

Физические результаты LHCb



Г.Алхазов, Н.Бондарь, А.Воробьев, А. Дзюба,

*С.Котряхова, О.Маев, Н.Сагидова, А.Чубыкин, **Ю.Щеглов***

Сессия Ученого совета ОФВЭ / 26 декабря 2017

Важнейшие результаты LHCb в 2017

- Поиск нарушения лептонной универсальности
- Редкие распады с ди-мюонами

μ

Результаты группы анализа данных ПИЯФ

- Работы в рамках Charm WG
- Распад $\Xi_c^+ \rightarrow p\varphi$
- Асимметрия рождения Λ_c^+ в pp -соударениях

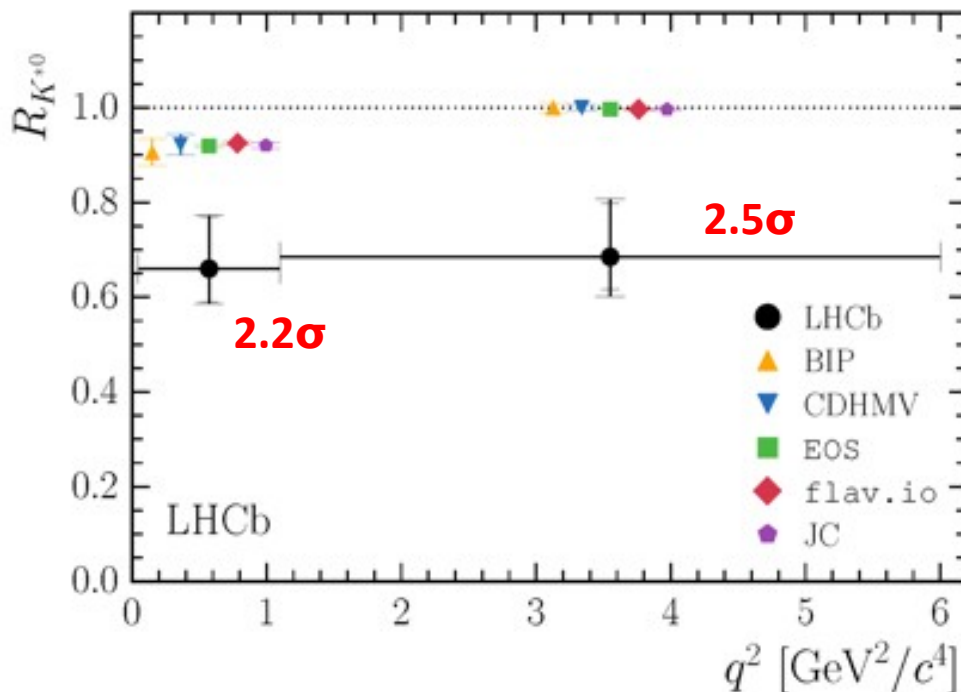
c

Поиск нарушения лептонной универсальности в распадах B -мезонов

В Стандартной Модели (СМ) физики элементарных частиц заряженные лептоны всех трех поколений (e, μ, τ) имеют одинаковые константы связи с калибровочными бозонами [свойство **лептонной универсальности (ЛУ)**]. Экспериментальное обнаружение нарушения ЛУ будет указанием на Новую физику за пределами СМ. Поиск отклонения от ЛУ ведется в распадах прелестных (содержащих b -кварк) адронов.

Соотношение вероятностей распада по каналам $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ и $B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-$ как функция квадрата инвариантной-массы ди-лептонов (q^2). Также на рисунке приведены предсказания теоретических расчетов для этой наблюдаемой.

([JHEP 08 \(2017\) 055](#), см. рисунок)



μ

Поиск нарушения лептонной универсальности в распадах B -мезонов

- В 2017 LHCb сообщил об открытии *указаний на нарушение ЛУ* в распадах:

✓ $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ и $B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-$

([JHEP 08 \(2017\) 055](#))

