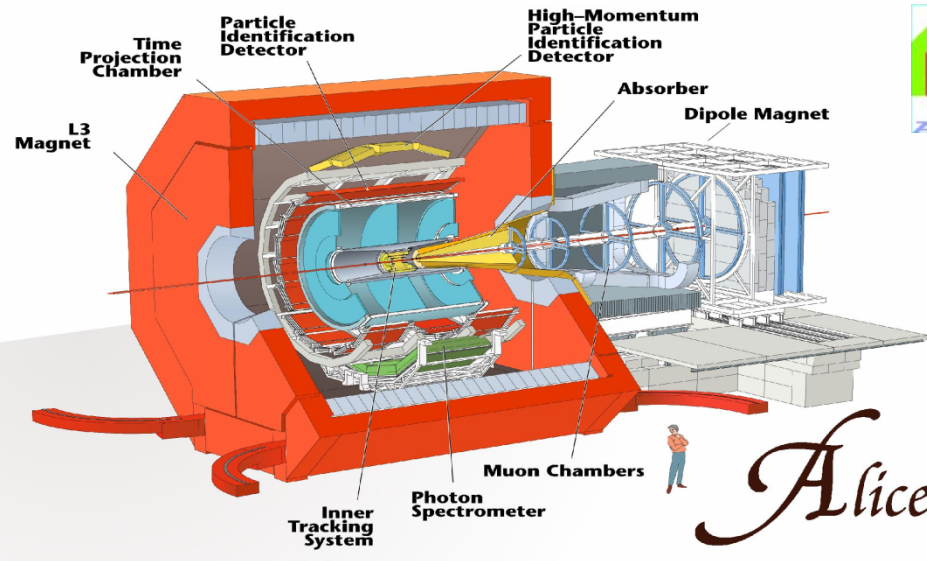


# Лаборатория релятивистской ядерной физики в 2007 году ОФВЭ, ПИЯФ РАН



**В. Самсонов**

**ALICE-2007 (CERN Швейцария)**



# Alice collaboration

**online system**  
*multi-level trigger*  
*filter out background*  
*reduce data volume*

Total weight	10,000t
Overall diameter	16.00m
Overall length	25m
Magnetic Field	0.4Tesla

8 kHz (160 GB/sec)

level 0 - special hardware

200 Hz (4 GB/sec)

level 1 - embedded processors

30 Hz (2.5 GB/sec)

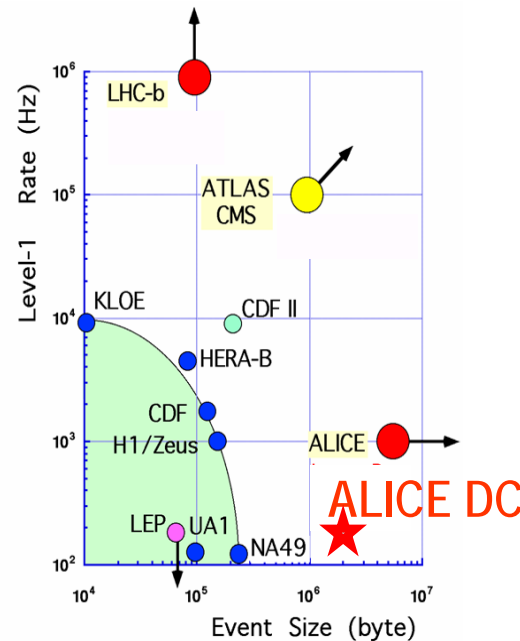
level 2 - PCs

30 Hz

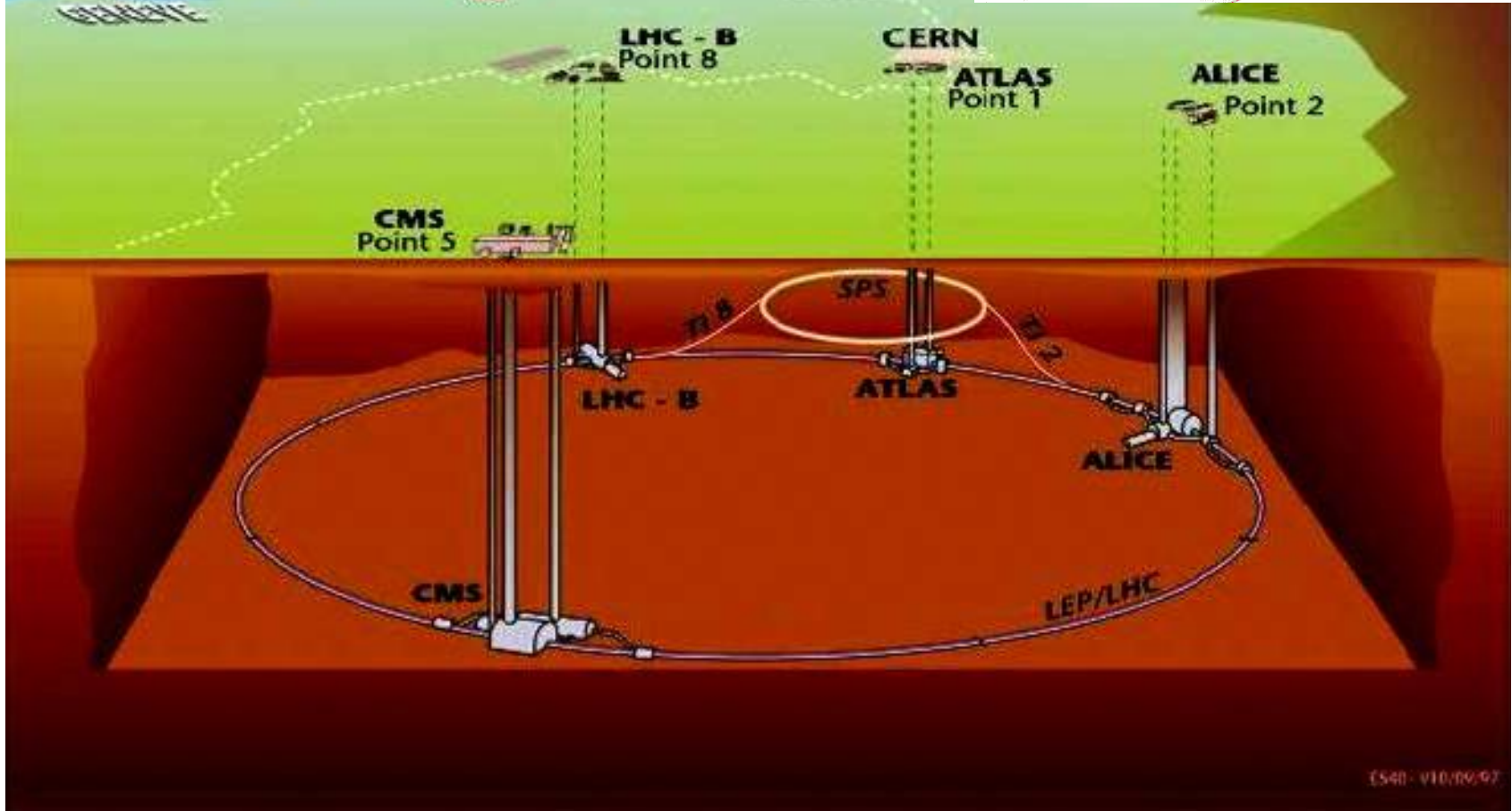
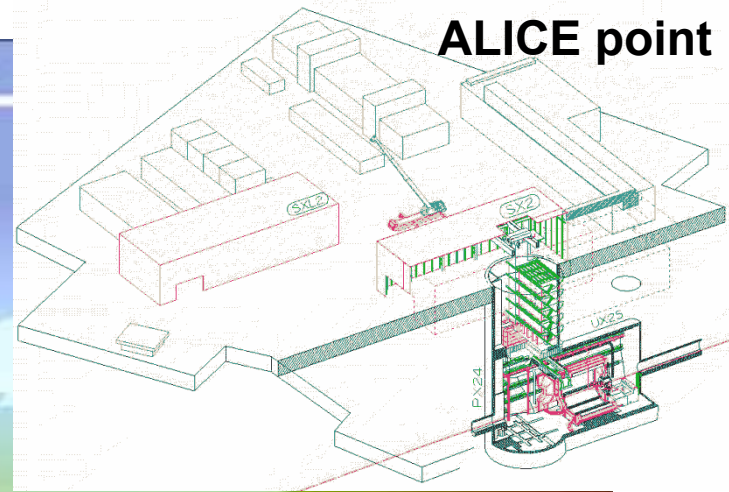
(1.25 GB/sec)

data recording & offline analysis

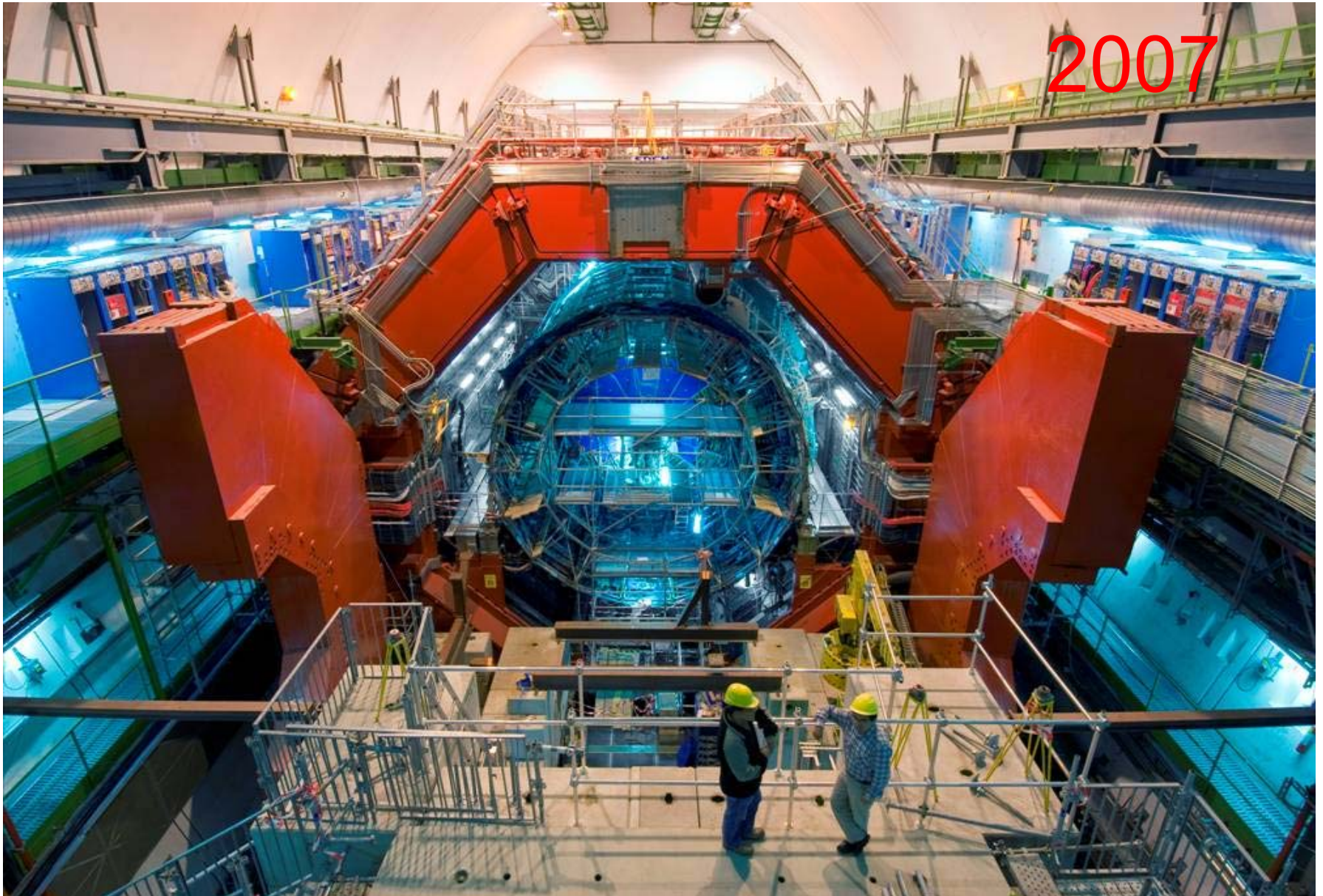
The ALICE collaboration includes 1223 collaborators from 85 different institutes from 27 countries.



