов $b\bar{b}ud$



Эксперимент BELLE ⇒
впервые обнаружены
адроны вне простейшей
кварковой модели (2011)

Минимальный кварковый состав резонансов – два кварка и два анти-кварка.

Близость измеренных масс к порогам $B\bar{B}^*$ и B^*B^* предлагает

Key results

Fit over 5 channels

$$I_1 = 10607.2 \pm 2.0 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_1 = 18.4 \pm 2.4 \text{ MeV}$$

$$(M_B + M_{B^*}) = + 2.6 \pm 2.1 \text{ MeV}$$

$$I_2 = 10652.2 \pm 1.5 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_2 = 11.5 \pm 2.2 \text{ MeV}$$

$$- 2M_{B^*} = + 1.8 \pm 1.7 \text{ MeV}$$

$$Y(1S)\pi^+\pi^-$$

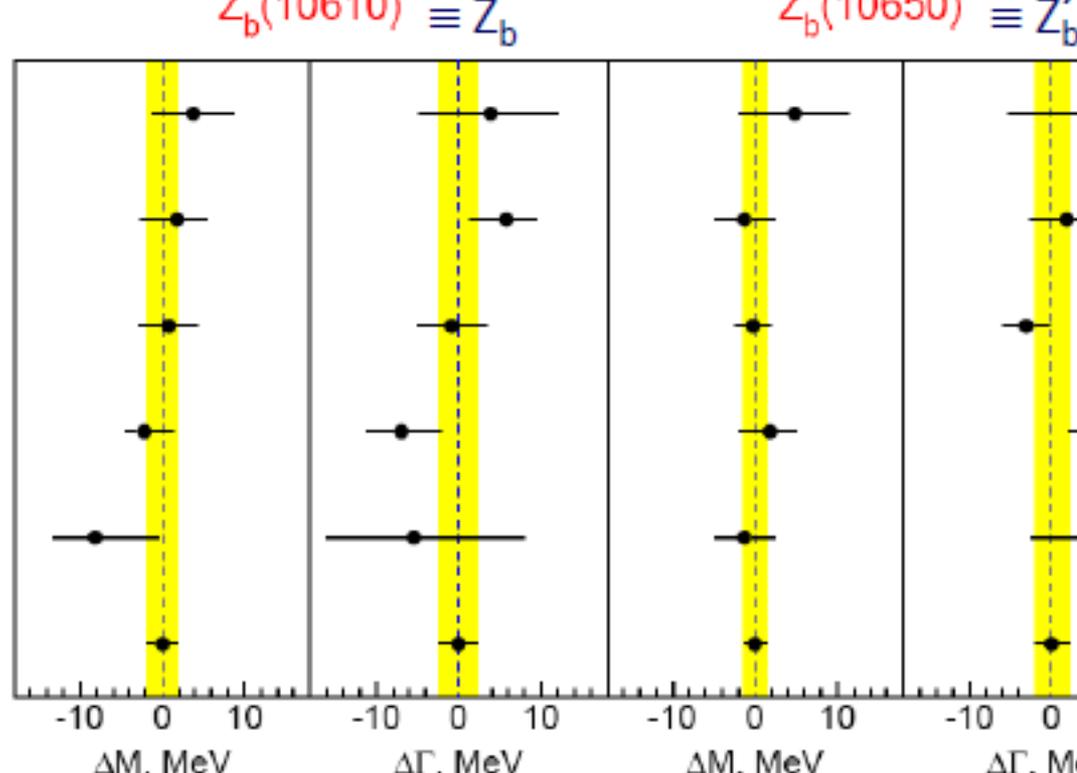
$$Y(2S)\pi^+\pi^-$$

$$Y(3S)\pi^+\pi^-$$

$$h_b(1P)\pi^+\pi^-$$

$$h_b(2P)\pi^+\pi^-$$

Average



Angular analysis \Rightarrow both states are $J^P = 1^+$ Decays $\Rightarrow I^G = 1^+$ (C = - for Z_b^0)

Proximity to thresholds

Resonance molecule

or tetraquark

$$Z_b \sim |B B^*\rangle = \left| \begin{array}{c} \bar{b}b \\ \uparrow\uparrow \end{array} \right\rangle + \left| \begin{array}{c} \bar{b}b \\ \uparrow\downarrow \end{array} \right\rangle$$

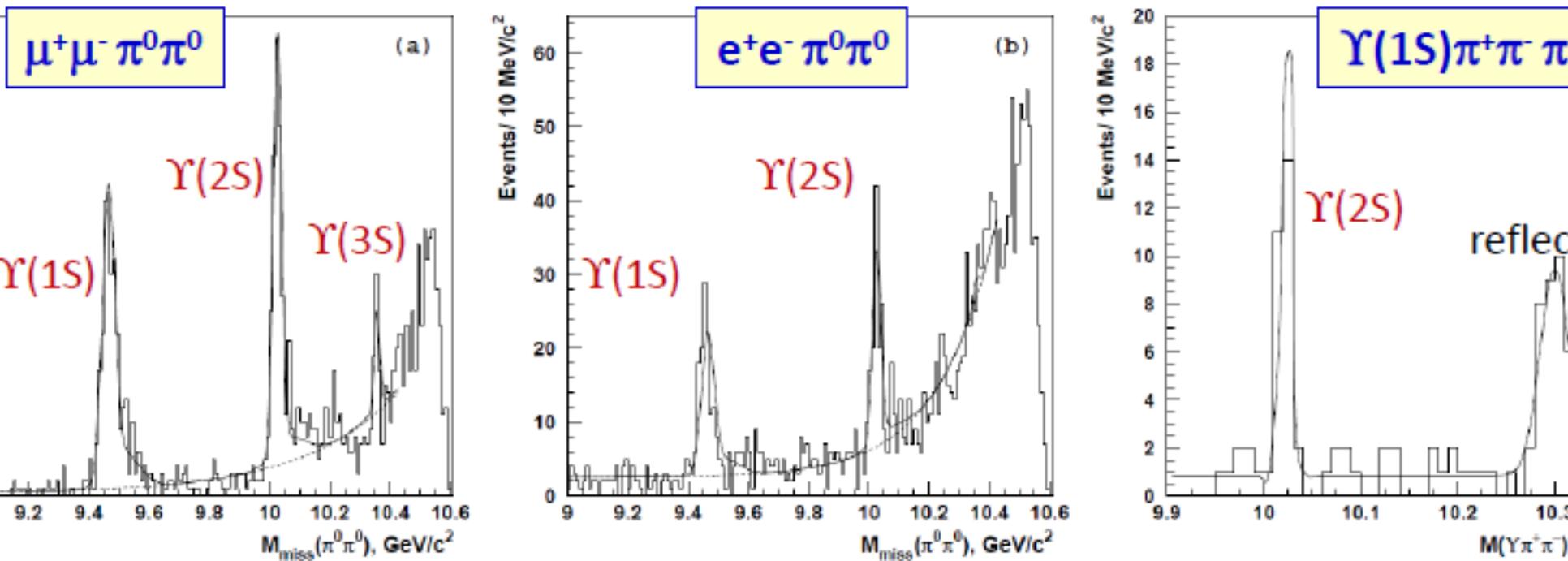
S-wave

$$Z_b' \sim |B^* B^*\rangle = \left| \begin{array}{c} \bar{b}b \\ \uparrow\uparrow \end{array} \right\rangle - \left| \begin{array}{c} \bar{b}b \\ \uparrow\downarrow \end{array} \right\rangle$$

Bondar et al, PRD84,054010
 $h_b(mP)\pi$
 not suppressed

Phase btw Z_b and Z_b' amplitudes is $\sim 0^\circ$ for $Y(nS)\pi\pi$ and $\sim 180^\circ$ for $h_b(mP)\pi\pi$

