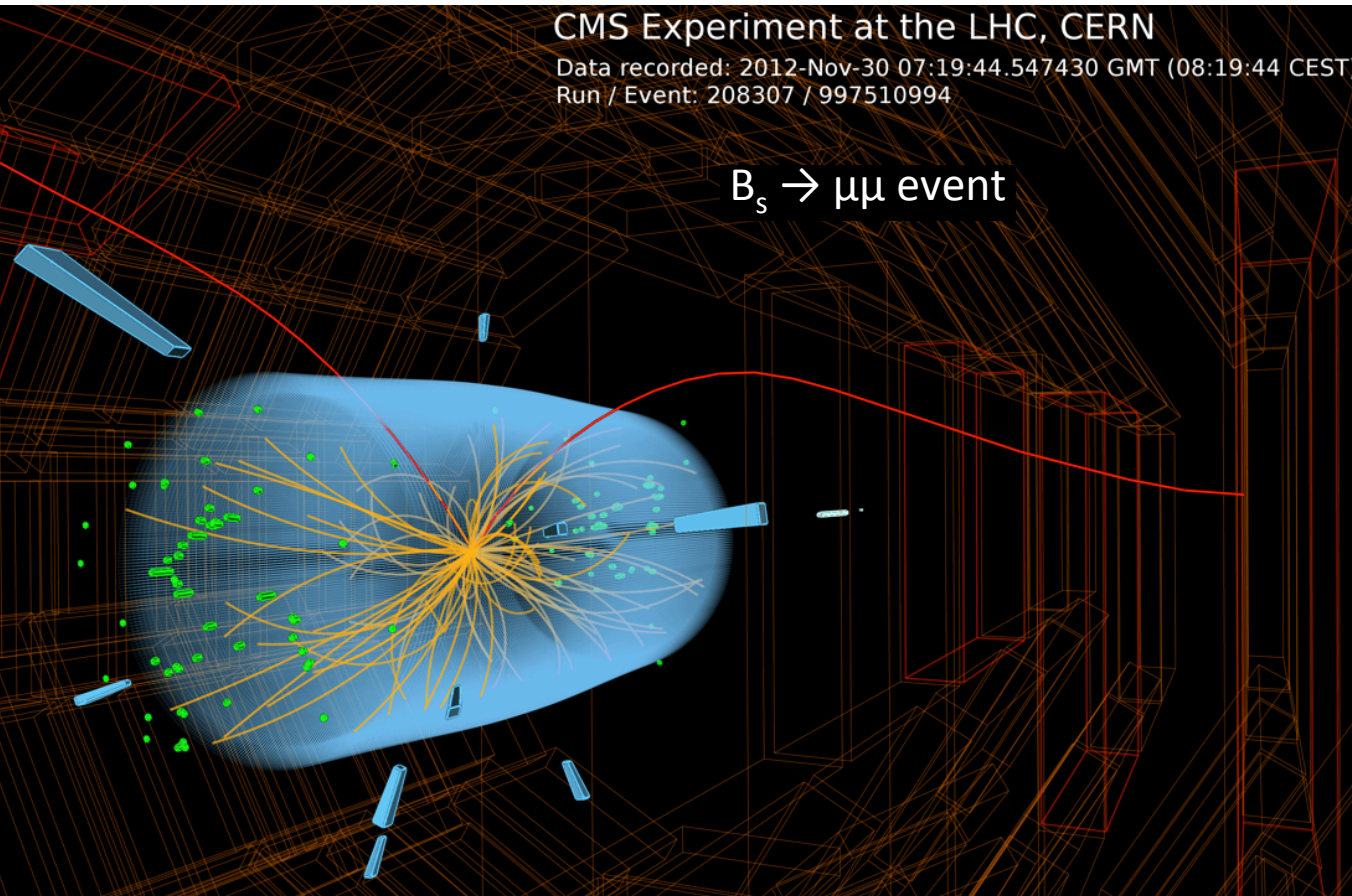


В.Т. Ким

ОФВЭ ПИЯФ НИЦ КИ

Сессия Ученого Совета
23-26 декабря 2014



Группа физики
ПИЯФ в CMS:

А.А. Воробьев

В.Т. Ким

Е.В. Кузнецова

В.А. Мурзин

В.А. Орешкин

И.Б. Смирнов

В.А. Сулимов

А. Е. Иванов

А.Ю. Егоров

Д.П. Суетин

Группа физики ПИЯФ в CMS в 2014 г.:

* Адронные струи под малыми углами (Forward Jets):

- Поиски БФКЛ-эффектов в 2-струйных процессах
- Поиски процессов электрослабого образования Z-бозона (с двумя ассоциированными струями)

* Дифракционные процессы в pA- соударениях

Адронные струи под малыми углами (Forward Jets)

- * **Поиски БФКЛ-эффектов в 2-струйных процессах:**
К-фактор с вето на дополнительные струи
- * **Поиски БФКЛ-эффектов в 2-струйных процессах:**
азимутальные декорреляции
- * **Поиски БФКЛ-эффектов в 2-струйных процессах:**
К-фактор
- * **Поиски процессов электрослабого образования Z-бозона:**
эффекты интерференции
- * **Поиски бозона Хиггса SM в процессе VBF:**
фоновые события с вето на струи
- * **Поиски тяжелых гравитонов в 2-струйных процессах:**
моделирование сигнала, подавление фоновых КХД событий



Кураев, Липатов, Фадин (75-77); Балицкий, Липатов (78) - БФКЛ:
КХД в пределе высоких энергий (мульти-реджевский предел)

БФКЛ для 2-струйных процессов:

«К-фактор» $\sim \exp[\alpha_s \Delta y]$ ← strong $|\Delta y|$ -effects !