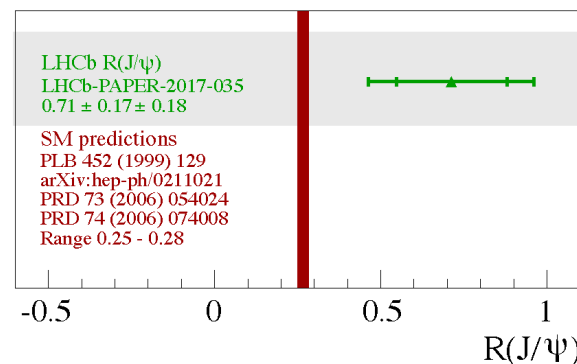
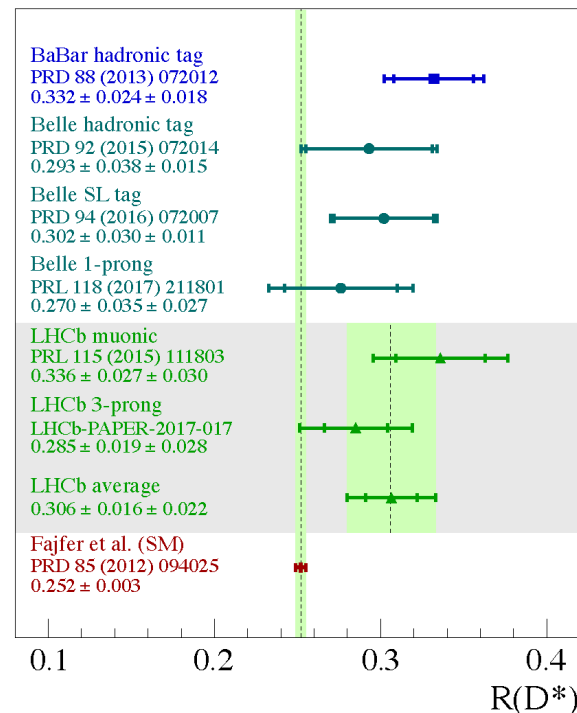
✓ $B^0 \rightarrow D^{*-} \tau^+ \nu_\tau$ и $B^0 \rightarrow D^{*-} \mu^+ \nu_\mu$

(**+2.5 σ** , [arXiv:1708.08856](#))

✓ $B_c^+ \rightarrow J/\psi \tau^+ \nu_\tau$ и $B_c^+ \rightarrow J/\psi \mu^+ \nu_\mu$

(**+1.7 σ** , LHCb-PAPER-2017-035)

- Группа ПИЯФ внесла большой вклад в разработку, создание и эксплуатацию мюонной системы LHCb, без которой проведение подобных исследований было бы невозможно.



μ

Редкие распады (RR): $B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$

Интегральная светимость

4.4 fb^{-1} , 2011-16, **7.8 σ**

$$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-) = (3.0 \pm 0.6_{-0.2}^{+0.3}) \times 10^{-9}$$

$$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-) < 3.4 \times 10^{-10}$$

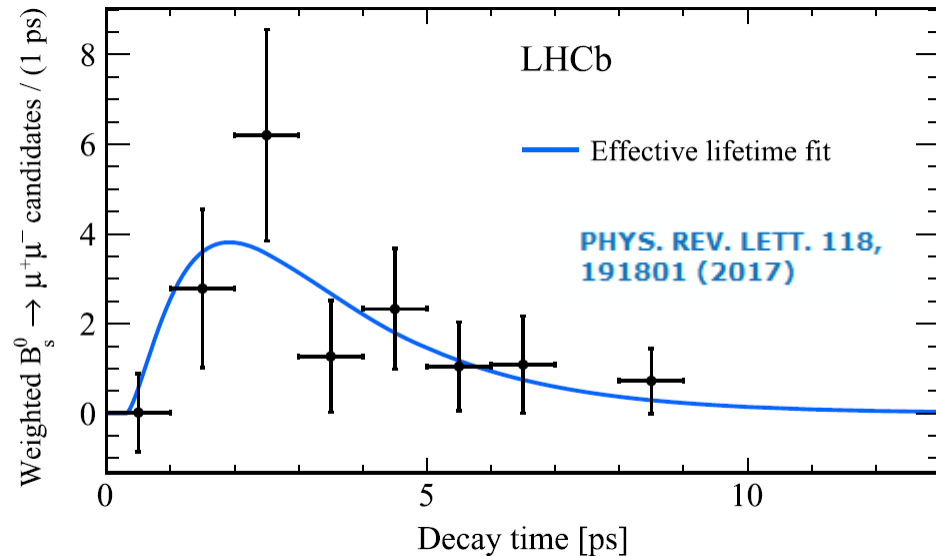
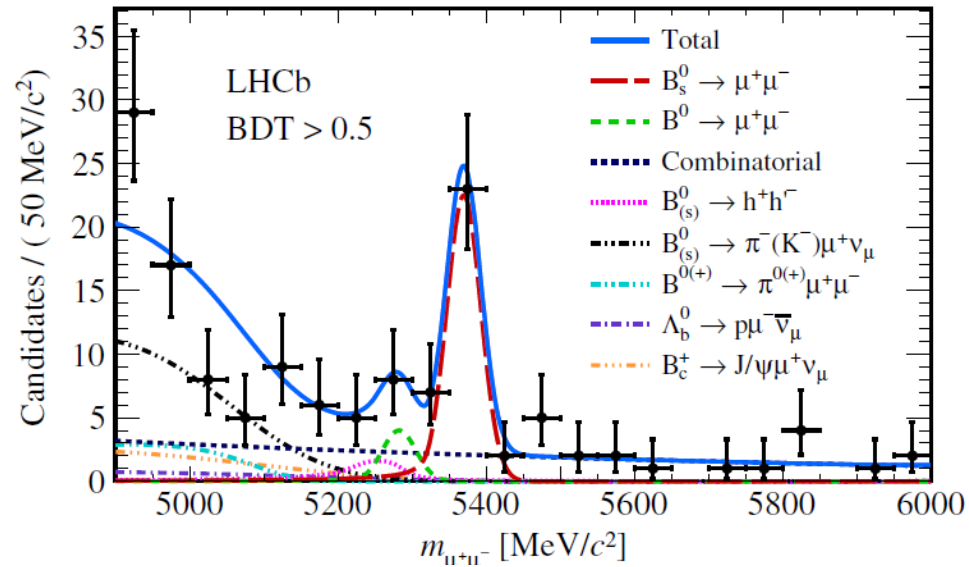
От открытия к измерениям
(эффективное время жизни)