Observation of $\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(nS)\pi^0\pi^0$



First observations

$$\begin{aligned} \text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^0\pi^0] &= (2.25 \pm 0.11 \pm 0.20) \times 10^{-3} \\ \text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(2S)\pi^0\pi^0] &= (3.79 \pm 0.24 \pm 0.49) \times 10^{-3} \\ \text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(3S)\pi^0\pi^0] &= (2.09 \pm 0.51 \pm 0.34) \times 10^{-3} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^0\pi^0] \\ \text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(2S)\pi^0\pi^0] \\ \text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(3S)\pi^0\pi^0] \end{aligned}} \right\} \text{arxiv:1207.4345} \quad \begin{array}{l} 380 \text{ ev} \\ 370 \text{ ev} \\ 50 \text{ ev} \end{array}$$

NEW

C.f. $\text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^+\pi^-] = (4.45 \pm 0.16 \pm 0.35) \times 10^{-3}$
 $\text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(2S)\pi^+\pi^-] = (7.97 \pm 0.31 \pm 0.96) \times 10^{-3}$
 $\text{BF}[\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(3S)\pi^+\pi^-] = (2.88 \pm 0.19 \pm 0.36) \times 10^{-3}$

Results of Dalitz plot analysis

Fit fractions

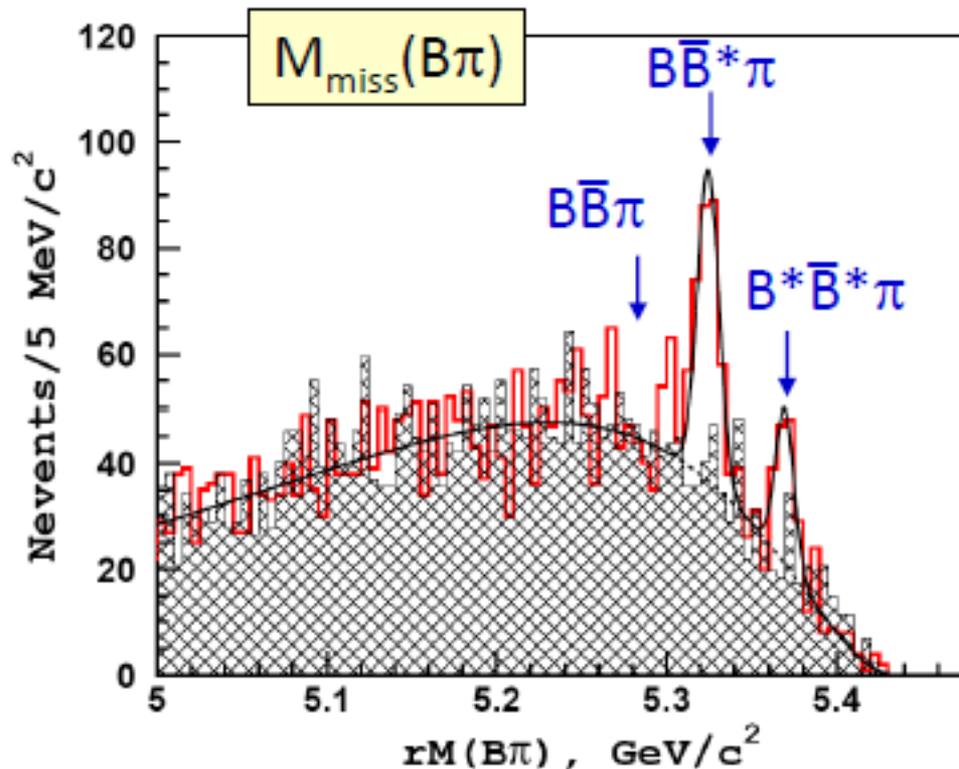
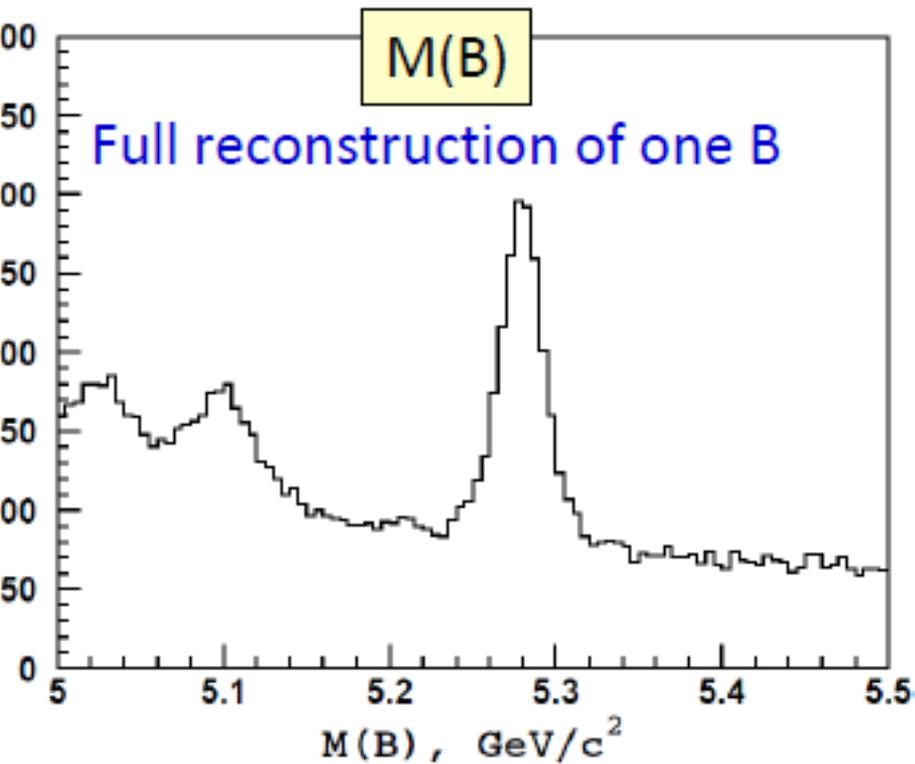
	$\Upsilon(1S)$	$\Upsilon(2S)$		$\Upsilon(3S)$
		solution A	solution B	
$Z_b(10610)^0$	< 3.5	$13.5 \pm 4.0 \pm 1.8$	$30.0 \pm 6.1 \pm 3.6$	$44 \pm 11 \pm 3$
$Z_b(10650)^0$	< 3.5	< 7	< 13	< 4.2 (90% C.L.)

C.f. arxiv:1207.4345

$Z_b(10610)^+$	$2.54^{+0.87}_{-0.75}$	$19.6^{+4.0}_{-3.2}$	$26.8^{+6.8}_{-4.2}$
$Z_b(10650)^+$	$1.04^{+0.65}_{-0.33}$	$5.8^{+1.5}_{-1.8}$	$11.0^{+4.3}_{-2.4}$

Fit fractions of neutral and charged Z_b s are consistent

	$\Upsilon(2S)\pi^0$	$\Upsilon(3S)\pi^0$	Combined
Significance of $Z_b(10610)$ (including systematics)	4.9σ	4.3σ	6.5σ
			observation of $Z_b(10610)^0$