A. Mueller, H. Navelet (1987): максимально разделенные по быстроте пары струй
V. Kim, G. Pivovarov (1996): инклюзивные пары струй

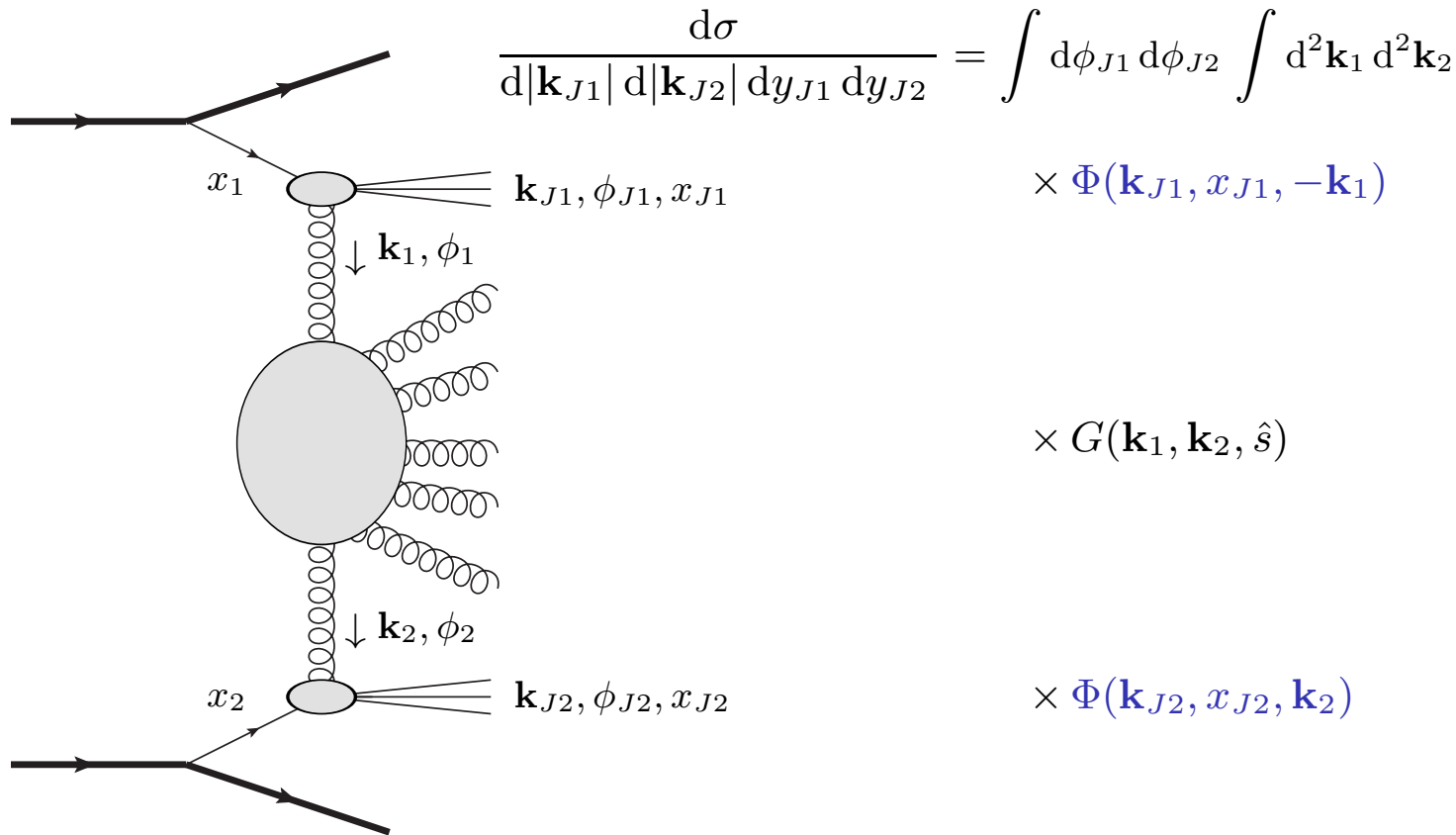
2-струйный (инклюзивный) «К-фактор»:

отношение сечений (инклюзивных) пар струй

к сечению «эксклюзивных» пар струй (только 2 струи с $p_T > p_{Tmin}$)