$$\tau_{\mu^+\mu^-} = \frac{\tau_{B_s^0}}{1 - y_s^2} \left(\frac{1 + 2A_{\Delta\Gamma}^{\mu^+\mu^-} y_s + y_s^2}{1 + A_{\Delta\Gamma}^{\mu^+\mu^-} y_s} \right)$$

$A_{\Delta\Gamma}^{\mu^+\mu^-} = 1$ в CM

$$\tau(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-) = 2.04 \pm 0.44 \pm 0.05 \text{ ps}$$

μ



PP: $\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$ и $K_S^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$

Редкие распады легких адронов.

$$B(K_S^0 \rightarrow \mu^+\mu^-) < 0.8 \text{ (1.0)} \times 10^{-9}$$

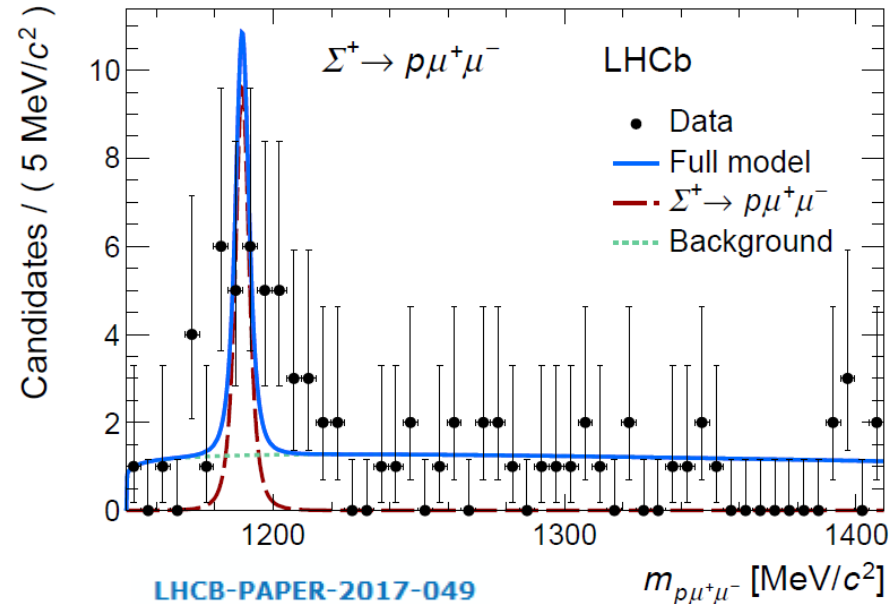
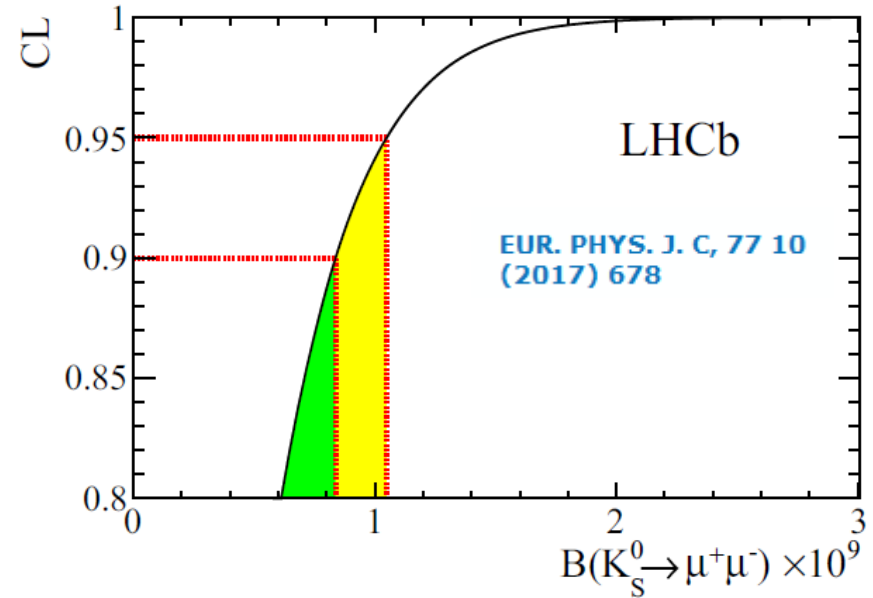
Обработаны данные 2012 года.
Точность улучшена на порядок!
Стандартная Модель $\sim 5 \cdot 10^{-12}$