$\Upsilon(5S) \rightarrow B^{(*)}\bar{B}^{(*)}\pi$

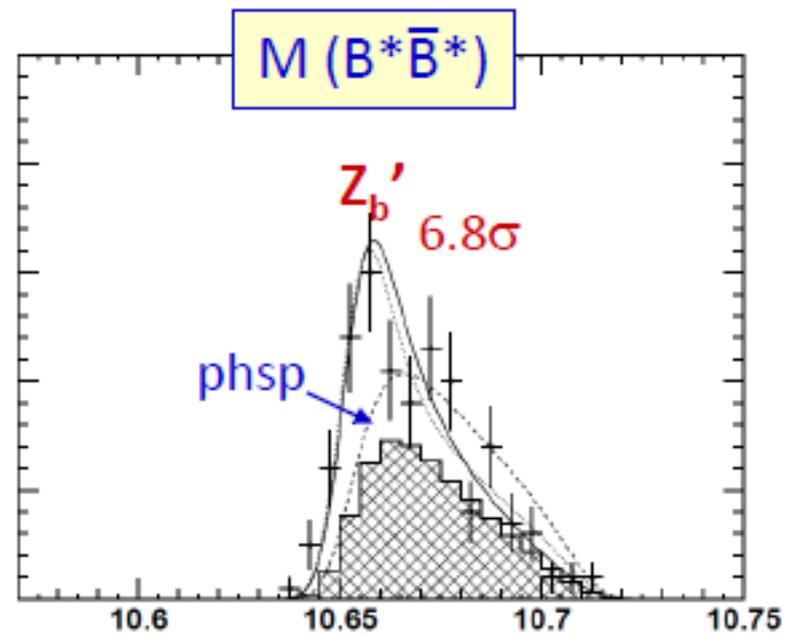
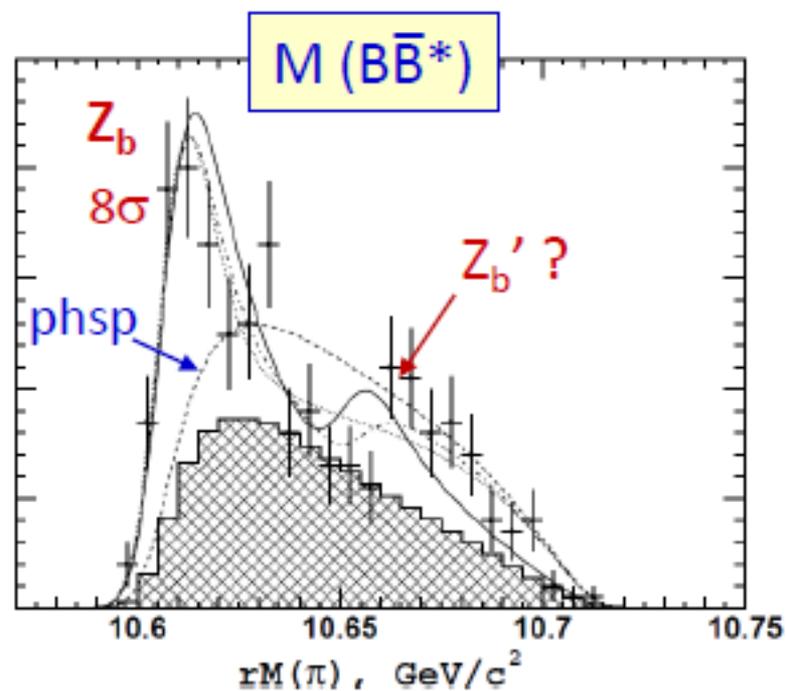
Belle 121.4 fb^{-1}

significance

PRD81,112003(2010)

Belle 23.6 fb^{-1}

$B\bar{B}$	$<0.60\%$ at 90% C.L.		$(0 \pm 1.2)\%$
$B\bar{B}^* + B\bar{B}^*$	$(4.25 \pm 0.44 \pm 0.69)\%$	9.3σ	$(7.3 \pm 2.3)\%$
$B^*\bar{B}^*$	$(2.12 \pm 0.29 \pm 0.36)\%$	5.7σ	$(1.0 \pm 1.4)\%$



Channel	Fraction, %	
	$Z_b(10610)$	$Z_b(10650)$
$\Upsilon(1S)\pi^+$	0.32 ± 0.09	0.24 ± 0.07
$\Upsilon(2S)\pi^+$	4.38 ± 1.21	2.40 ± 0.63
$\Upsilon(3S)\pi^+$	2.15 ± 0.56	1.64 ± 0.40
$h_b(1P)\pi^+$	2.81 ± 1.10	7.43 ± 2.70
$h_b(2P)\pi^+$	4.34 ± 2.07	14.8 ± 6.22
$B^+\bar{B}^{*0} + \bar{B}^0B^{*+}$	86.0 ± 3.6	—
$B^{*+}\bar{B}^{*0}$	—	73.4 ± 7.0

$\text{BF}[Z_b' \rightarrow B\bar{B}^*] = (25 \pm 10)\%$ insignificant

If included, other fractions of Z_b' are reduced by 1

$Z_b' \rightarrow B\bar{B}^*$ is suppressed w.r.t. $B^*\bar{B}^*$
despite much larger PHSP.

Explanations:

Molecule \Rightarrow admixture of $B\bar{B}^*$ in Z_b' is small

Summary

$Z_b(10610)$ and $Z_b(10650)$ states observed in 5 decay modes:

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

Masses close to BB^* and B^*B^* thresholds.

Observation of $Z_b(10610)^\pm \rightarrow BB^*$, $Z_b(10650)^\pm \rightarrow B^*B^*$ Dominant modes: $BF \sim 8$

$Z_b(10650)^\pm \rightarrow B\bar{B}^*$ is suppressed “smoking gun” of molecular structure?

Dalitz plot analysis of $\Upsilon(nS)\pi^0\pi^0$ consistent with $\Upsilon(nS)\pi^+\pi^-$, observation of $Z_b(10610)^0$

6D amplitude analysis Z_b spin-parity is unambiguously **1+**

All experimental data point to molecular structure of Z_b .

Fit to data with various predictions is crucial to discriminate dynamical mode

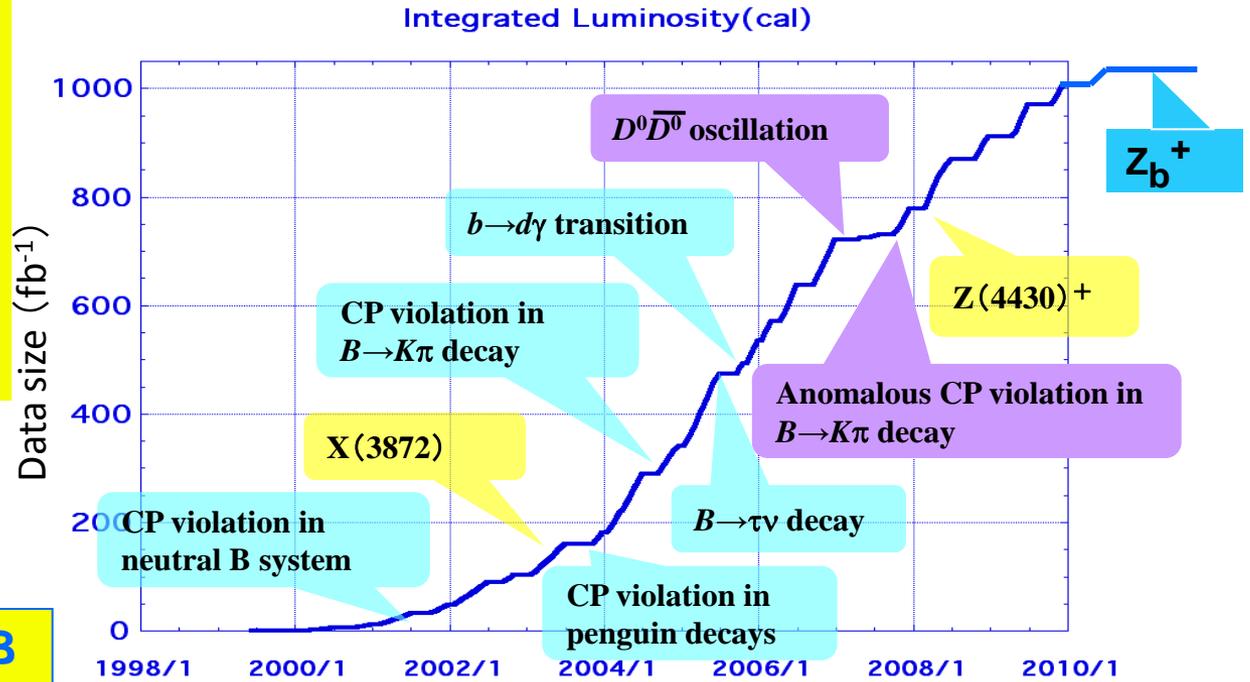
Collaboration btw. theory and experiment.

very rich phenomenological objects can help to understand highly excited states

Excellent KEKB performance allowed BELLE experiment to obtain many exciting results

Discoveries are still coming!