CMS: $p_T > p_{Tmin} = 35$ ГэВ barrel: $|\eta| < 3$, HF: $3 < |\eta| < 4.7$

k_T -factorized differential cross section



$$\frac{d\sigma}{d|\mathbf{k}_{J1}| d|\mathbf{k}_{J2}| dy_{J1} dy_{J2}} = \int d\phi_{J1} d\phi_{J2} \int d^2\mathbf{k}_1 d^2\mathbf{k}_2$$

$$\times \Phi(\mathbf{k}_{J1}, x_{J1}, -\mathbf{k}_1)$$

$$\times G(\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \hat{s})$$

$$\times \Phi(\mathbf{k}_{J2}, x_{J2}, \mathbf{k}_2)$$

with $\Phi(\mathbf{k}_{J2}, x_{J2}, \mathbf{k}_2) = \int dx_2 f(x_2) V(\mathbf{k}_2, x_2)$ $f \equiv \text{PDF}$ $x_J = \frac{|\mathbf{k}_J|}{\sqrt{s}} e^{y_J}$

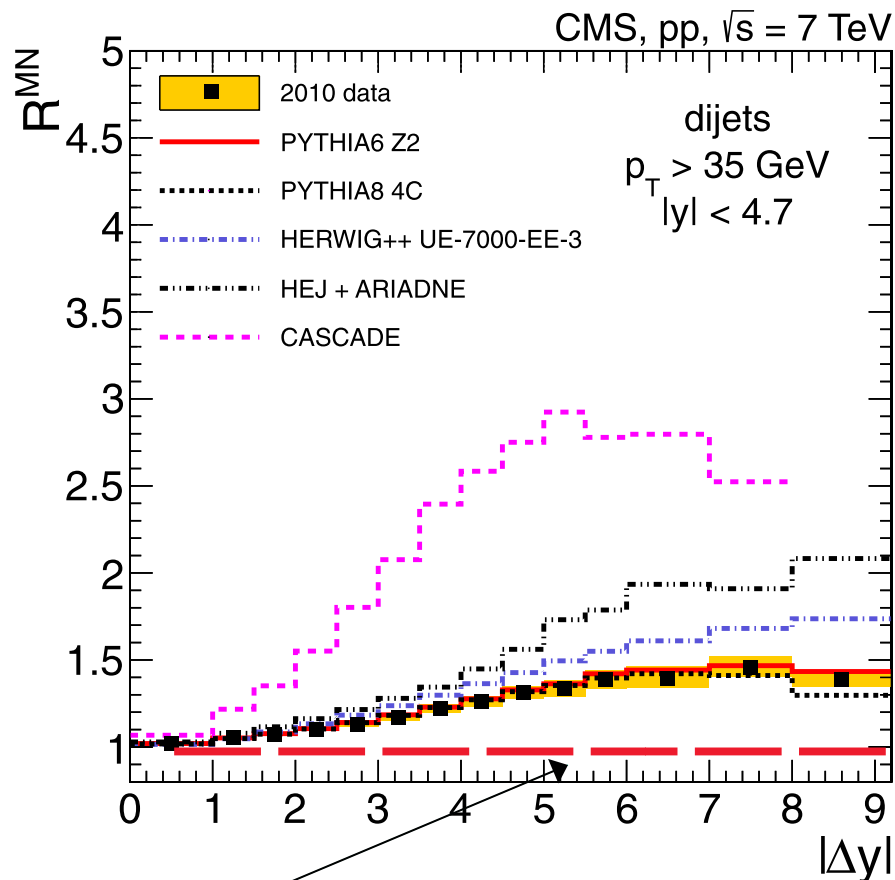
2-струйный триггер для передней области (HF- и HF+):
хотя бы по одной струе в каждом HF ($-3 < \eta$ и $\eta > 3$) и $p_T > 15$ ГэВ

Эффективность триггера:
 $p_T > p_{Tmin} = 30$ ГэВ: $> 94\%$
 $p_T > p_{Tmin} = 35$ ГэВ: $> 99\%$!

Данные 2010 г.:

HCAL: 33 нб-1
HF-HF+ (Double-Jet-U15 Trigger): 5 пб-1 в 150 больше!

Проблема: нужно намного больше MC событий для передней области ($> 150x$)
Полное моделирование струйного события в детекторе CMS: 1 мин



GLAPD

Eur. Phys. J. C (2012) 72:2216
 DOI 10.1140/epjc/s10052-012-2216-6

THE EUROPEAN
 PHYSICAL JOURNAL C

Regular Article - Experimental Physics

Ratios of dijet production cross sections as a function of the absolute difference in rapidity between jets in proton–proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV

The CMS Collaboration*
 CERN, Geneva, Switzerland

Received: 3 April 2012 / Revised: 22 October 2012
 © CERN for the benefit of the CMS collaboration 2012. This article is published with open access at Springerlink.com

Abstract A study of dijet production in proton–proton collisions was performed at $\sqrt{s} = 7$ TeV for jets with $p_T > 35$ GeV and $|y| < 4.7$ using data collected with the CMS detector at the LHC in 2010. Events with at least one pair of jets are denoted as “inclusive”. Events with exactly one pair of jets are called “exclusive”. The ratio of the cross sec-

jets are well separated in rapidity, the description of the data becomes worse [2].

When the collision energy \sqrt{s} is considerably larger than the hard scattering scale given by the jet transverse momentum, p_T , the average number of produced jets grows rapidly, along with the phase space available in rapidity.