# Overall view of the LHC experiments.

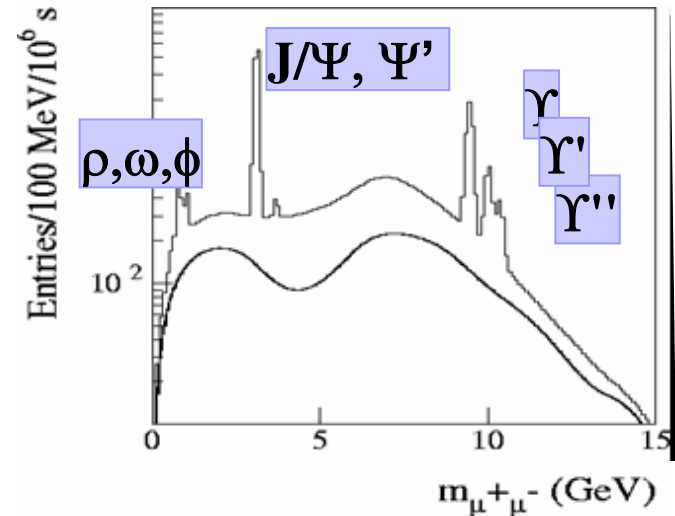
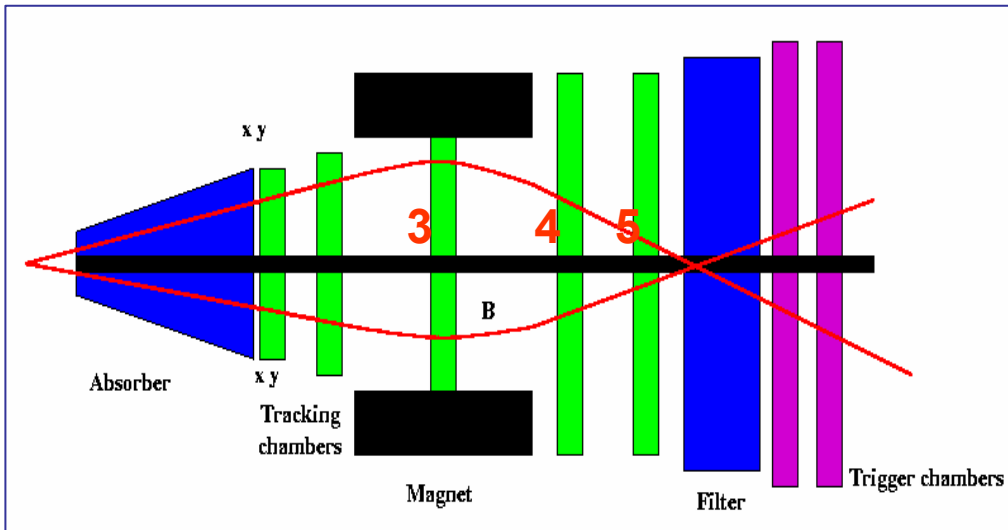
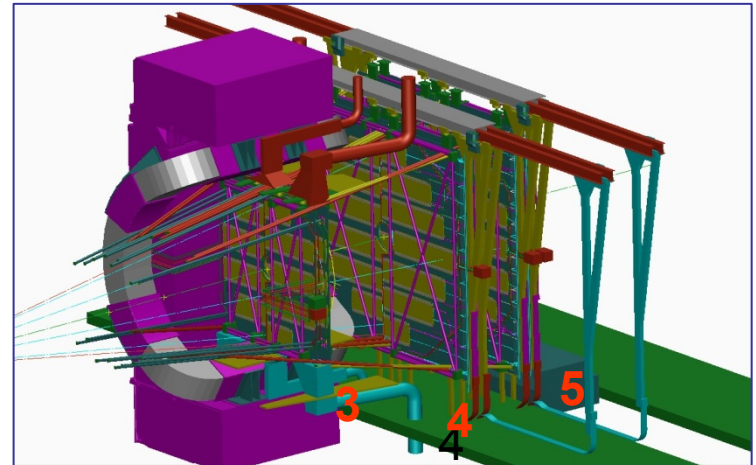
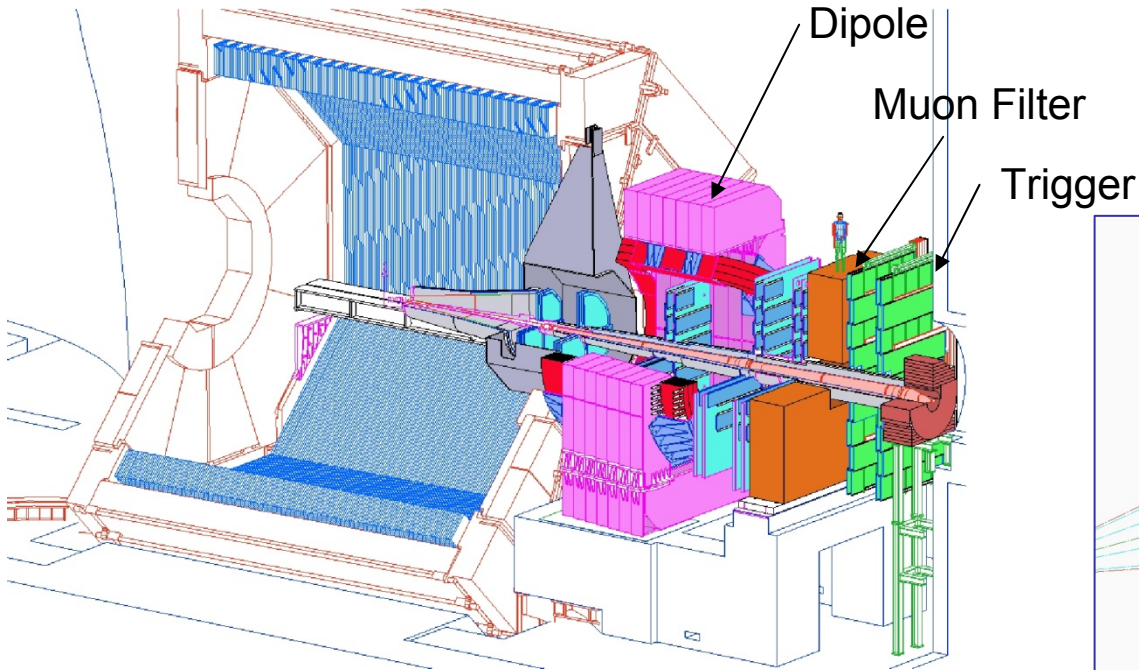


...К почти функционирующему детектору.



Правда, двери закрыть не удалось: мешают кабели. Обещают закрыть к февралю.

# Мюонный спектрометр



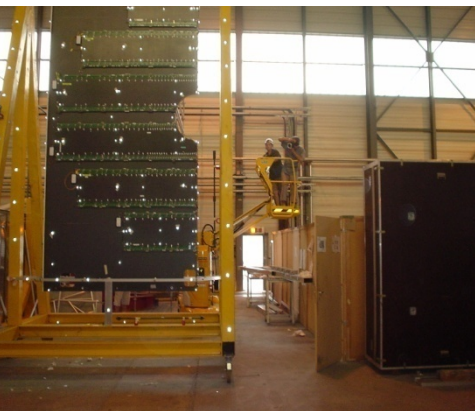
# ПИЯФ – 2007: Hardware

## Участие в отладке трековых камер мюонного плеча

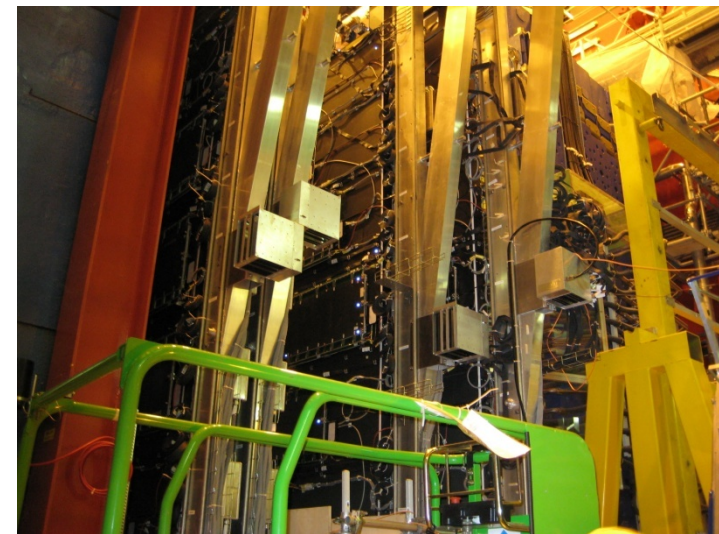
- Завершено предварительное тестирование детекторных модулей и сборка трековых камер:
  - Механика и герметичность.
  - Высоковольтный тест и тест с гамма-источником.
  - Установка электроники, ее долговременный тест.
  - Проверка системы считывания (тестовый режим).
- Трековые камеры установлены в пещере ALICE (за исключением TC5)
- Произведено подключение к инфраструктуре (газ, HV, LV) и системе управления детекторами (DCS).
- Проводятся проверки газовых утечек
- Производится контроль считывания электроники в рабочем режиме (через CROCUS).