Данные 2011-12, 3 фб⁻¹

Статистическая значимость
указания **4 σ**

$$B(\Sigma^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) = (2.1^{+1.6}_{-1.2}) \times 10^{-8}$$

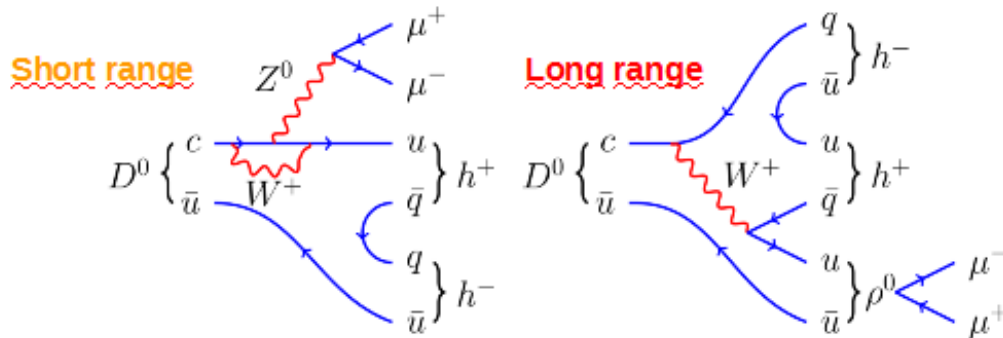
μ



PP: $D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\mu^+\mu^-$ и $D^0 \rightarrow K^+K^-\mu^+\mu^-$

Цель: поиск Новой Физики в $c \rightarrow u$ переходах, проявляющихся на **коротких расстояниях**, КОТ.ОЧЕНЬ подавлены в СМ ($<10^{-9}$)

Вклад (большие расстояния) от ρ, ω, ϕ распадающихся в $\mu^+\mu^-$ пару (сложно предсказать «утечку» таких событий в соседние регионы поиска НФ)