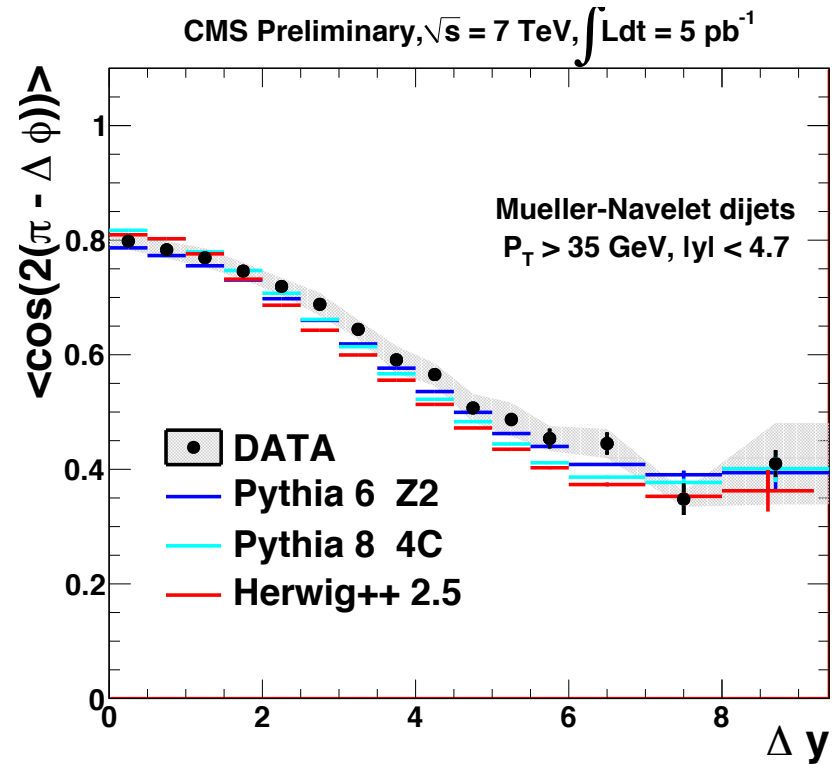
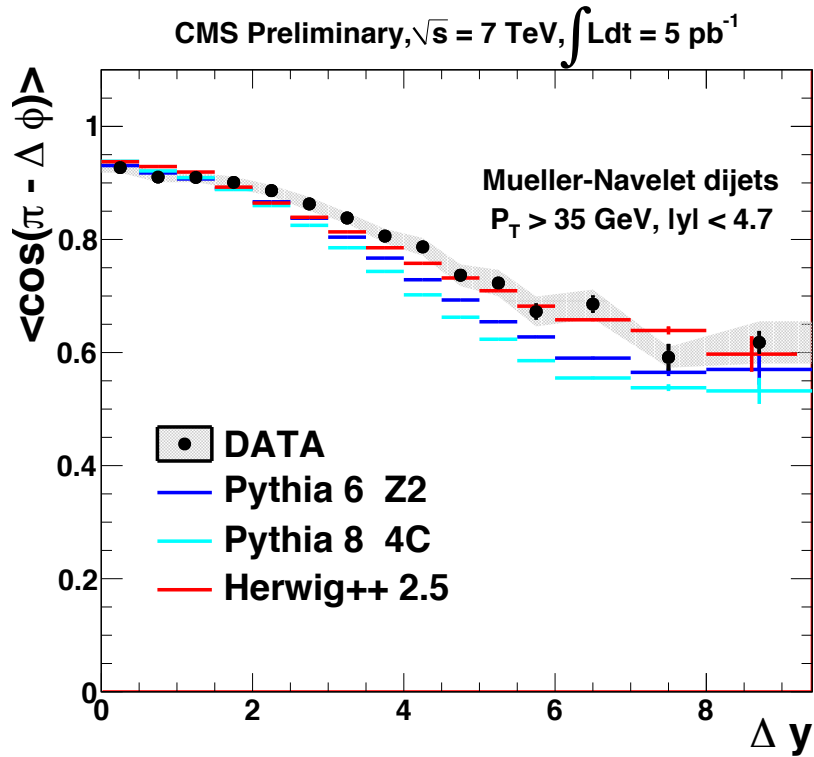
$$\frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma}{d(\Delta\phi)}(\Delta y, p_{T\min}) = \frac{1}{2\pi} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} C_n(\Delta y, p_{T\min}) \cdot \cos(n(\pi - \Delta\phi)) \right]$$

$$C_n(\Delta y, p_{T\min}) = \langle \cos(n(\pi - \Delta\phi)) \rangle, \text{ where } \Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$$