Next step is SuperKEKB



Ground breaking ceremony for SuperKEKB on November 11, 2011



Detector upgrade

Critical issues at
 $= 8 \times 10^{35}/\text{cm}^2/\text{sec}$

L

❖ Higher event rate

❖ higher rate trigger, DAQ and computing

❖ Improve performance

❖ try better PID options

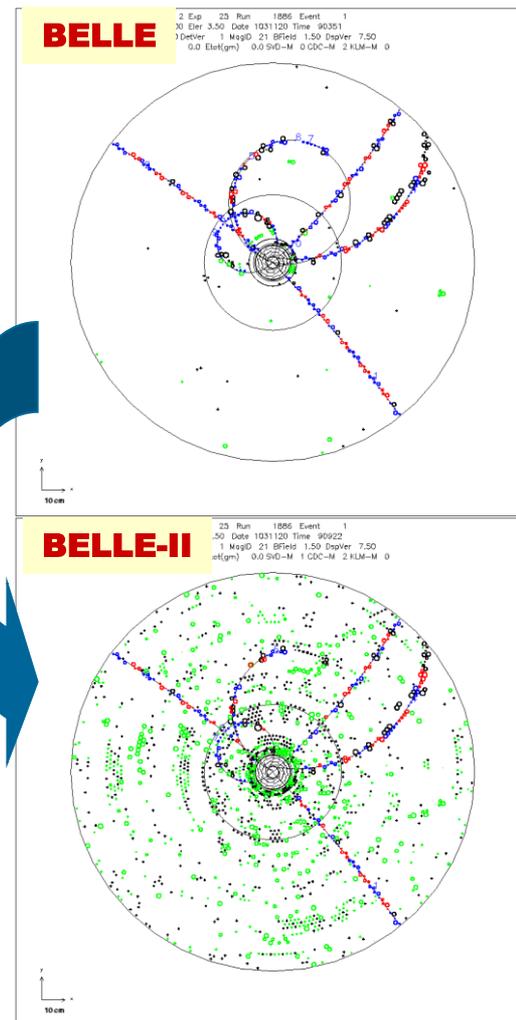
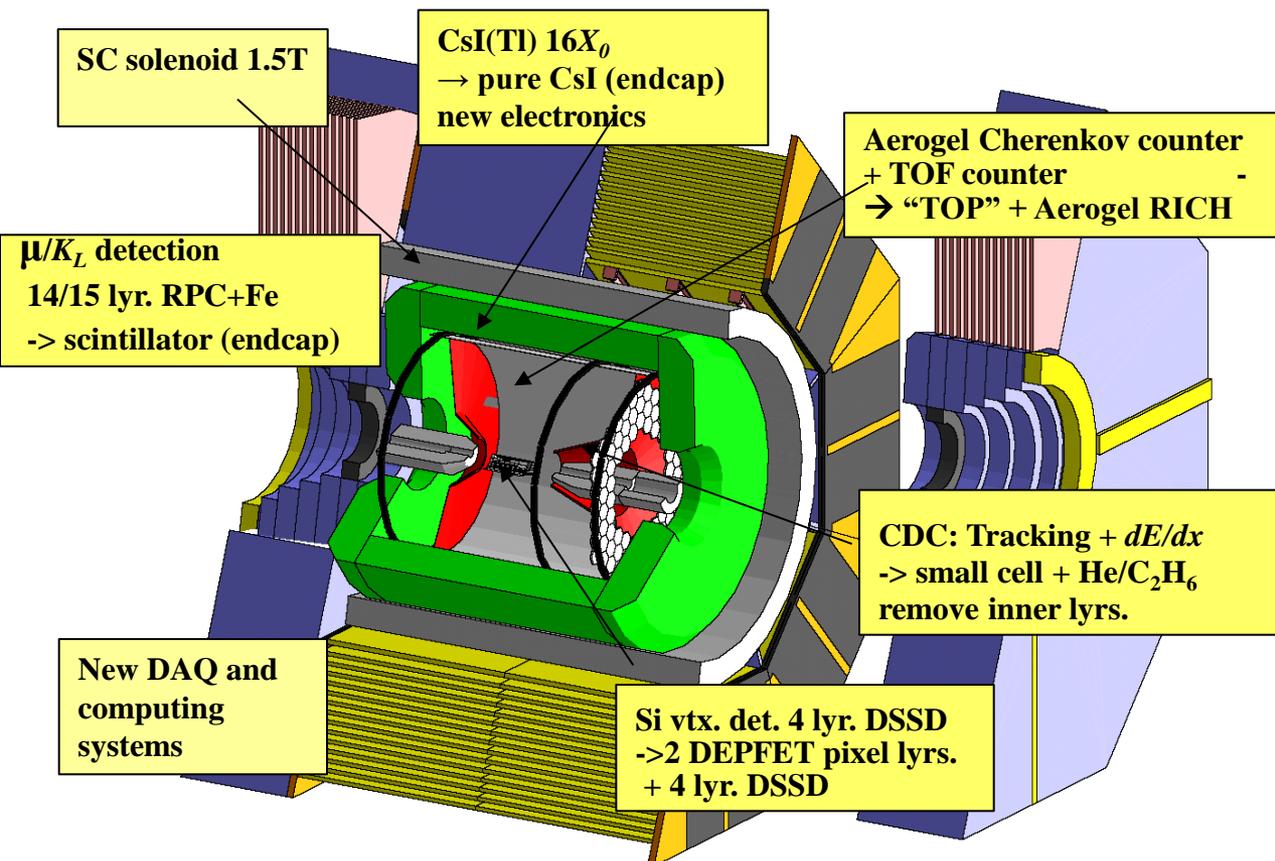
❖ low p_μ identification for $b \rightarrow s\mu\mu$ efficiency

❖ hermeticity \rightarrow missing E “reconstruction”

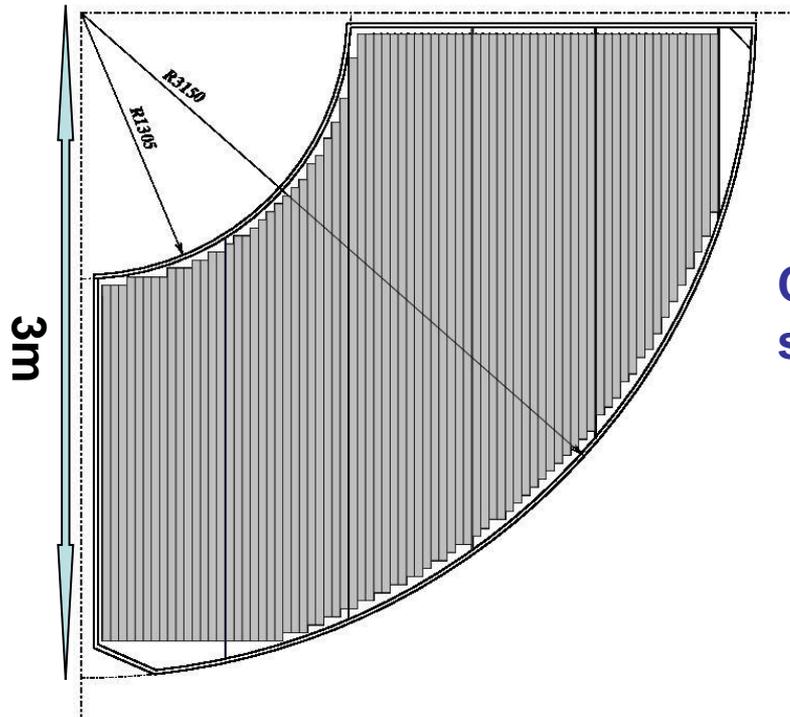
❖ Higher background (factor ~ 20)