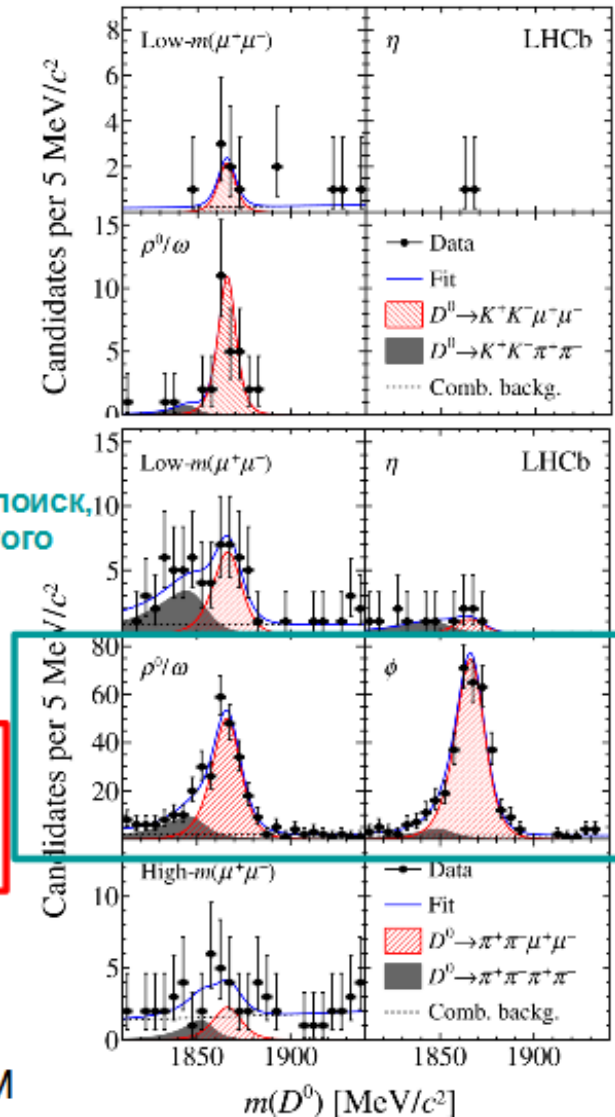


Слепой поиск, кроме этого региона

$$B(D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\mu^+\mu^-) = (9.64 \pm 0.48 \pm 0.51 \pm 0.97) \times 10^{-7},$$

$$B(D^0 \rightarrow K^+K^-\mu^+\mu^-) = (1.54 \pm 0.27 \pm 0.09 \pm 0.16) \times 10^{-7}.$$

- Редчайший из когда-либо наблюдаемых распадов очарованных частиц
- Измеренная вероятность совпадает с предсказаниями СМ



μ, c

Редкие распады: $\Lambda_c^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$

ARXIV:1712.07938

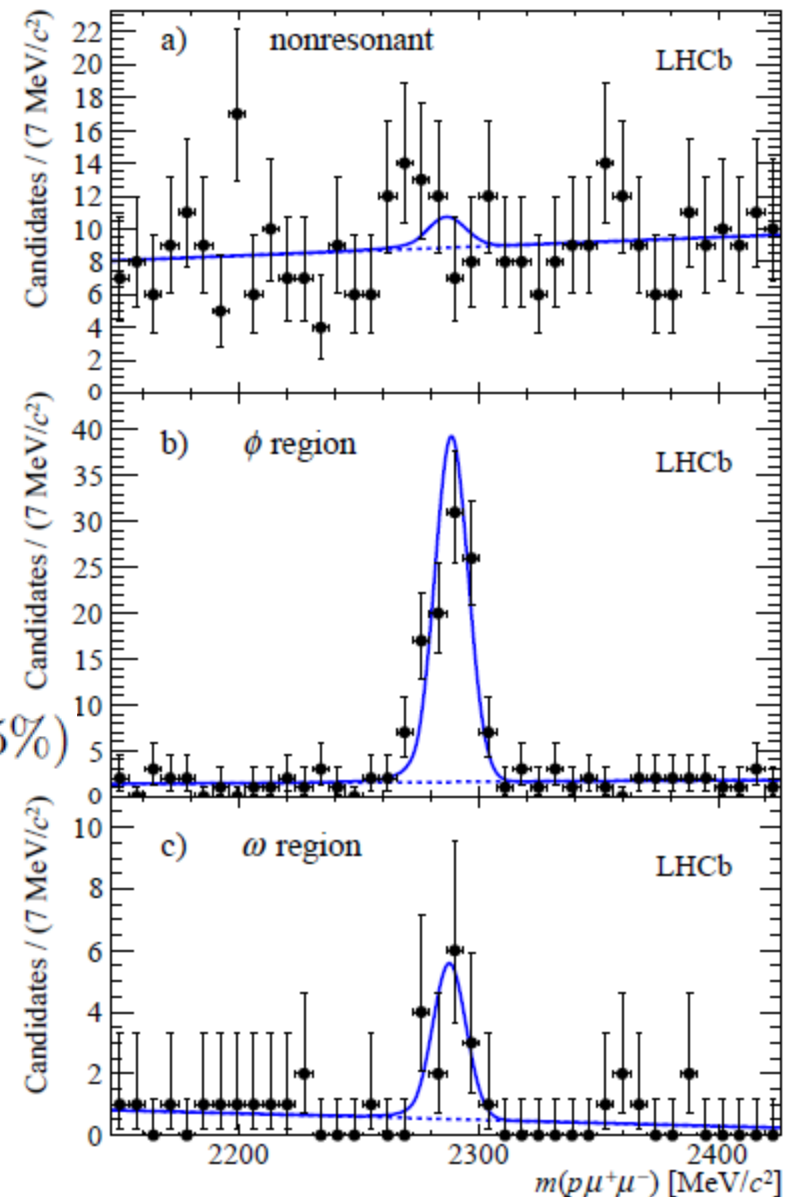
Редкие распады для $\Lambda_c^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-$