V. del Duca & C. Schmidt (94-95) Strling (94)

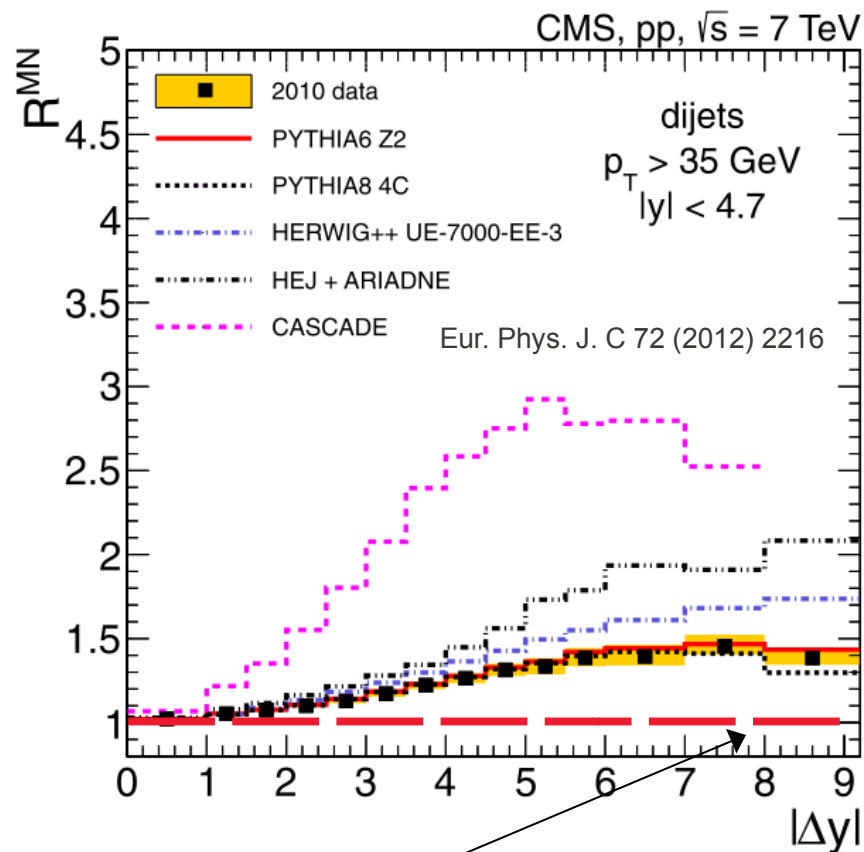
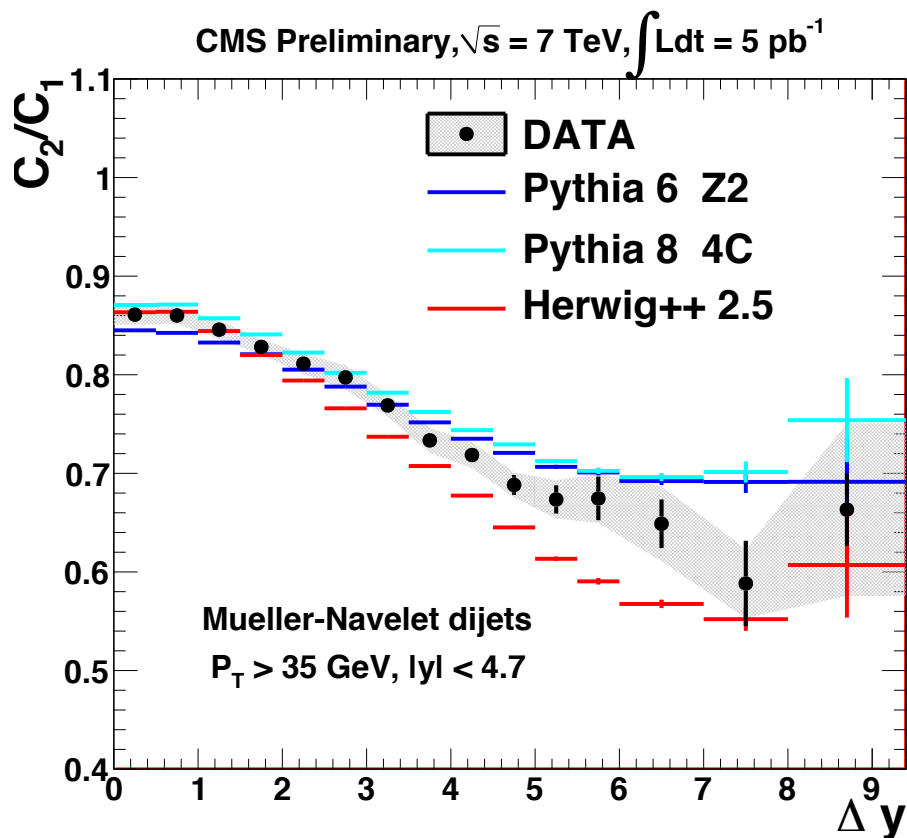
V. Kim & G. Pivovarov (96-98)