❖ radiation damage and occupancies

❖ fake hits and pile-up noise in the ECL

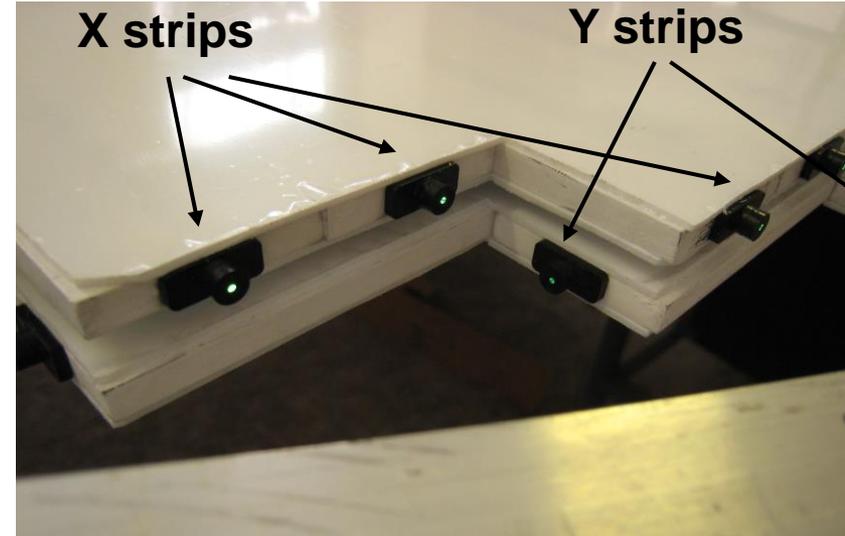
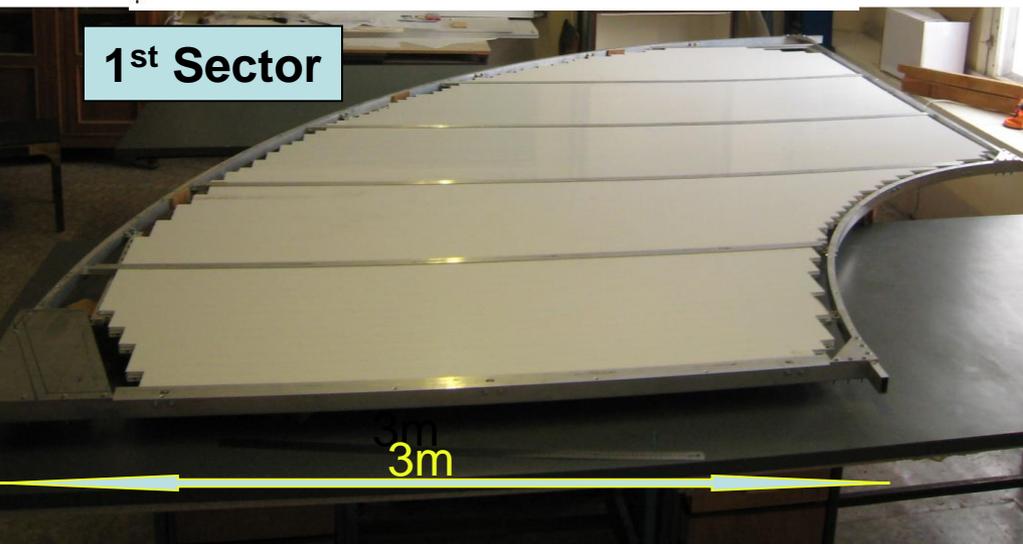
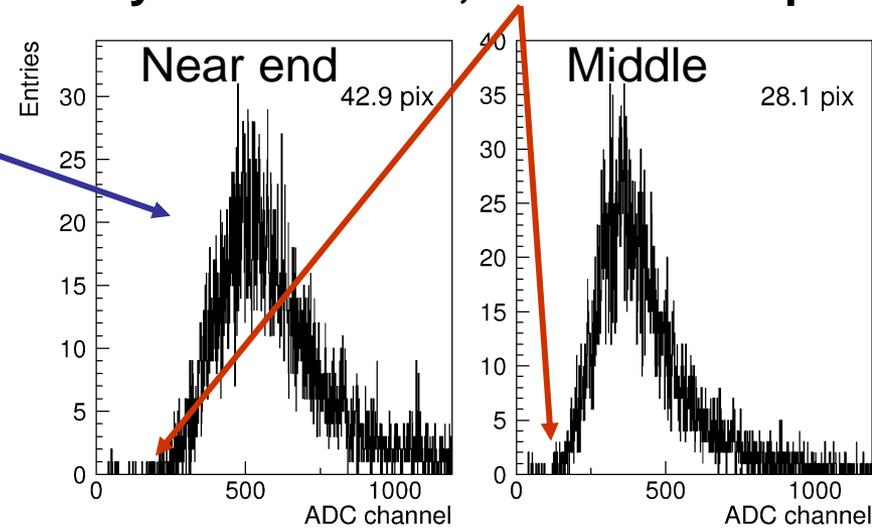


ENDCAP KLM SECTOR



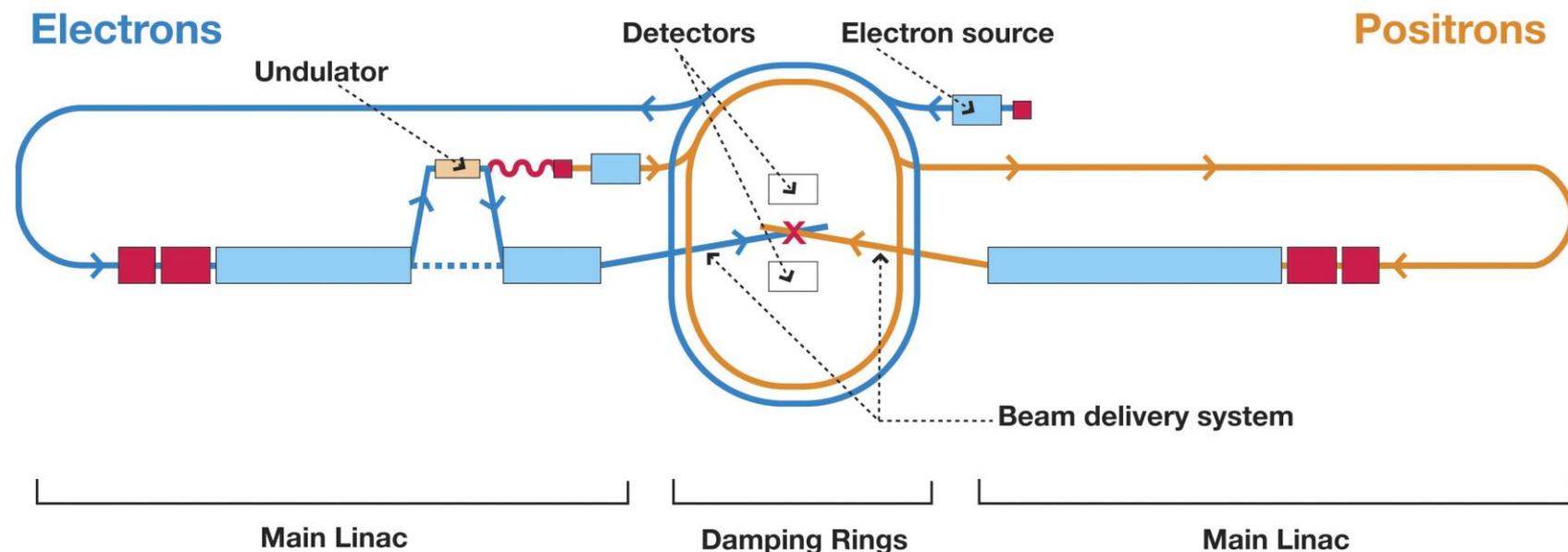
- 75 strips (4 cm width)/sector
- 2 orthogonal sectors/gap
- 16800 strips for F&B endcap KLM
- Efficiency for MIP > 99%, threshold 7.5pix