**Ряд камер имеет повышенные электронические шумы.**

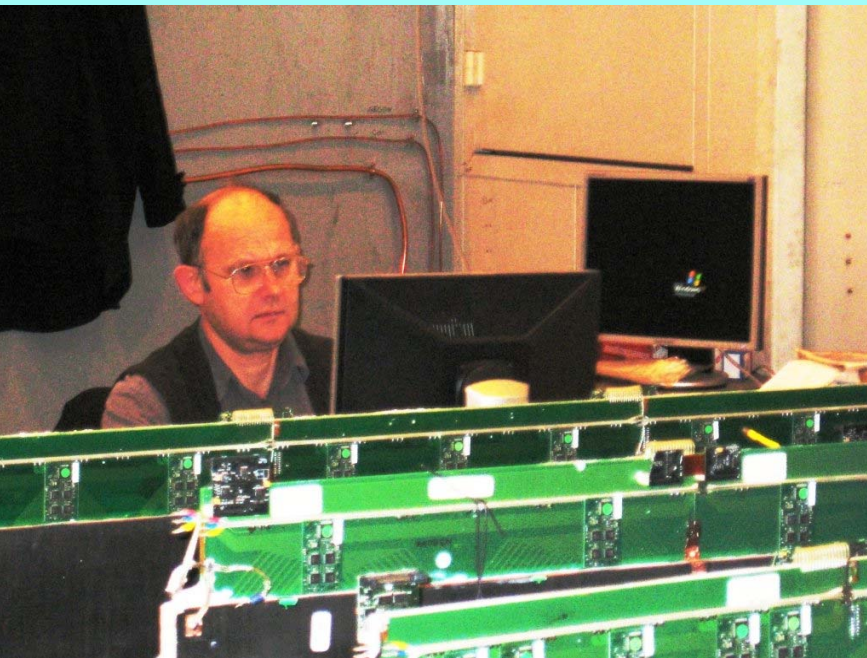
**Проводятся работы по их приведению к нормальному уровню.**



**Тестирование моделей в ЦЕРН,  
сборка камер и установка в  
мюонный спектрометр**



# Участие в отладке трековых камер мюонного плеча

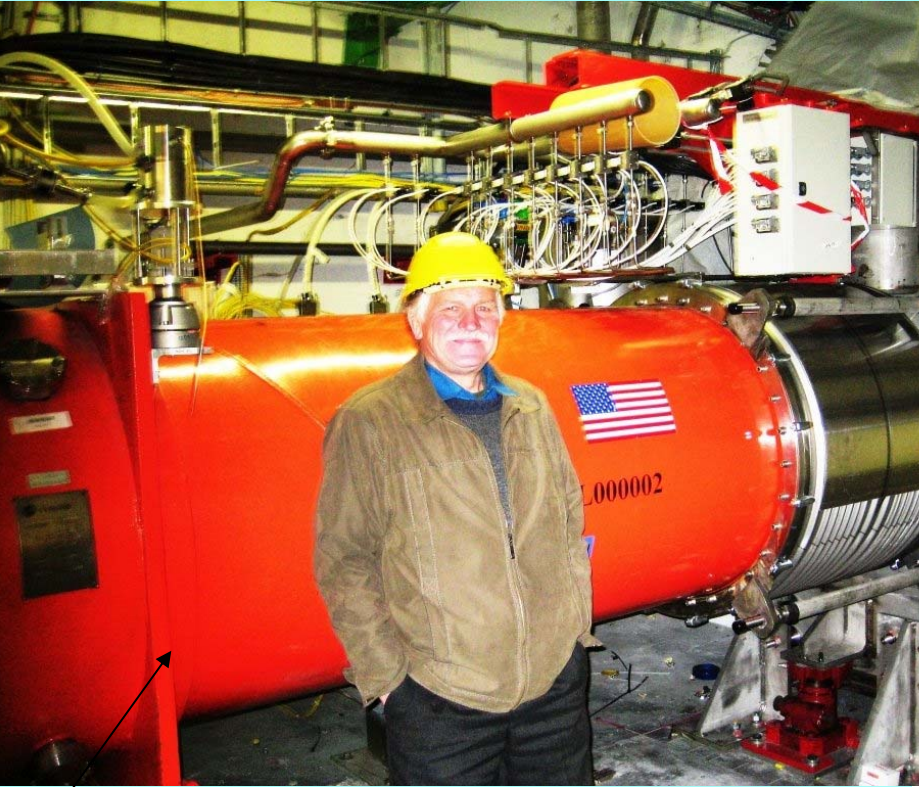


Вер



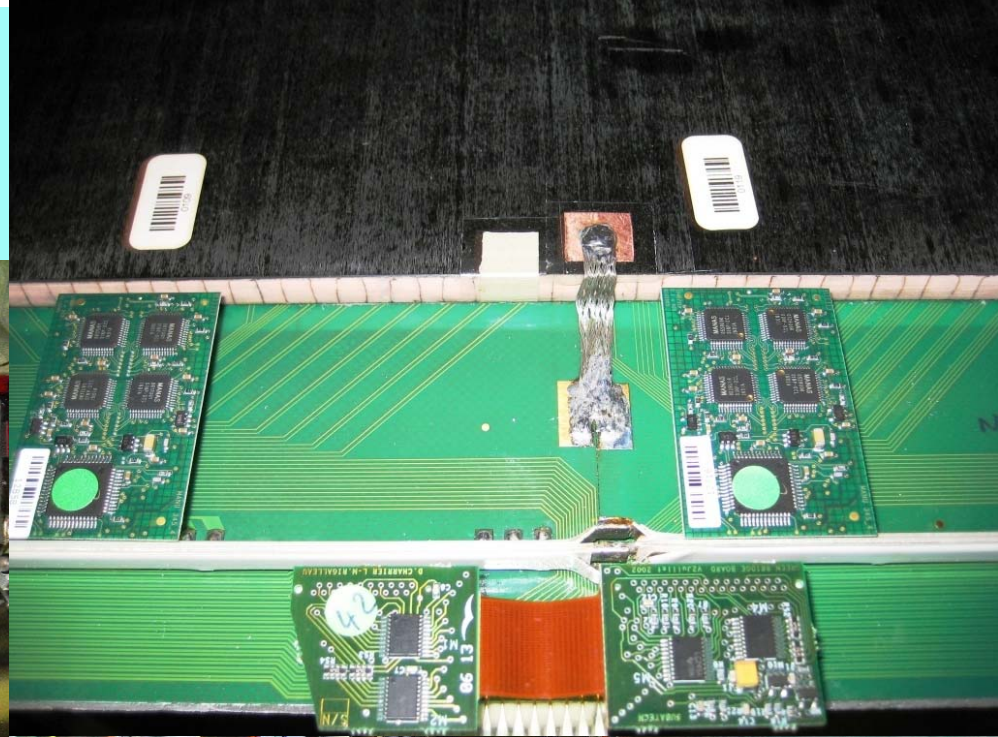


# Участие в отладке трековых камер Мюонного плеча

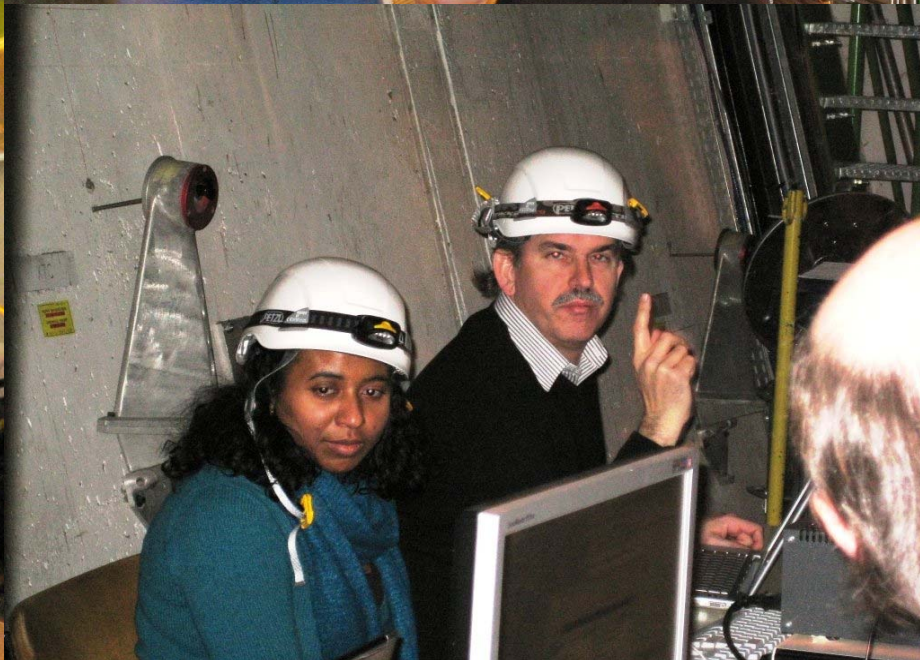


В. Иванов на фоне собрата того  
самого квадруполя, который,  
взорвавшись, спас всех...

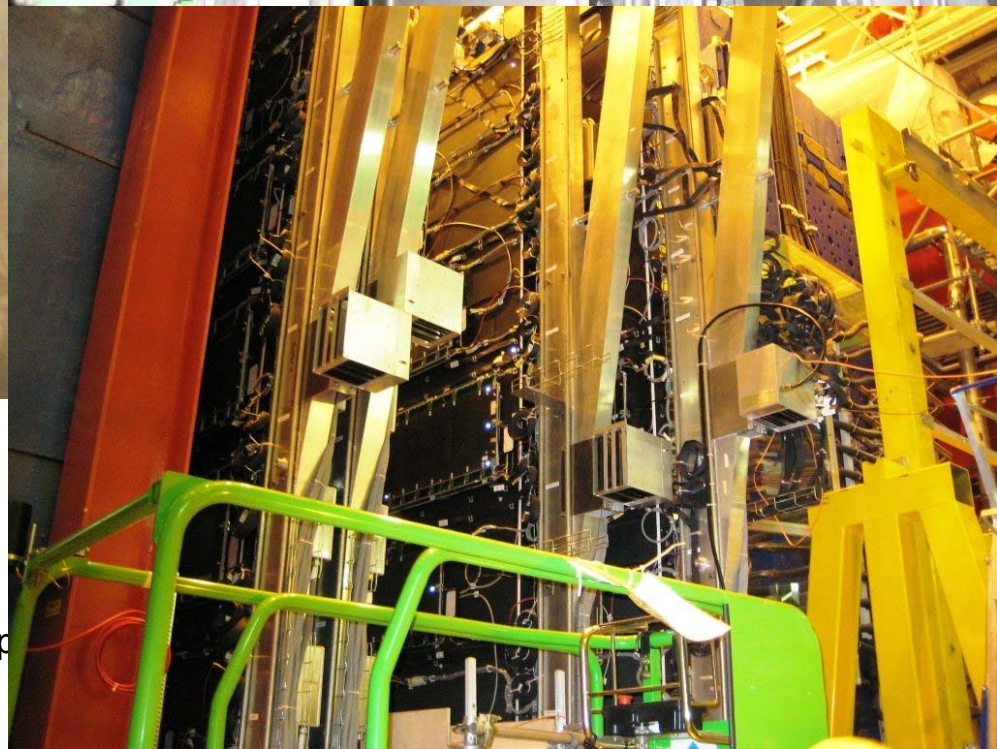
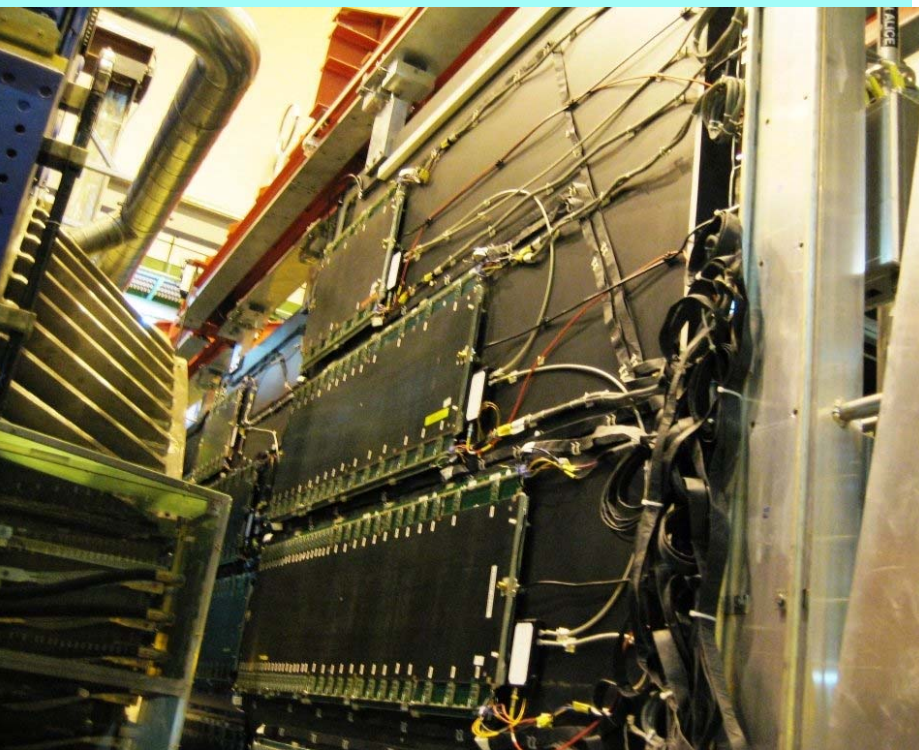
Е. Роцин между триггерными  
камерами