A. Sabio Vera et al (2007-11)



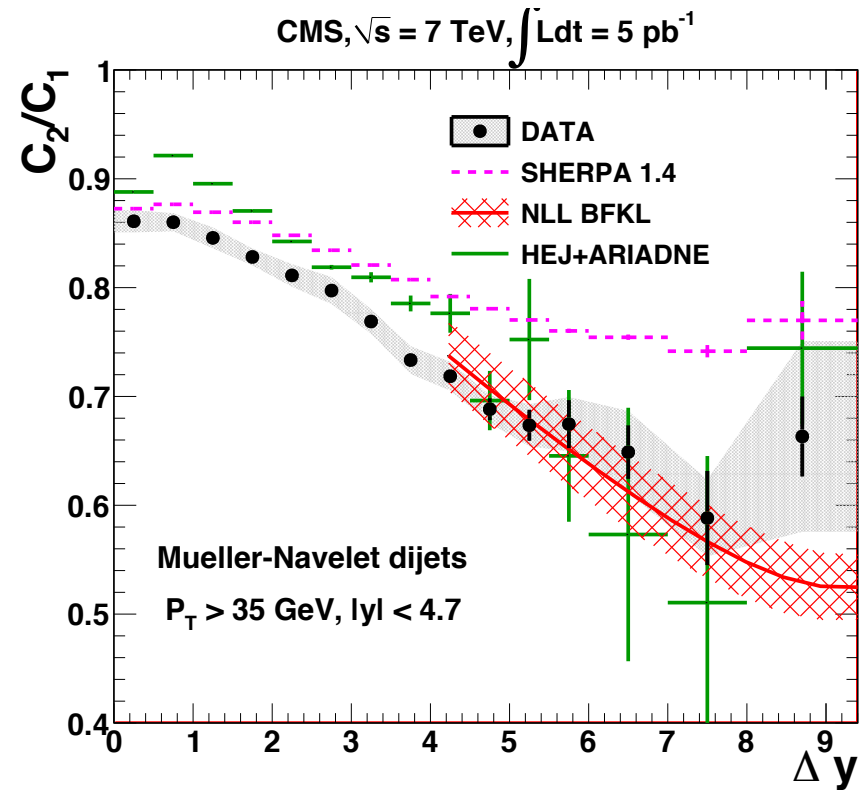
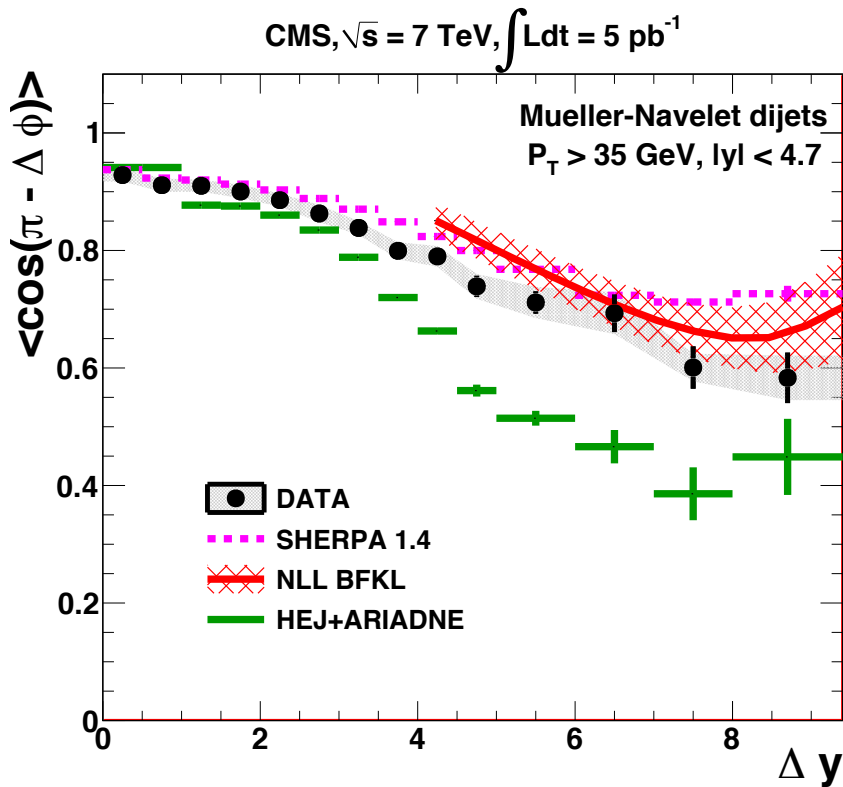
PYTHIA 6/8 описывает «К-фактор», но не описывает АД

HERWIG++ 2.5 частично описывает АД, но не описывает «К-фактор»



GLAPD

PYTHIA 6/8 и HERWIG++ 2.5 не описывают «К-фактор» и АД



LLA BFKL: HEJ+ARIADNE Andersen & Smillie

NLA BFKL: Ducloue et al

improved by (Brodsky, Fadin, Kim, Lipatov & Pivovarov) BFKLP with BLM scale

Указание на БФКЛ на LHC !?



* **Поиски БФКЛ-эффектов в 2-струйных процессах:**

	PYTHIA/HERWIG	NLL BFKL
азимутальные декорреляции	нет?	да
К-фактор	нет?	?

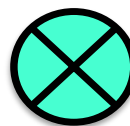
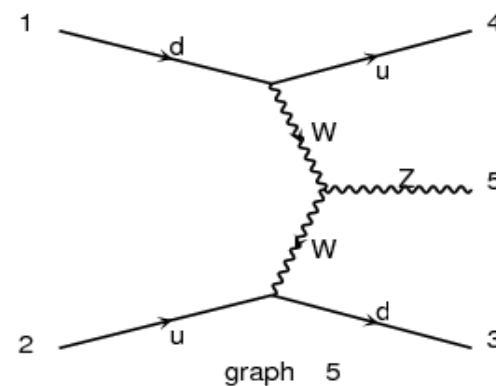
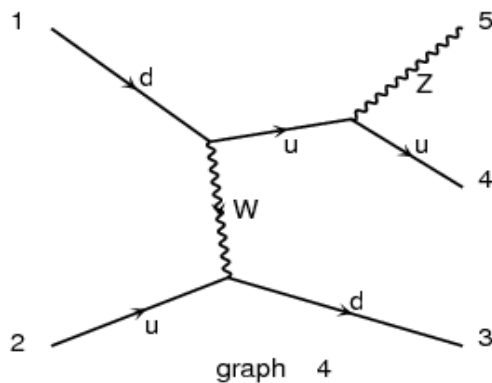
Указание на БФКЛ на LHC !?