Ожидался сигнал от $\phi, \omega \rightarrow \mu^+\mu^-$

В СМ нерезонансный вклад $\sim 10^{-9}$

Данные: 3 фб⁻¹, 2011-12 (Run-1)

$B(\Lambda_c^+ \rightarrow p\mu^+\mu^-) < 7.7 (9.6) \times 10^{-8}$ at 90% (95%)

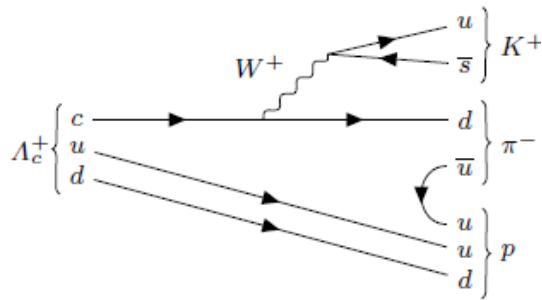


μ, S

Рождение и распады Λ_c^+

ARXIV:1711.01157

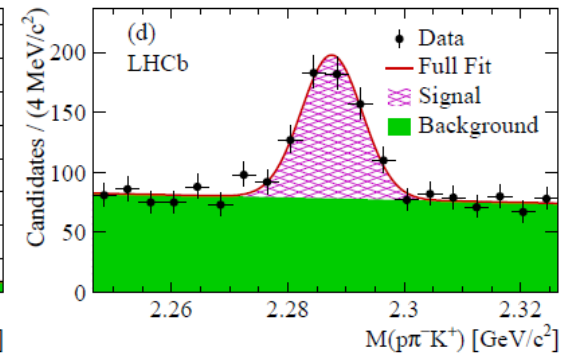
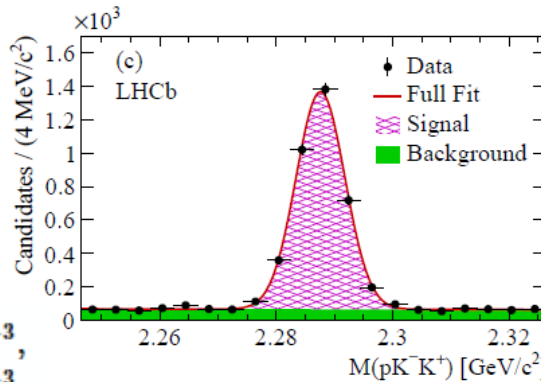
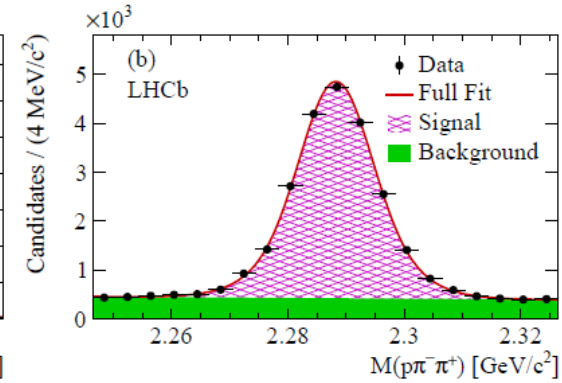
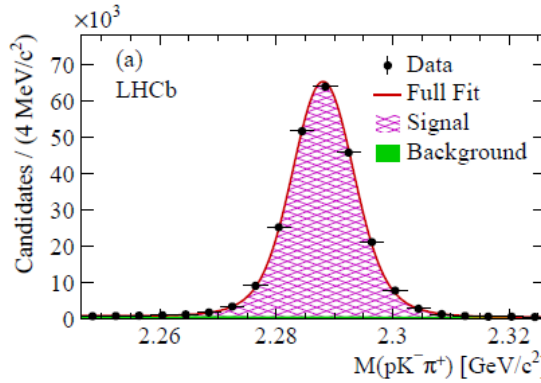
Определение вероятностей распадов Λ_c^+ , включая дважды Кабиббо подавленный $\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi^- K^+$ (1 фб⁻¹, 2011)