# Мы и наши коллеги: проблемы и решения

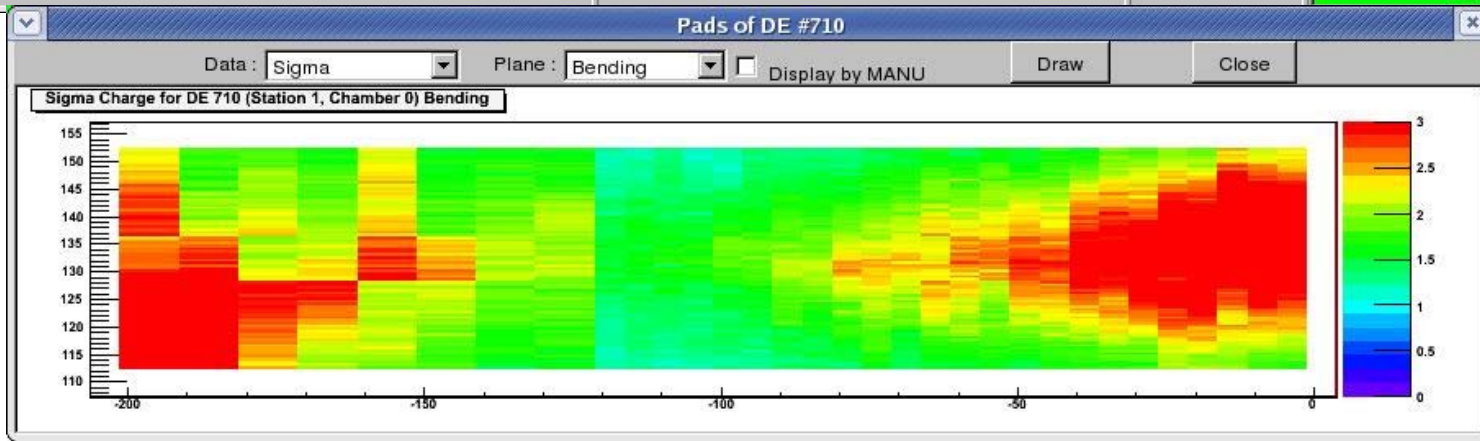
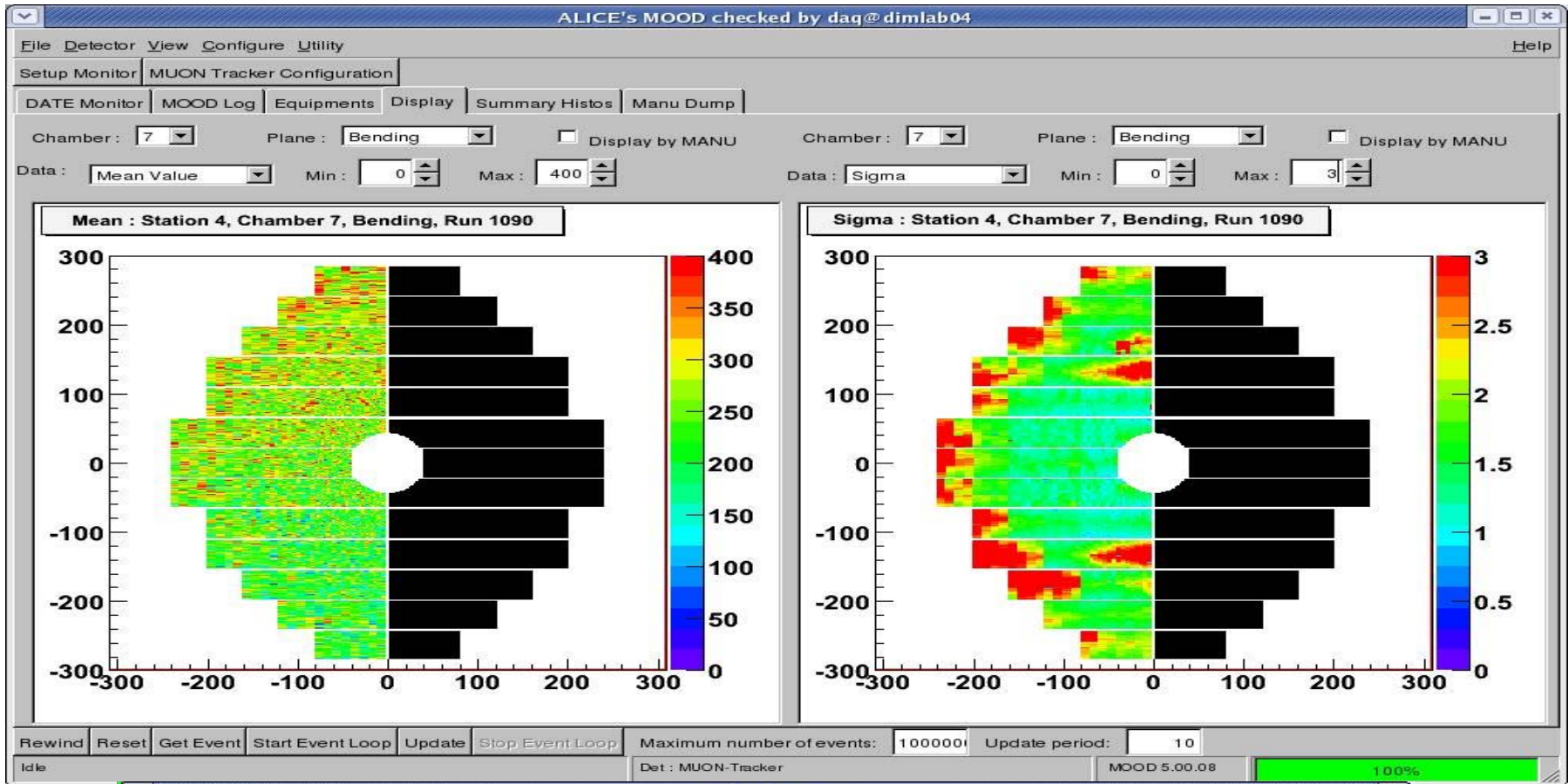


# Участие в отладке трековых камер мюонного плеча



Трековые камеры  
в пещере ALICE

# Квалификационные испытания



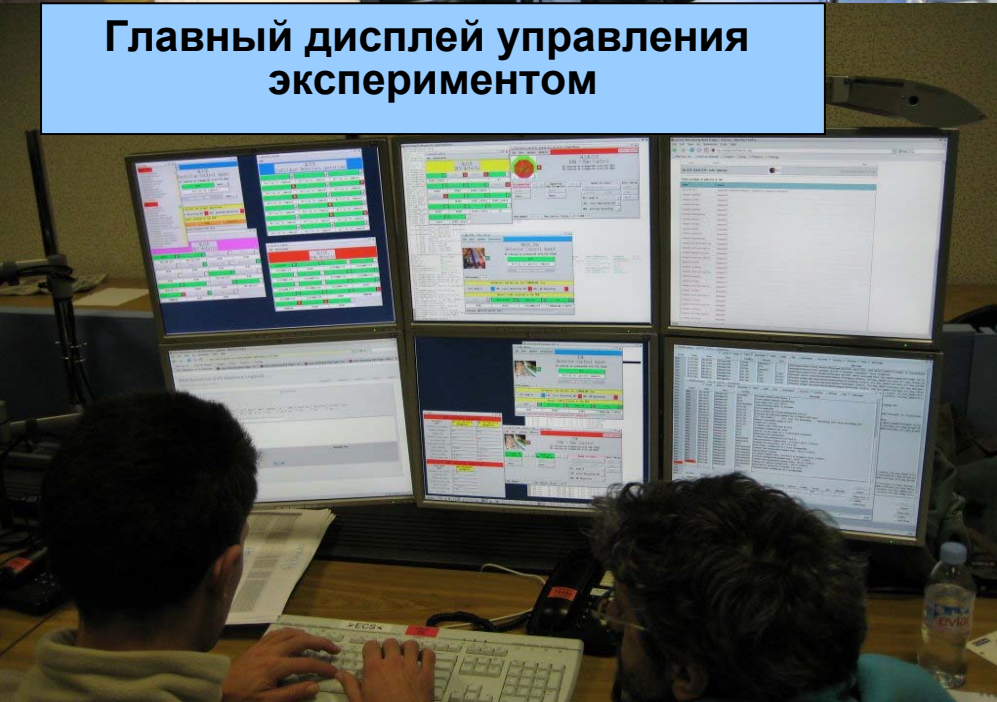
# Global Commissioning Run

Alice Control Room

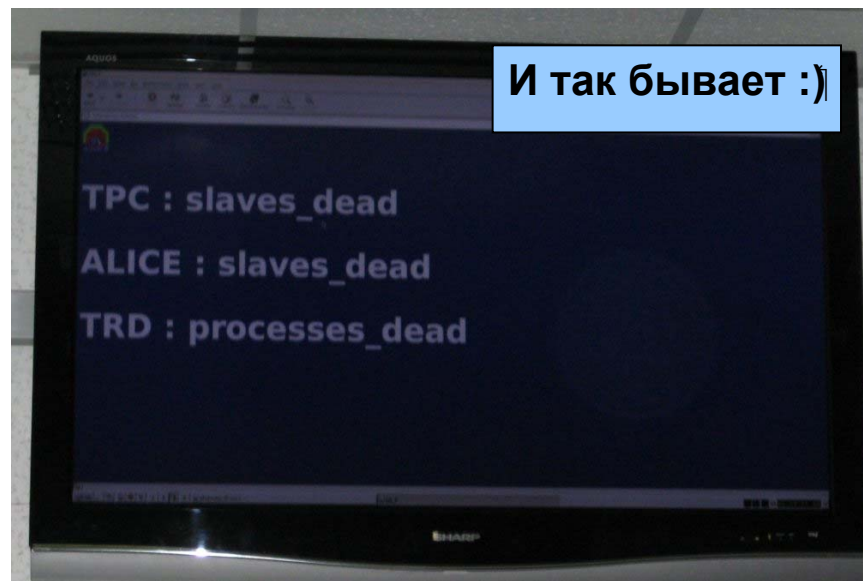


Члены команды ПИЯФ приняли участие в квалификационных измерениях на космике. Удалось сделать даже более, чем предполагалось: удалась интеграция в систему управления экспериментом, были задействованы 2 LDC, то есть первая камера полностью, а также частично вторая.