Новые наблюдаемые:

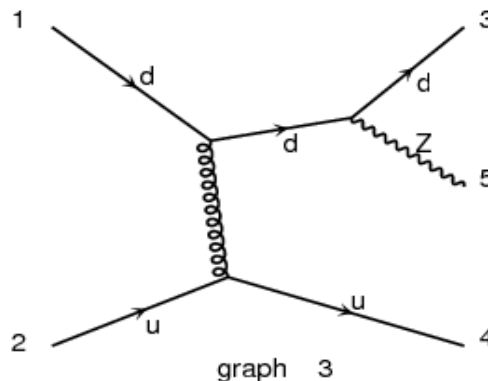
- К-фактор с вето на дополнительные струи для “exclusive” events:
 $p_{T\text{veto}} = 20, 25, 30 \text{ GeV}$
(in progress)

Одинаковые начальные и конечные состояния:
интерференция между QCD и EWK вкладами

EWK Z+2j



QCD Z+2j



Electroweak Z-boson production: measurement

“Measurement of the hadronic activity with a Z and two jets and extraction of the cross section for the electroweak production of a Z with two jets at $\sqrt{s} = 7$ TeV”

2 leptons + 2 forward-backward jets (lljj) L= 5 Fb-1
интерференция мала при $|\eta^*| < 1.2$

$$m_{\ell\ell} > 50 \text{ GeV}, p_T^j > 25 \text{ GeV}, |\eta^j| < 4.0, m_{jj} > 120$$

$$\sigma_{\text{meas}, \mu\mu+ee}^{\text{EWK}} = 154 \pm 24(\text{stat}) \pm 46(\text{exp.syst.}) \pm 27(\text{th.syst}) \pm 3(\text{lumi}) \text{ fb}$$

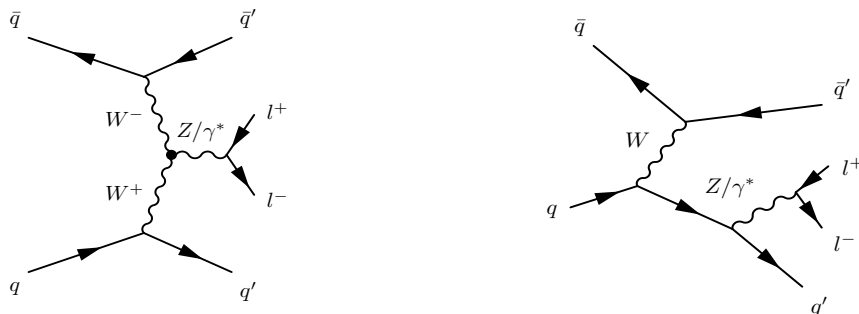
Теория SM: ~ 166 Fb (with NLO QCD)

HCP-2012, Kyoto, Nov. 2012

- первое наблюдение электрослабого образования Z на LHC!

JHEP 10 (2013) 062

Процесс электрослабого образования Z-бозона на LHC



**Неабелевое самодействие векторных бозонов WWZ:
проверка Стандартной Модели и поиск новой физики**

LHC 7 ТэВ:

CMS: JHEP 1310 (2013) 062 – первое наблюдение в адронных соударениях процесса электрослабого образования Z-бозона

конечное состояние: два лептона и две адронные струи вперед

$\sigma(\text{llJJ}) = 154 \pm 24$ (стат.) ± 46 (сист.) ± 26 (теор.) ± 3 (свет.) Fb, $m_{\text{JJ}} > 120$ ГэВ, 7 ТэВ

LHC 8 ТэВ:

CMS: CERN-PH-EP-2014-234, e-Print: arXiv:1410.3153 [hep-ex], EPJ C

$\sigma(\text{llJJ}) = 174 \pm 15$ (стат.) ± 40 (сист.) Фб, $m_{\text{JJ}} > 120$ ГэВ, 8 ТэВ

ATLAS: JHEP 1404 (2014) 031

$\sigma(\text{llJJ}) = 10.7 \pm 0.9$ (стат.) ± 1.9 (сист.) ± 0.3 (свет.) Фб, $m_{\text{JJ}} > 1000$ ГэВ, 8 ТэВ

**Измерения процесса электрослабого образования Z-бозона
в пределах имеющихся неопределенностей согласуются со Стандартной Моделью**

CMS+TOTEM pA data 2012-2013

*** Дифракционные процессы на ядрах при энергиях LHC**

**Проблемы простых подходов для дифракции в pA-рассеянии
при 400 ГэВ: эксперимент HELIOS
(неупругие поправки Грибова-Глаубера?)**

MC generator HARDPING А. Иванов, Д. Суетин

Группа физики ПИЯФ в CMS 2015 г:

- дифракция в pA при 5 ТэВ (завершение анализа)
- К-фактор (с вето на дополнительные струи) при 8 ТэВ (завершение анализа)