$$\mathcal{B}(\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi^- \pi^+) = (4.72 \pm 0.05 \pm 0.11 \pm 0.25) \times 10^{-3},$$

$$\mathcal{B}(\Lambda_c^+ \rightarrow pK^- K^+) = (1.08 \pm 0.02 \pm 0.02 \pm 0.06) \times 10^{-3},$$

$$\mathcal{B}(\Lambda_c^+ \rightarrow p\pi^- K^+) = (1.04 \pm 0.09 \pm 0.03 \pm 0.05) \times 10^{-4},$$



Группой ПИЯФ-ИТЭФ предложен метод определения асимметрии детектирования протонов, позволяющий определить асимметрию рождения Λ_c^+ . 2017 – обсуждение предложенного и

С

альтернативного методов

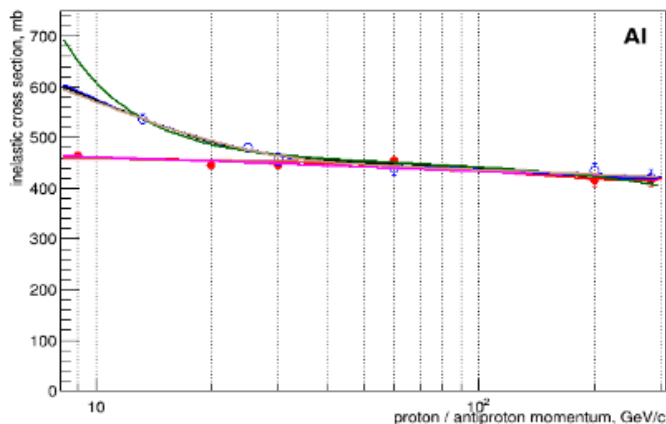
Асимметрия детектирования протонов

Assumptions:

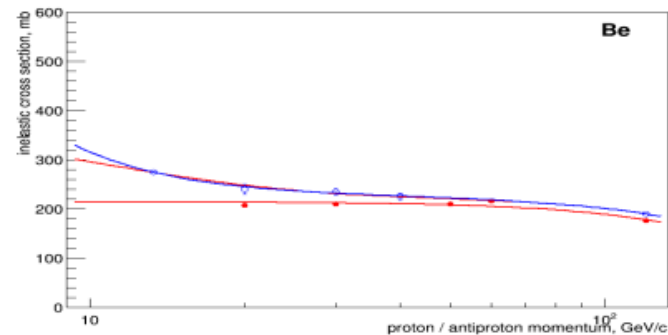
- 1) Asymmetry appears due to **inelastic interaction** with nucleus of LHCb material
- 2) Numbers of reconstructed tracks proportional to the probability to have no interaction
- 3) Amount of LHCb material (x) via **hadronic interaction length (λ)**: $X_{LHCb} = x * \lambda_{Al/Be}$
- 4) **Be** (beam pipe) < LHCb < **Al** (VELO windows)
- 5) Effect should be small due to used range of $p(p)$: $10 \text{ GeV}/c < p(p) < 100 \text{ GeV}/c$

$$A_D = \frac{P_{no-int}(p) - P_{no-int}(\bar{p})}{P_{no-int}(p) + P_{no-int}(\bar{p})}$$

$$P_{no-int} = e^{-\frac{\sigma_{in.el.} \times X_{LHCb} \times \rho_{Al/Be} \times N_{Av}}{A_{Al/Be}}}$$