Cosmics spectra



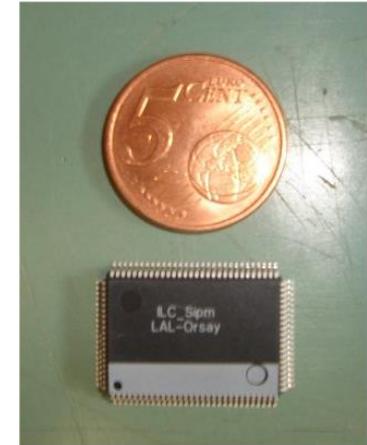
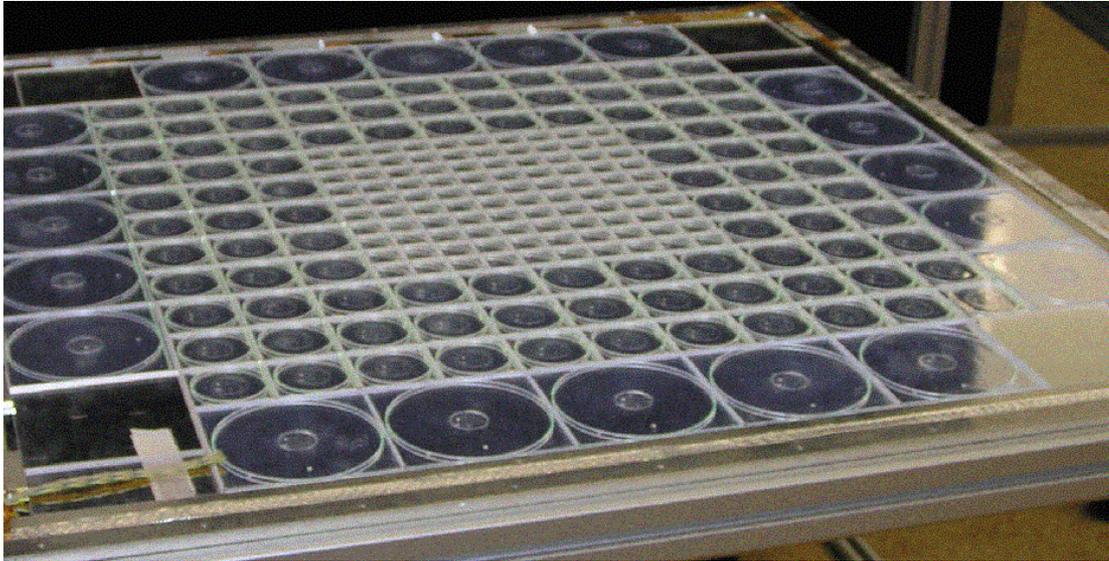
Международный e^+e^- линейный коллайдер (ILC)

Обсуждается возможность его строительства в Дубне



ИТЭФ, МИФИ и МГУ участвуют в создании калоримера для ILC на основе Российских технологий

Калориметр ILC на основе российских технологий

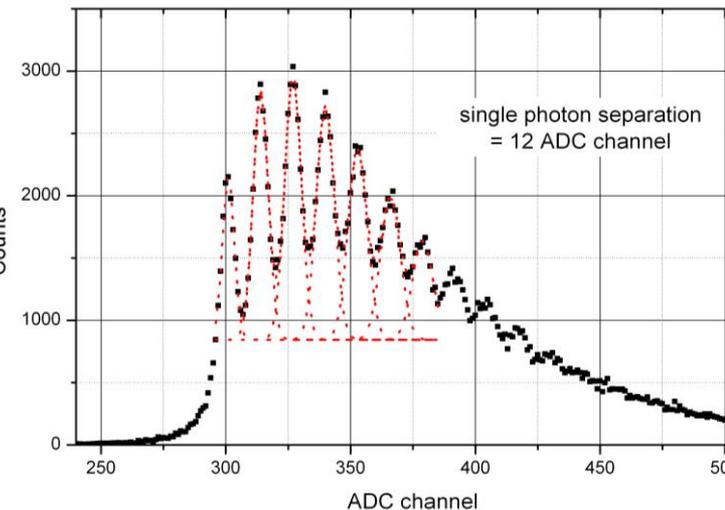
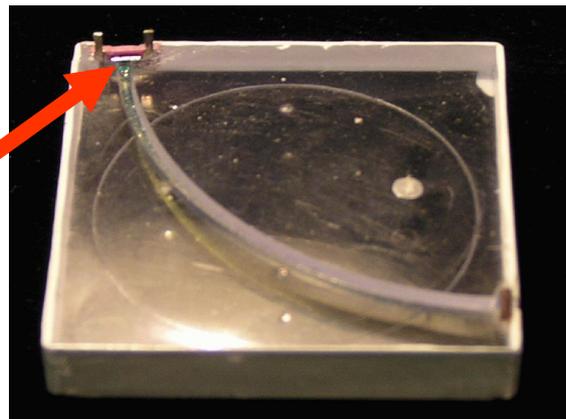
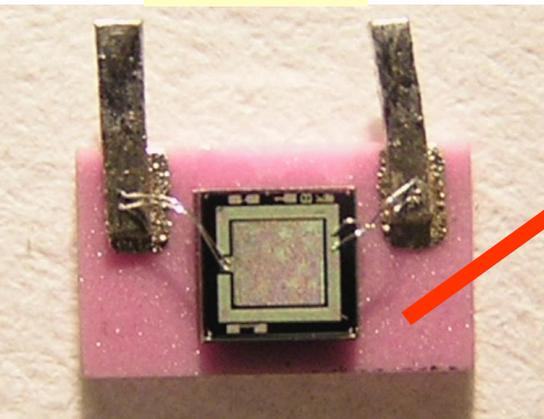


Электронный чип

Свет собирает спектросмещающее волокно и SiPM

SiPM

3x3 см² счетчик с SiPM



International Linear Collider

Вклад

8 тысяч сцинтилляционных счетчиков с SiPM для калориметра CALICE

Ключевой вклад в анализ данных (доказательство применимости метода PFA)

Признание

Пленарный доклад на LP

Участие в международных комитетах, организующих подготовку проекта
(WWS OC, IDAG, GDE)