Главный дисплей управления экспериментом



И так бывает :))



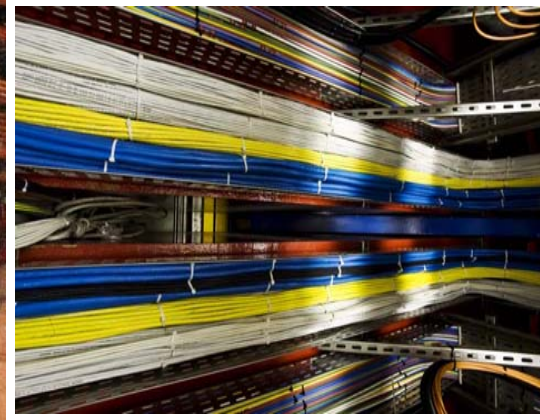
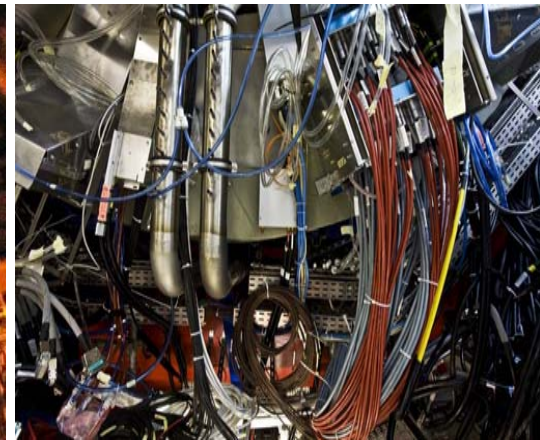
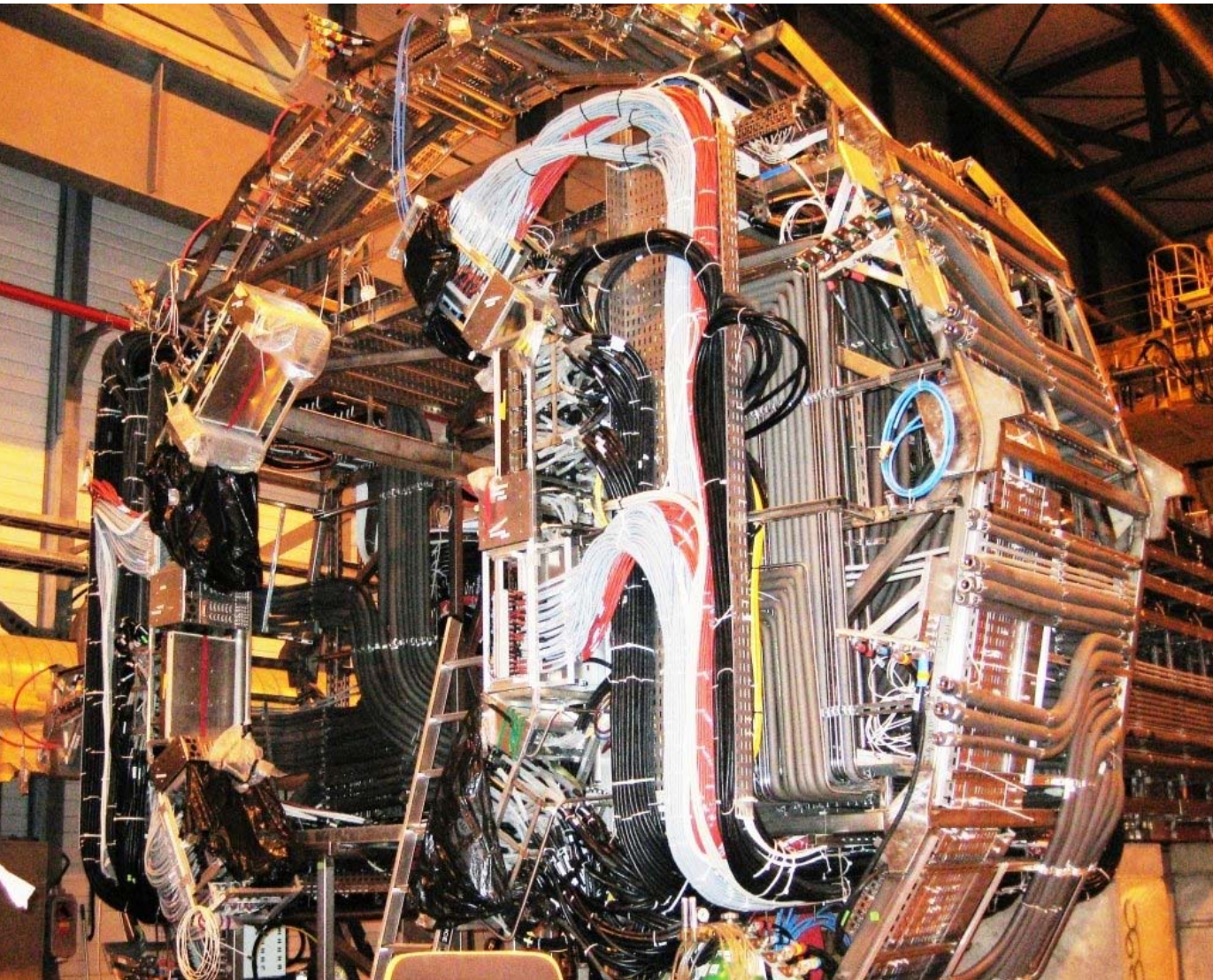
# Участие в метрологической деятельности ALICE



Наиль Мифтахов в пещере ALICE



Здесь поработали наши кабельщики:  
Ф. Андрианов, Е. Окунев, Л. Сергеев



# Физическая программа ЛРЯФ в эксперименте ALICE

Помимо участия в основной физической программе коллаборации:

- **Исследование процессов фоторождения векторных мезонов в ультрапериферических протон-ядерных и ядро-ядерных столкновениях:**
  - поведение глюонных плотностей в нуклонах и ядрах при малых  $x$  – происходит ли насыщение и при каких  $x$ ?
  - физика жесткого КХД померона, BFKL.
- **Изучение поляризации  $J/\psi$ , рожденной в сильном взаимодействии при столкновении нуклонов и ядер:**
  - выяснение механизма рождения кваркониев со скрытым чармом;
  - интерпретация одного из наиболее ярких критериев поиска кварк-глюонной плазмы – подавления выхода  $J/\psi$ .
- **Физика  $f_0$  мезона в процессах сильного взаимодействия**



# Yellow Report: UPC at LHC

## The Physics of Ultraperipheral Collisions at the LHC

Authors: [A. J. Baltz](#), [G. Baur](#), [D. d'Enterria](#), [L. Frankfurt](#), [F. Gelis](#), [V. Guzey](#), [K. Hencken](#), [Yu. Kharlov](#), [M. Klasen](#), [S. R. Klein](#), [V. Nikulin](#), [J. Nystrand](#), [I. A. Pshenichnov](#), [S. Sadovsky](#), [E. Scapparone](#), [J. Seger](#), [M. Strikman](#), [M. Tverskoy](#), [R. Vogt](#), [S. N. White](#), [U. A. Wiedemann](#), [P. Yepes](#), [M. Zhalov](#)

(Submitted on 22 Jun 2007 (v1), last revised 25 Jun 2007 (this version, v2))

Abstract:

We discuss the physics of large impact parameter interactions at the LHC: ultraperipheral collisions (UPCs). The dominant processes in UPCs are photon-nucleon (nucleus) interactions. The current LHC detector configurations can explore small  $x$  hard phenomena with nuclei and nucleons at photon-nucleon center-of-mass energies above 1 TeV, extending the  $x$  range of HERA by a factor of ten. In particular, it will be possible to probe diffractive and inclusive parton densities in nuclei using several processes. The interaction of small dipoles with protons and nuclei can be investigated in elastic and quasi-elastic  $J/\psi$  and  $\Upsilon$  production as well as in high  $p_T$   $\rho^0$  production accompanied by a rapidity gap. Several of these phenomena provide clean signatures of the onset of the new high gluon density QCD regime. The LHC is in the kinematic range where nonlinear effects are several times larger than at HERA. Two-photon processes in UPCs are also studied. In addition, while UPCs play a role in limiting the maximum beam luminosity, they can also be used as a luminosity monitor by measuring mutual electromagnetic dissociation of the beam nuclei. We also review similar studies at HERA and RHIC as well as describe the potential use of the LHC detectors for UPC measurements.

Comments: 229 Pages, 121 figures  
Subjects: Nuclear Experiment (nucl-ex); High Energy Physics - Experiment (hep-ex);

**Accepted for publishing in special volume of PHYSICS REPORTS**

# Физика



**Е. Крышень** принимает участие в разработке требований к триггеру для первых измерений  $p$ - $p$  столкновений на детекторе ALICE. В его задачу входит анализ требований к триггеру на события с большой множественностью и развитие программы симуляции триггера, включающую моделирование временного поведения как детектора, так и электроники считывания, позволяющей оптимизировать соотношение скоростей счета редких и minimum-bias событий.

ПНЯФ предложил исследовать вопрос о возможности измерения поляризации кваркония в эксперименте ALICE как в  $p$ - $p$ , так и в  $Pb$ - $Pb$  столкновениях.

Установка ALICE рассчитана на регистрацию кваркония в диэлектронном и димюонном каналах с хорошим акцептансом, что позволит набрать необходимую статистику для изучения поляризации.

Этим также начал заниматься **Е.Крышень**

**А. Залите** начал исследование возможности изучения рождения  $f_0(980)$  мезона в с помощью возможностей ALICE. Природа скалярного  $f_0(980)$  мезона представлялась загадочной на протяжении последних 30 лет. Рассматривались гипотезы о том, что это кварк-антикварковое, 4-кварковое состояние или что-либо иное?



Двухкомпонентная модель рекомбинации/фрагментации, подтвержденная экспериментальной информацией RHIC, предсказывает четкое различие между гипотезами о кварк-антикварковом и 4-кварковом составе  $f_0(980)$ . Ожидается, что изучение  $f_0(980)$  в области промежуточных поперечных импульсов при энергиях LHC может дать ответ на этот вопрос. Наблюдаемые величины Nuclear Modification Ratios  $R_{CP}$  и  $RAA$ , чувствительны к кварковому составу резонанса.

Рождение  $f_0(980)$  включено в программу моделирования физики ALICE. Успешно сгенерированы первые 10000 событий. Работа продолжается.

# Физика

Согласно теоретическим оценкам, сделанным **М. Жаловым и др.**, выходы тяжелых кваркониев в процессе фоторождения чувствительны к поведению глюонных плотностей при малых значениях ( $10^{-4}$  --  $10^{-5}$ )  $x$ . В p-A соударениях будет изучено поведение глюонной плотности в нуклоне, а сравнение результатов в pA и AA позволит получить информацию о модификации и экранировках глюонных плотностей в ядре.

**М. Жалов** в 2007 году – исследование процессов фоторождения кваркония с большим поперечным импульсом и большой rapidity gap в ультрапериферических протон-ядерных столкновениях.

Показано, что из соответствующих измерений можно извлечь энергетическую зависимость сечения взаимодействия цветного диполя малых размеров с нуклоном, а также определить интерсепт и наклон траектории жесткого KХД померона.

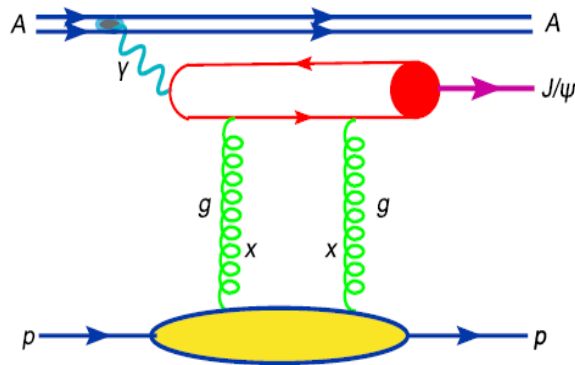
**В. Никулин** моделирует отклик детектора ALICE на такие процессы с целью определить ожидаемые скорости счета и отработать алгоритм триггерирования.