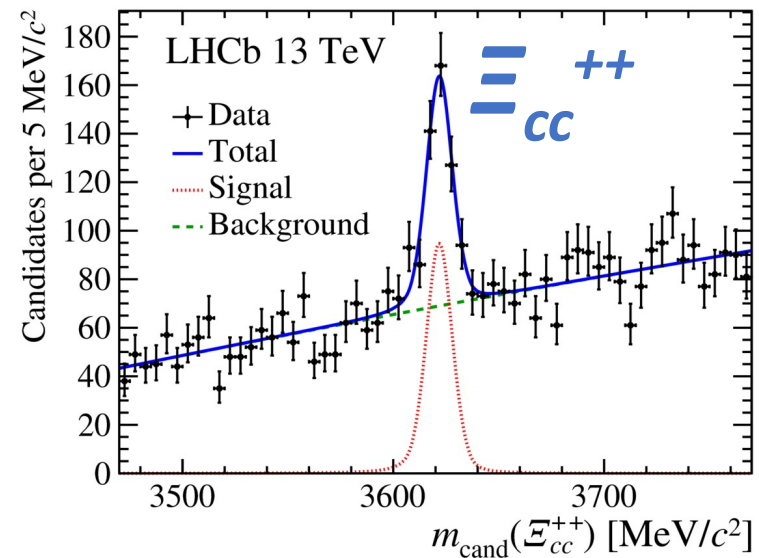
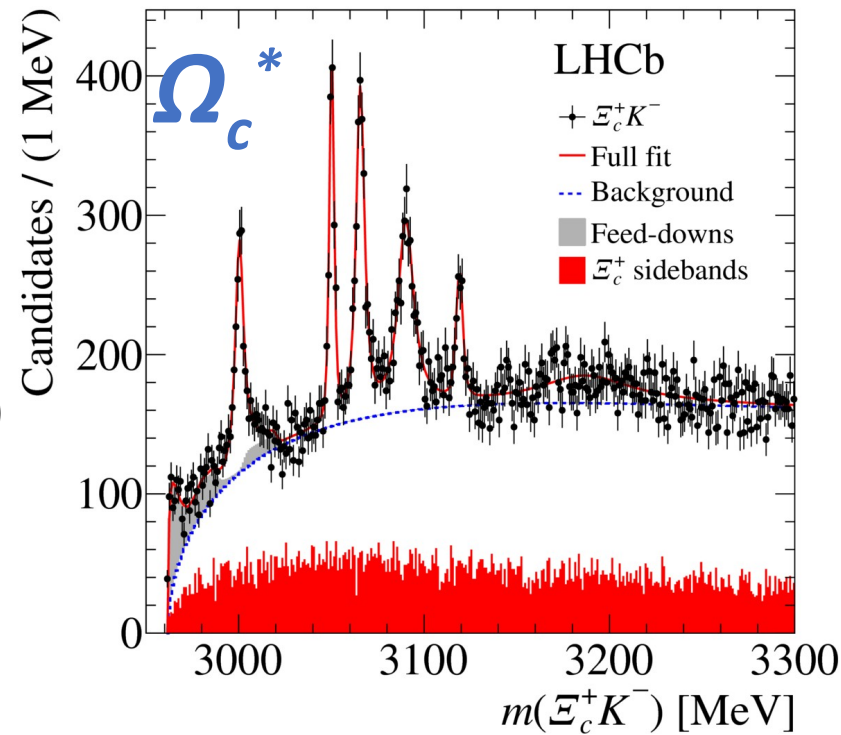


COMPASS data (XS's from LHCb-INT-2011-002)



Новые тяжелые барионы

- Новые экспериментальные данные по спектроскопии очарованных (содержащих c -кварк) барионов необходимы для построения теории сильного взаимодействия
- Открыты пять ранее неизвестных узких возбужденных состояний Ω_c бариона распадающихся на $\Xi_c^+ K^-$. Зафиксированы частично-восстановленные распады $\Omega_c^* \rightarrow \Xi_c'^+ K^-$. Измерены массы и ширины открытых резонансов (**Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 182001**, верхний рисунок).
- В распаде $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+ \pi^+ K^-$ впервые открыта частица с двойным очарованием (кварковый состав ccu). Измерена масса частицы и установлено, что её распад проходит под действием слабого взаимодействия (**Phys. Rev. Lett. 118 (2017) 261803**, рисунок снизу).



Заключение

- Статистика, набранная в Run-1 удвоена в Run-2!
- Указания на нарушение лептонной универсальности в распадах B -мезонов
- Редкие распада с $\mu^+\mu^-$
- Исследование очарованных частиц
 - редкие распады
 - новые тяжелые барионы

Спасибо за внимание! С Новым Годом!