Заключение

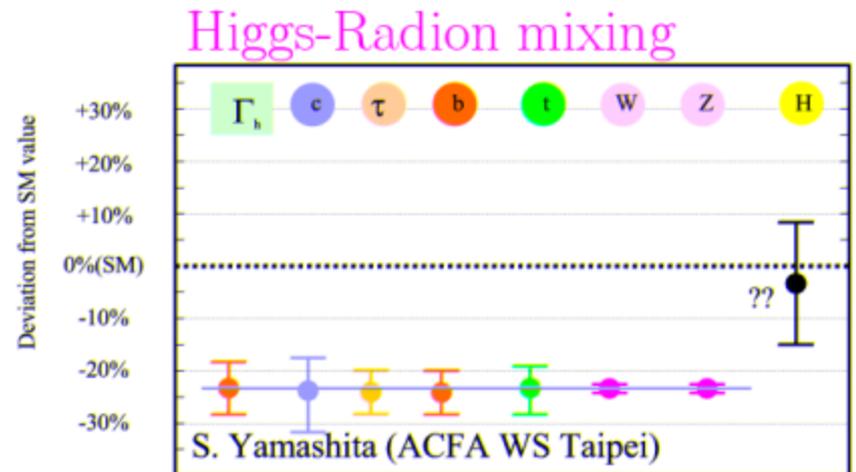
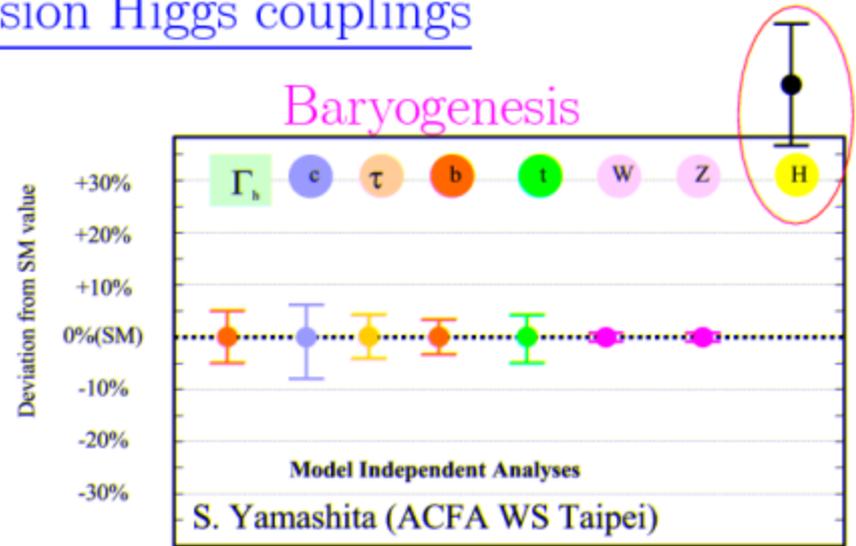
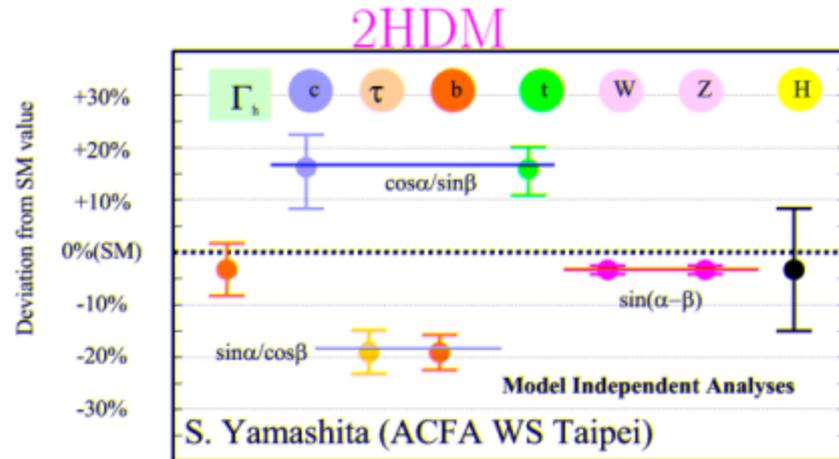
Организованное В.Г.Шевченко сотрудничество с DESY оказалось очень плодотворным и развилось в целое направление исследований в котором уже получено множество первоклассных результатов и ожидаются новые.

Роль ИТЭФ в этом направлении получила мировое признание по Гамбургскому счету. 10 пленарных докладов на крупнейших конференциях это более 1% докладов в мире в нашей области

Молодой энергичный коллектив ученых образовался благодаря этим исследованиям. Он продолжает работу в России и активно готовит себе пополнение.

Applications of precision Higgs couplings

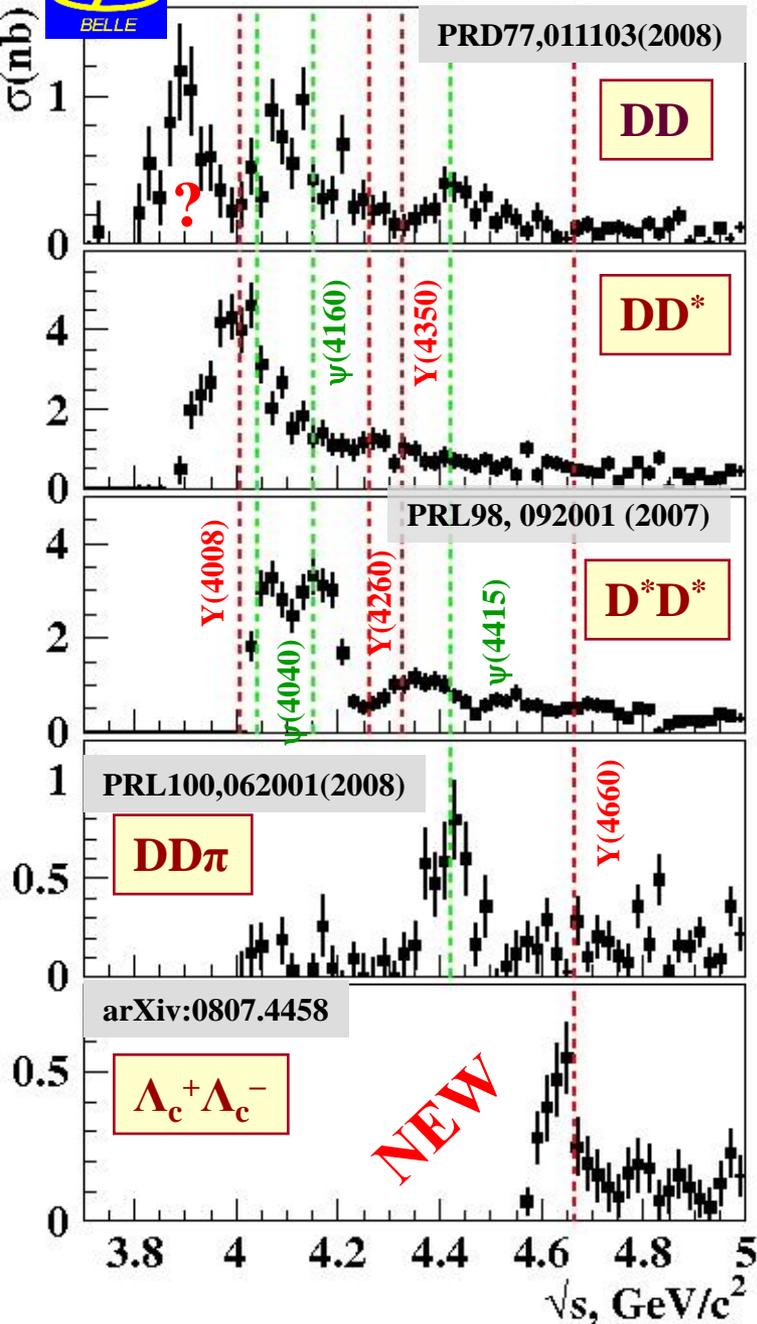
The Higgs-coupling measurements allow for a powerful distinction between models