Последнее время он занят написанием генератора событий, составляющих физический фон (рождение лептонных пар при фотон-фотонных столкновениях). Это необходимо для корректной оценки значимости набираемой статистики

# С НОВЫМ ГОДОМ!

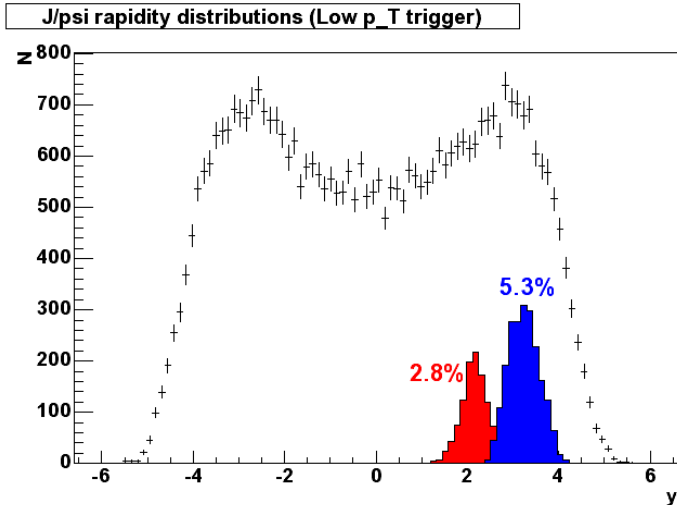


# Когерентное фоторождение кваркония в ультрапериферических рА и АА столкновениях



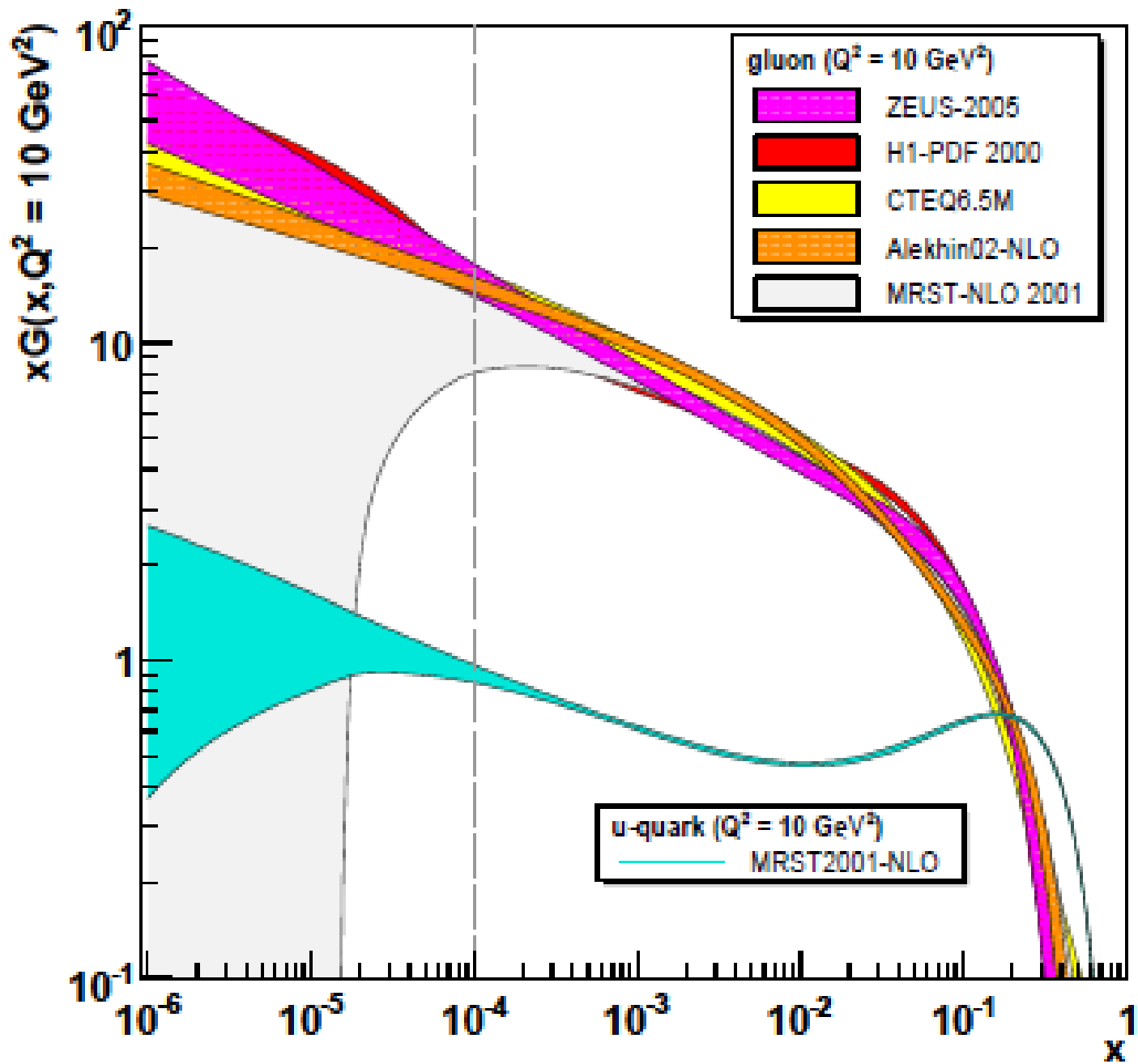
$$\frac{d\sigma_{p \rightarrow p J/\psi}(\omega)}{dt} = \frac{16\pi^3 \alpha_s^2 d^2 \Gamma_{ee}}{3\alpha M_{J/\psi}^5} \left| x g_N \left( x, \frac{M_{J/\psi}^2}{4} \right) \right|^2 F_{2g}^2(t)$$

Измеряя сечение, которое пропорционально глюонной плотности, можно измерить глюонную плотность при малых  $x$

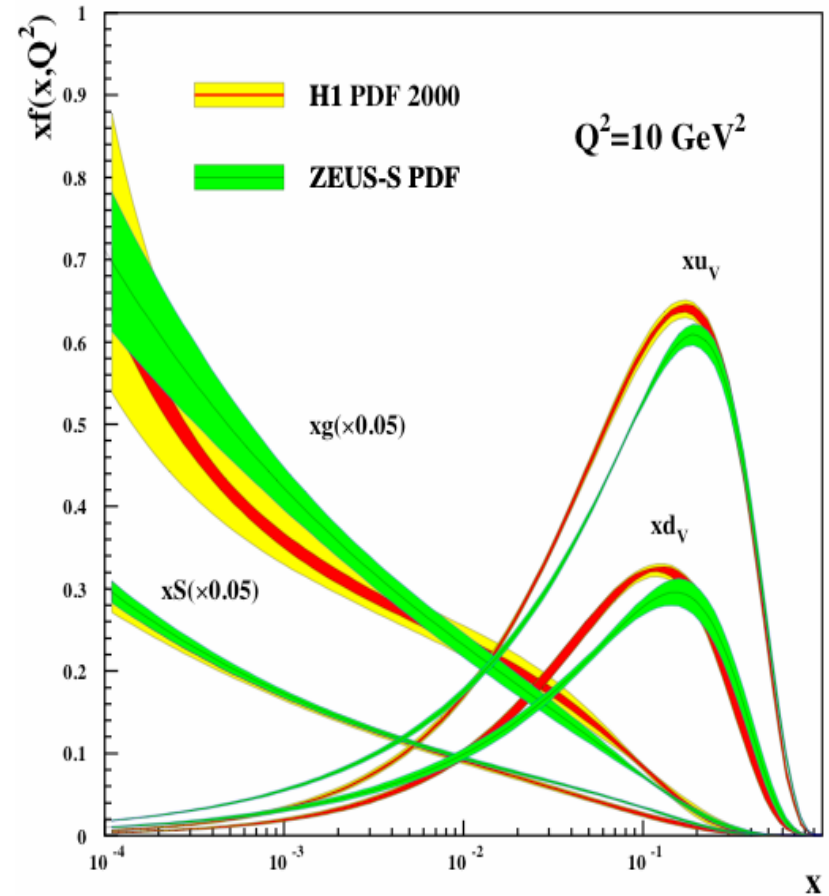
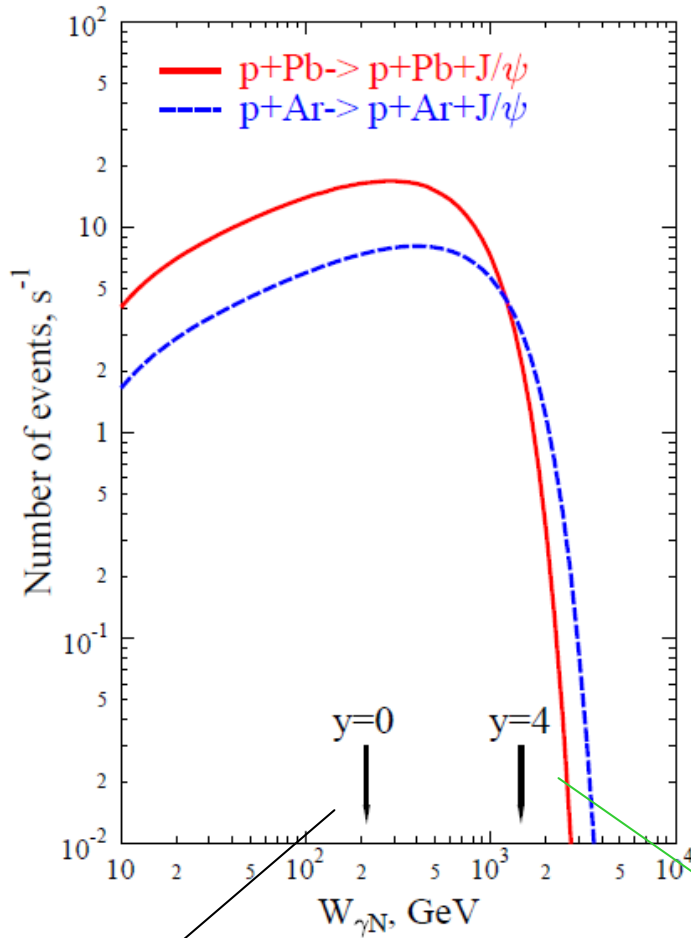


Исходный спектр по быстройте  $y$  (точки с ошибками), случай, когда пара мюонов была зарегистрирована димюонным плечом (синий пик), случай, когда один мюон был зарегистрирована димюонным плечом, а второй – баррельной частью детектора ALICE (красный пик.)

Монте-Карло симуляции (AliRoot) для PbPb- $\rightarrow$ PbPb  $J/\psi$   
 отношения скорости счета и сигнал/фон:  $\sim 20,000$  соб. за  $10^6$  сек



Плотность глюонов с малыми  $x$  – ключевой параметр в физике сильных взаимодействий при высоких энергиях, в частности, в центральных взаимодействиях тяжелых ионов на LHC. На RHIC:  $dN/dy \sim 1000$  глюонов.