- азимутальные декорреляции 2-струй при 13 ТэВ
- К-фактор (с вето на дополнительные струи) при 13 ТэВ
- Low Luminosity run 13 ТэВ: Spring 2015**

- VBF Z-бозон при 13 ТэВ
- бозон Хиггса в VBF при 13 ТэВ

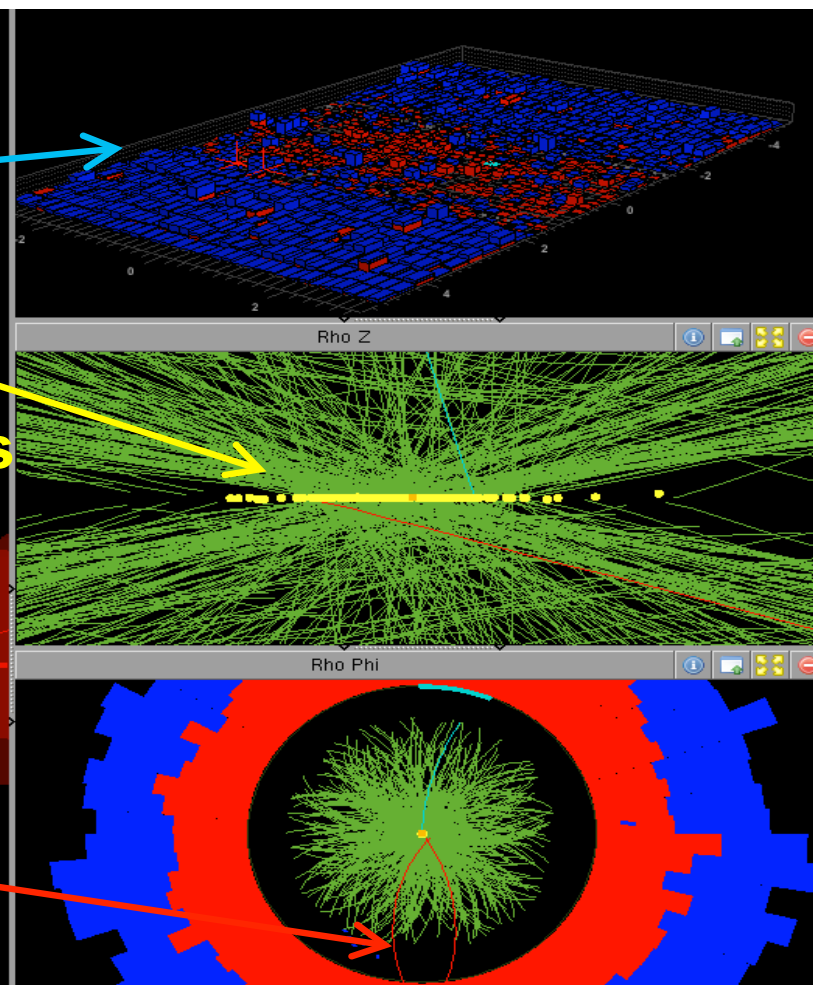
Reconstructed 78-vertices dimuon event at CMS

Lots and lots of low energy deposits

Tracking worked

78 (!) vertices

2 muons



Пленарные доклады: 7, Лекции: 6

- В.Орешкин, В.Мурзин, В.К.-2, Е.Кузнецова, А. Иванов
“HSQCD’2014”, Гатчина, 30 июня - 4 июля, 2014
- В.К. «Low-x 2014», DESY, 17-19 февраля, 2014

В.К. - Школа ПИЯФ, CERN-JINR-MSU School, CERN Education Week

Организация конференции HSQCD2014 и школы ПИЯФ
CMS CB Career Committee (В.К.)



ПИЯФ@CMS

2010-2012: К-фактор: EPJ C 72 (2012) 2216

2013-2014: азимутальные декорреляции: готова статья
Указание на БФКЛ на LHC !?

2014 - К-фактор с вето: ведется анализ

2012 - EWK Z 7 ТэВ: JHEP 10 (2013) 062
8 ТэВ: e-Print: arXiv:1410.3153

- первое наблюдение образования Z в электрослабых процессах на LHC!

- подготовка к 13 ТэВ: Z-бозон в VBF, бозон Хиггса в VBF
сюрпризы?!





Backup Slides



МС генераторы событий LLA GLAPD (+ color coherence effects):

PYTHIA 6 tune Z2

PYTHIA 8 tune 4C

HERWIG++ 2.5

There is no pure GLAPD MC generator
without extra Δy -effects (color coherence, polar angle ordering) !

БФКЛ МС генераторы событий (LLA + элементы NLA):

CASCADE 2: CCFM

HEJ+ARIADNE: БФКЛ матричные элементы

generator level: ~ 4 млрд.

detector level: ~ 30 млн. (1 event ~ 1 min.)

Dijets vs rapidity interval **VK, V. Oreshkin(2011)**

$M_D = 1 \text{ TeV}, 1.5 \text{ TeV}, 3 \text{ TeV}$

14 TeV 300 fb⁻¹

dijet mass > 9 TeV, pT > 100 GeV

LO GLAPD

dijet mass cut: BFKL suppressed