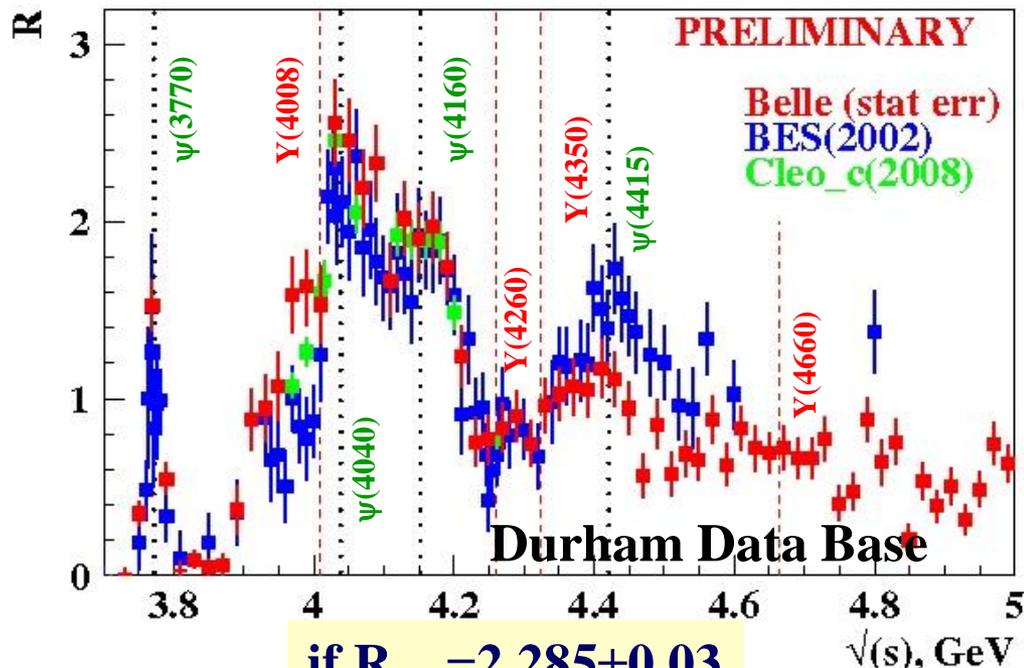
$\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{open charm})$ via ISR

Are Y states threshold effects?



- Peak positions for $M(J/\psi\pi\pi)$ & $M(\psi(2S)\pi\pi)$ significantly different
- **Y(4008)** mass coincides with **DD*** peak
- **Y(4260)** mass corresponds to dip in **D*D*** cross sect.
- **Y(4350)** ...
- **Y(4660)** mass is close to $\Lambda_c^+\Lambda_c^-$ peak
- **Enhancement near 3.9 GeV** in $ee \rightarrow DD$ coupled channel effect?

Belle: Sum of all measured exclusive contributions



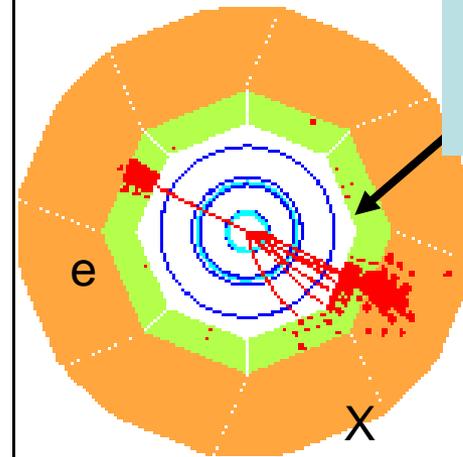
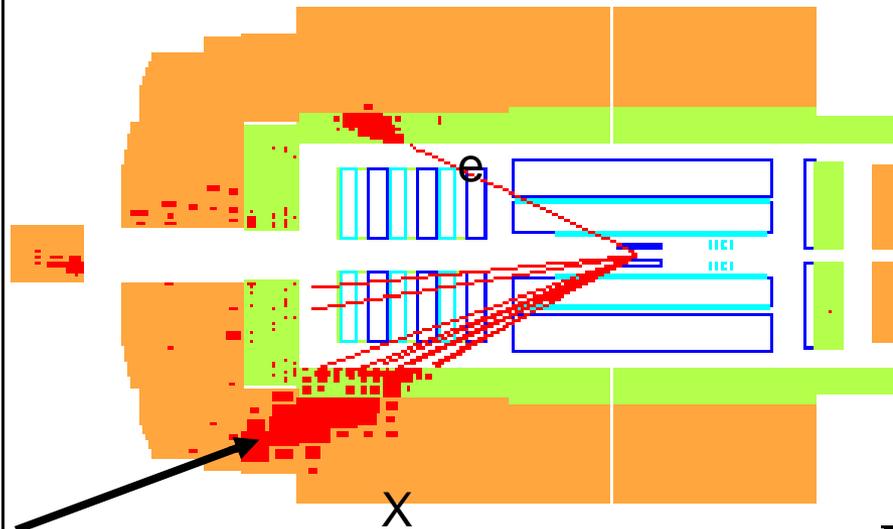
if $R_{uds} = 2.285 \pm 0.03$

Рассеяние электрона на кварке

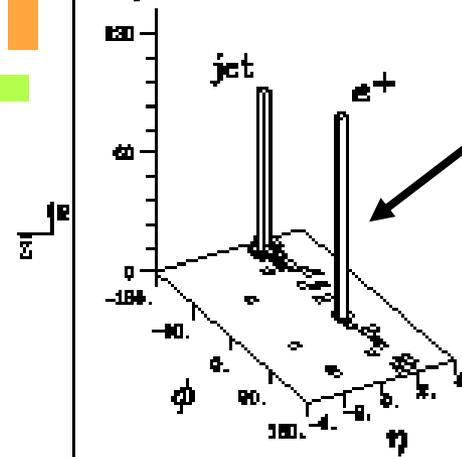
H1 Run 122145 Event 69506

Date 19/09/1995

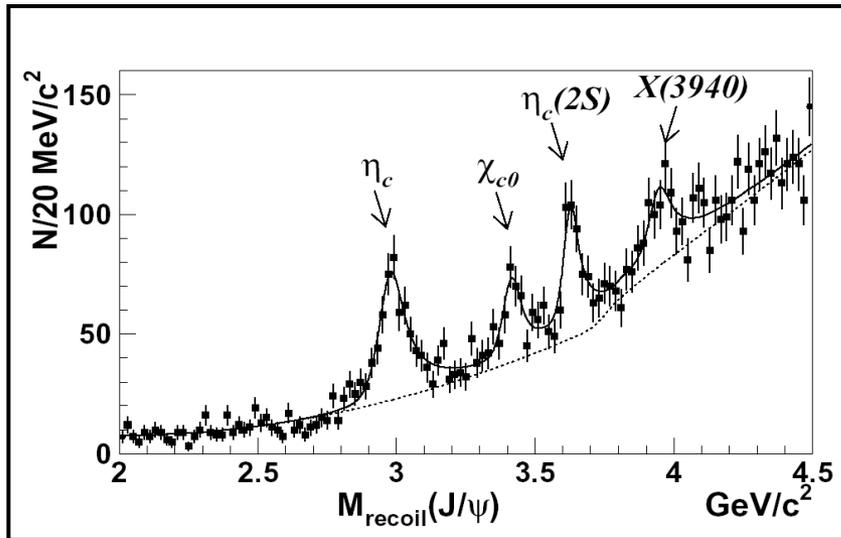
$Q^2 = 25030 \text{ GeV}^2$, $y = 0.50$, $M = 211 \text{ GeV}$



E_t/GeV



Кварк “наблюдается” как пучок частиц



**X-section for J/ψ (cc)_{res} is measured
 $10 \times$ NRQCD predictions**