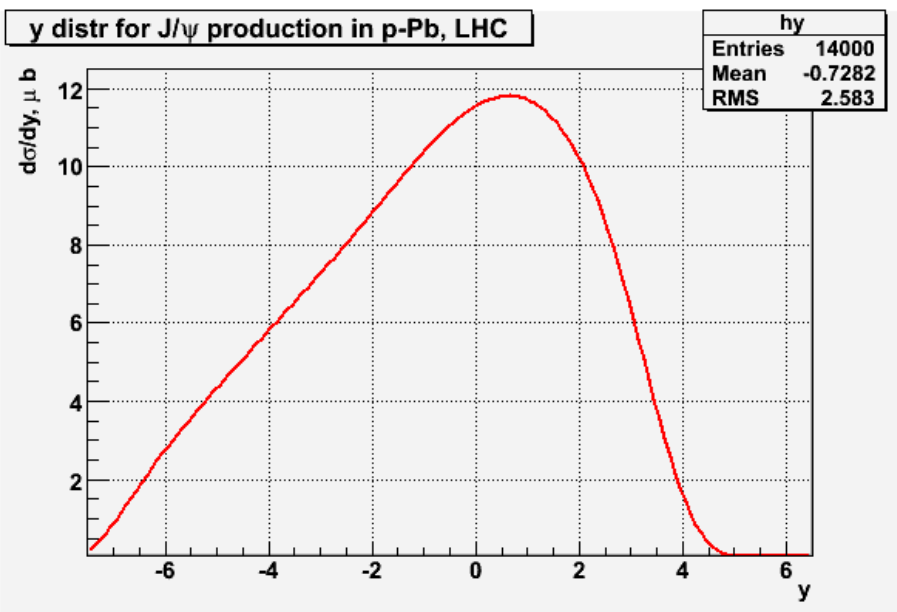
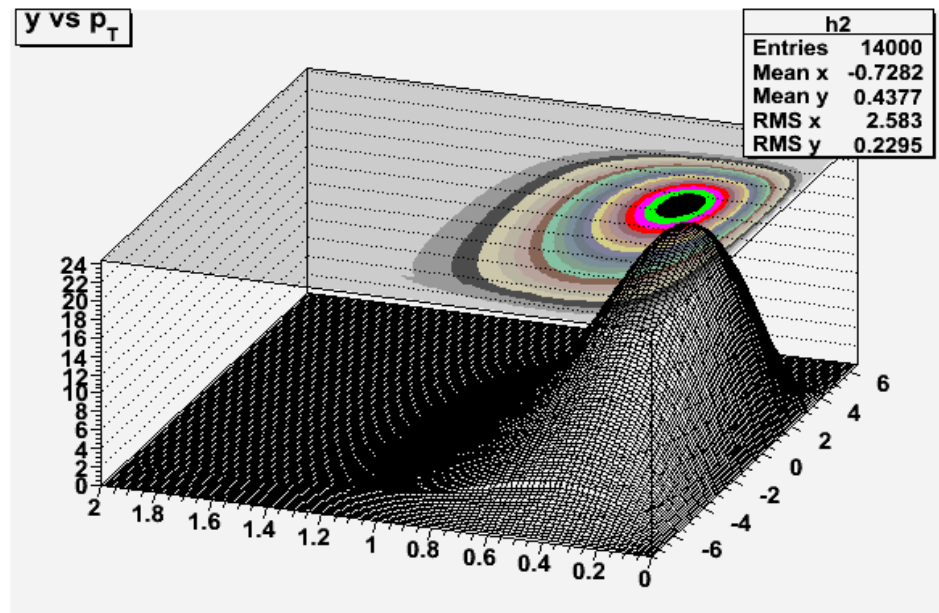
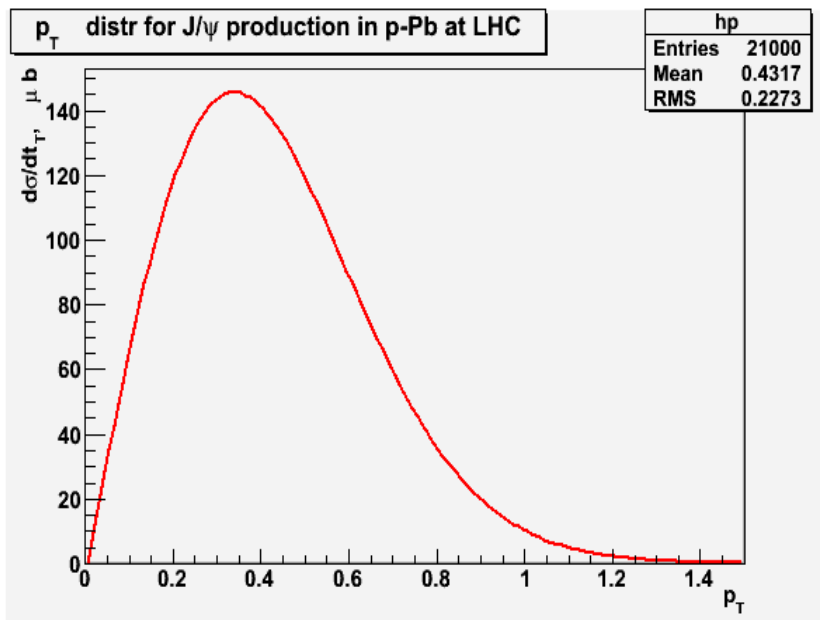


HERA  $x \sim 10^{-4}$

$x \sim 5 \cdot 10^{-6}$  can be reached at LHC



# Когерентное фоторождение $J/\psi$ в p-Pb столкновениях



Начата работа по симуляциям процесса когерентного фоторождения при p-A столкновениях (теоретические оценки М. Жалова). Написан генератор в рамках системы AliRoot (В. Никулин)

# Измерение поляризации $J/\psi$ в ALICE

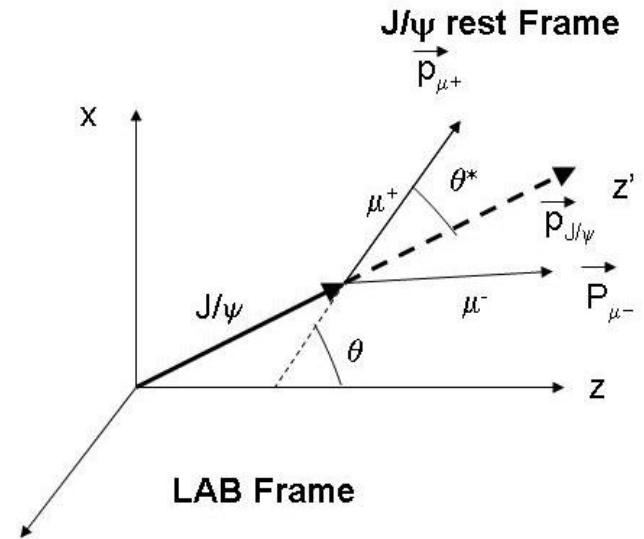
ПИЯФ предложил исследовать вопрос о возможности измерения поляризации кваркония в эксперименте ALICE как в p-p, так и в Pb-Pb столкновениях.

Установка ALICE рассчитана на регистрацию кваркония в диэлектронном и димюонном каналах с хорошим акцептансом, что позволит набрать необходимую статистику для изучения поляризации.

Этим начал заниматься Е.Крышень (студент 6 к. СПбГПУ)

# Измерение поляризации $J/\psi$

Изучение поляризации чармония является важным инструментом для понимания механизма его образования и процесса адронизации.

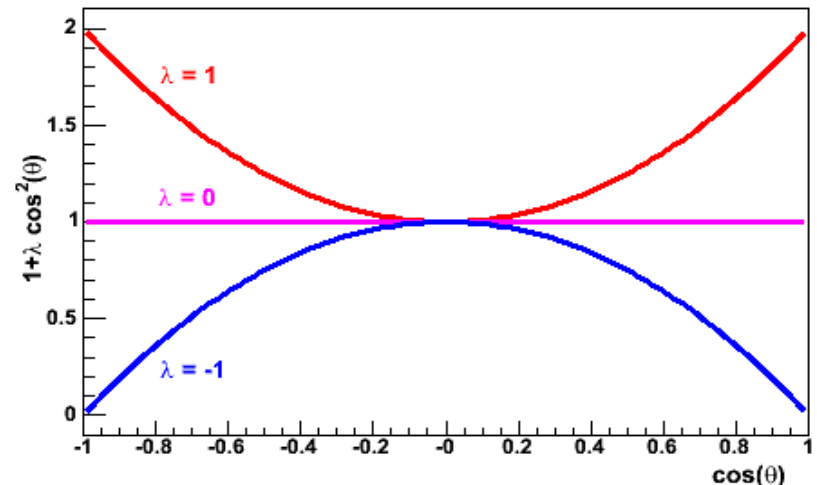


Угловое распределение мюонных пар  $J/\psi$  в системе покоя:

$$I(\cos \theta^*) \sim 1 + \lambda \cos^2 \theta^*$$

$\theta^*$  - угол, между импульсом лептона в системе покоя  $J/\psi$  и импульсом  $J/\psi$

- $\lambda = 0$  – отсутствие поляризации
- $\lambda = 1$  – поперечная поляризация
- $\lambda = -1$  – продольная поляризация



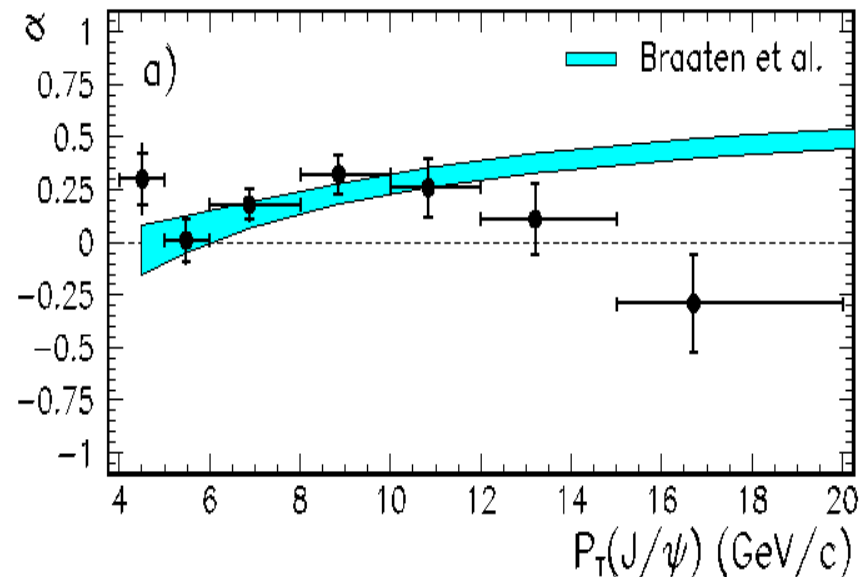
# Измерение поляризации $J/\psi$

- Измерения поляризации чармония в протон-антипротонных столкновениях в Фермилабе показывают **рост поперечной поляризации** при больших поперечных импульсах ( $> 5$  ГэВ/с) в соответствии с обычно используемой моделью в рамках нерелятивистской КХД (NRQCD). Однако при очень больших поперечных импульсах ( $> 12$  ГэВ/с), **поляризация уменьшается и даже становится продольной**.
- Кроме того, эксперимент Fermilab E866/NuSea **обнаружил продольную поляризацию** чармония в протон-ядерных столкновениях, что пока не удалось объяснить в рамках NRQCD.

## Модели:

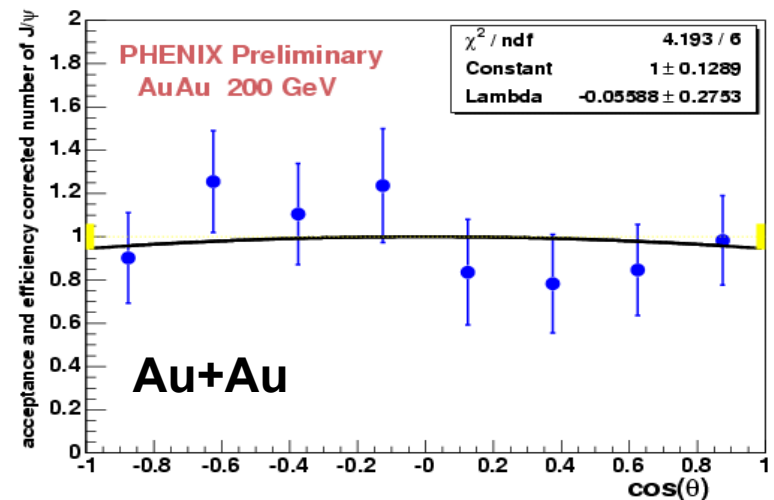
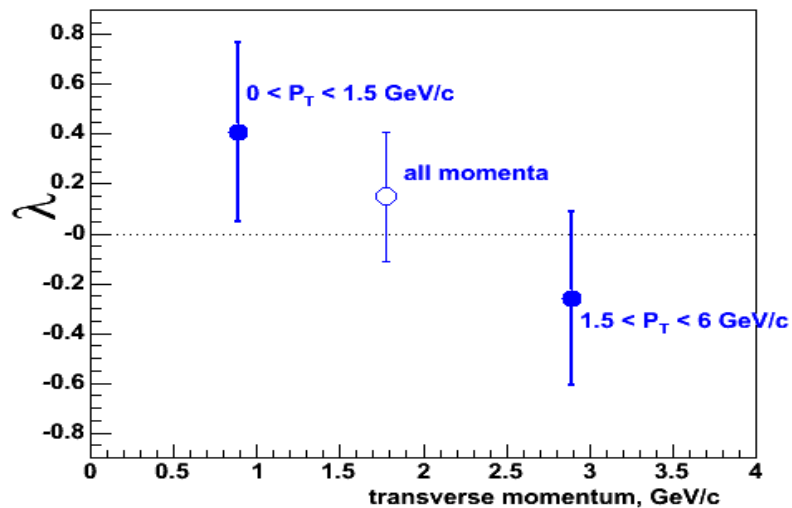
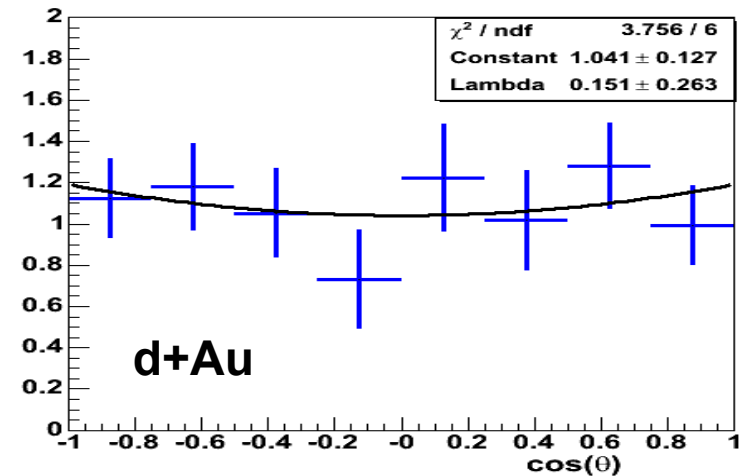
- **CEM, CSM** – отсутствие поляризации
- **NRQCD** – поляризация при  $p_t > 6$  ГэВ/с (Braaten et al.)
- **Ioffe and Kharzeev**, PR,C68:061902, 2003: поперечная поляризация ( $\sim 0.35-0.40$ ) при малых  $p_t$
- **Khoze, Martin, Ryskin, and Stirling**, Eur.Phys.J. C39:163-171, 2005: поперечная поляризация при малых  $p_t$  и продольная при больших  $p_t$

## $J/\psi$ polarization in $p+\bar{p}$ @ 1.8 TeV, CDF



# Предварительные результаты PHENIX

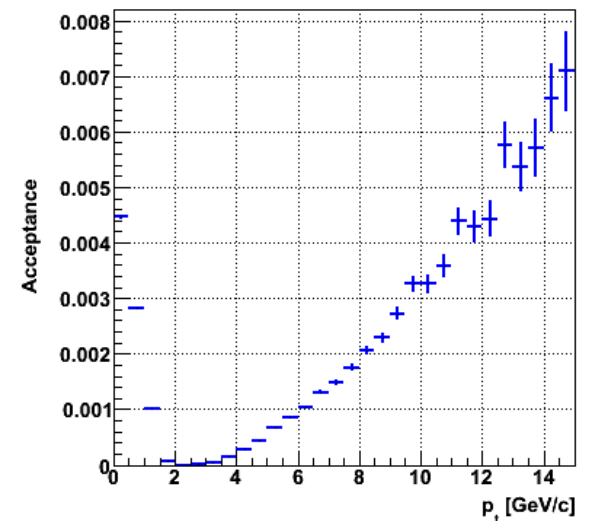
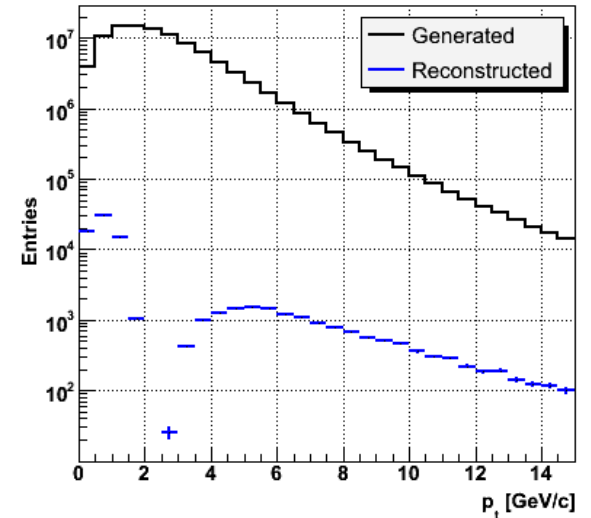
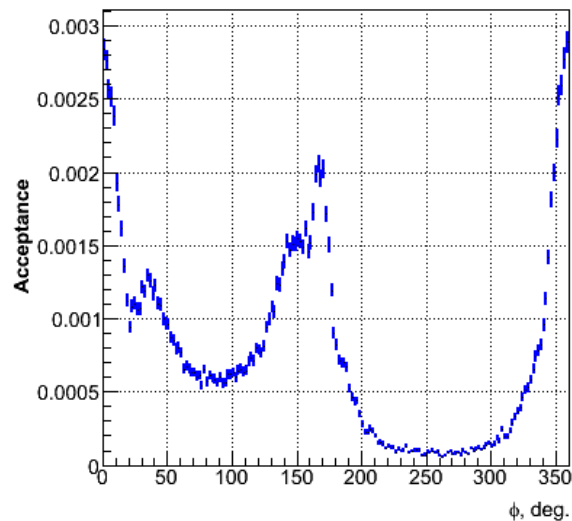
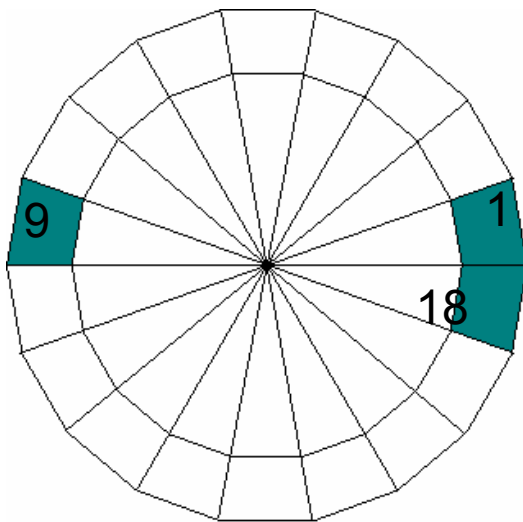
Будущие измерения поляризации чармония на RHIC помогут понять механизм образования чармония. В настоящее время измерения поляризации на PHENIXе имеют очень большую статистическую погрешность, которая не позволяет сделать определенных выводов. Ситуация улучшится, когда RHIC будет работать с более высокой светимостью.



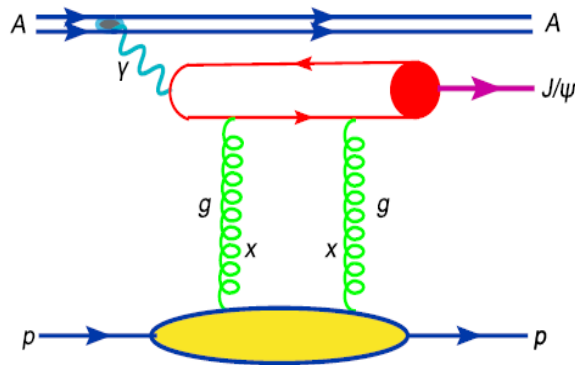
# Зависимость акцептанса TRD от числа и положения супермодулей

## Возможность 1: 2 плеча TRD в противоположных направлениях

- Интегральный акцептанс: 0.08%
- Хорошее покрытие на малых  $p_t$
- зазор при  $p_t \sim M_{J/\psi}$

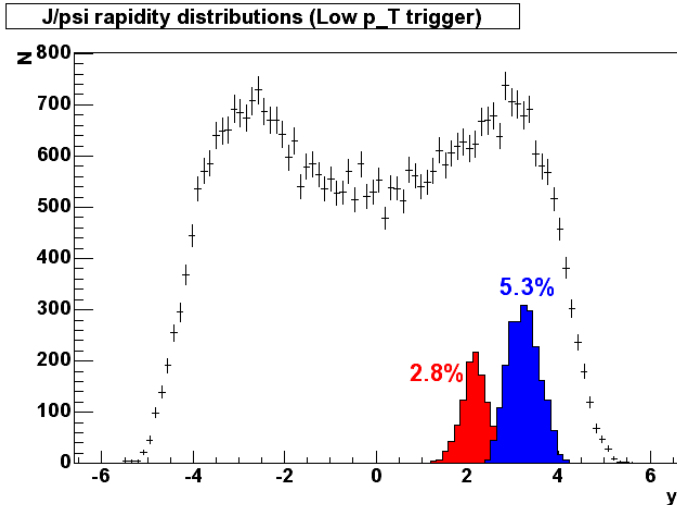


# Когерентное фоторождение кваркония в ультрапериферических pA и AA столкновениях



$$\frac{d\sigma_{p \rightarrow pJ/\Psi}(\omega)}{dt} = \frac{16\pi^3 \alpha_s^2 d^2 \Gamma_{ee}}{3\alpha M_{J/\Psi}^5} \left| x g_N \left( x, \frac{M_{J/\Psi}^2}{4} \right) \right|^2 F_{2g}^2(t)$$

Измеряя сечение, которое пропорционально глюонной плотности, можно измерить глюонную плотность при малых  $x$



Исходный спектр по быстройте  $y$  (точки с ошибками), случай, когда пара мюонов была зарегистрирована димюонным плечом (синий пик), случай, когда один мюон был зарегистрирована димюонным плечом, а второй – баррельной частью детектора ALICE (красный пик.)

Монте-Карло симуляции (AliRoot) для PbPb-→PbPb J/ψ  
 отношения скорости счета и сигнал/фон: ~20,000 соб. за 10<sup>6</sup> сек