

# Лаборатория релятивистской ядерной физики в 2008 году

ОФВЭ, ПИЯФ РАН

**В. Самсонов**

- О лаборатории
- PHENIX-2008 (BNL, США)
- CBM-2008 (GSI, Германия)
- ALICE-2008 (CERN, Швейцария)
- Планы на будущее

# Лаборатория релятивистской ядерной физики

## Состав лаборатории в 2008 году

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Вед.научн.сотрудник   | 2          |
| Старш.научн.сотрудник | 8          |
| Научн.сотрудник       | 2          |
| Аспирант              | 1          |
| Вед. инженер          | 7          |
| Механик               | 2          |
| Лаборанты, монтажницы | 4          |
| Всего:                | 26 человек |

## Публикации 2008 года

|                    |           |         |
|--------------------|-----------|---------|
| •Phys.Rev.Lett.    | 3 (publ.) | PHENIX  |
| •Phys.Rev.C        | 3 (publ.) | PHENIX  |
| •J. Phys. G.       | 1 (publ.) | PHENIX  |
| •Известия РАН      | 2 (публ.) | ФЕНИКС  |
| •JINST             | 1 (publ.) | ALICE   |
| •CBM Stat.Rep.2007 | 1 (publ.) | CBM     |
| •Phys.Rept.        | 1 (publ.) | Обзор   |
| •Phys.Lett.        | 1 (publ.) | Теорет. |

Всего: 13(publ.)+12 (subm.)

## Доклады 2008 года

### Ядро-2008

(Июнь, 2008, Москва)

- В.Рябов, “Изучение ультрарелятивистских ядро-ядерных столкновений на эксперименте ФЕНИКС”
- Д.Иванищев, “Свойства легких мезонов, рождающихся в ультрарелятивистских ядро-ядерных столкновениях”

### PANIC 2008

(Ноябрь, 2008, Израиль)

- V.Ryabov, “Hadronic decays of light mesons measured by the PHENIX experiment at RHIC”
- Yu. Riabov “Measurement of  $\phi \rightarrow KK$  decay for 200 GeV p+p, d+Au and Au+Au collisions in the PHENIX experiment at RHIC ”

# Доклады 2008 года

**ALICE First Physics Working Group,  
(June 12, 2008, CERN)**

**P.Hristov, A.Zalite, PROOF-enabled comparison,**

**ALICE Physics Working group-2  
(September 16, 2008, CERN)**

**A. Zalite, f<sub>0</sub>(980) studies,**

**ALICE Russian team meeting  
(October 9, 2008, RNC "Kurchatov institute", Moscow)**

**A.Zalite, Участие ПИЯФ РАН в физической программе ALICE**

**ALICE Physics Forum  
(October 29, 2008, CERN)**

**E. Kryshen, Hunting for "Unforeseen"**

**CBM Collaboration Meeting  
(February 26-29, 2008, GSI, Darmstadt)**

**E. Kryshen, V. Nikulin, M.Ryzhinskiy "Detailed geometry of MUCH detector in cbmroot"**

**E. Kryshen, V. Nikulin, M.Ryzhinskiy "Advanced digitization and cluster finding in MUCH"**

**V. Nikulin and at. al., "PNPI activity in MuCh"**

**CBM Collaboration Meeting  
(October 13-18, 2008, JINR, Dubna)**

**A. Khanzadeev, "Status of PNPI R&D for choice of the MUCH tracking base detector"**

**V. Nikulin, "MUCH-related activity at PNPI"**

**V. Nikulin, M.Ryzhinskiy "Some considerations on requirements for MUCH tracking FEE"**

**L. Kudin, M.Chernishova, B.Komkov "Progress in THGEM technology at PNPI"**

# Лаборатория релятивистской ядерной физики

## Финансовое обеспечение в 2008 году

Тема «БАК-АЛИСА» (Минобрнаука) 2000 тыс.руб.

Тема «РАН» 800 тыс.руб.

Договор с ИТЭФ 500 тыс.руб.

Визиты:

ЦЕРН (АЛИСА) 80 кCHF (Минобрнаука)

+16 кCHF (ЦЕРН)

БНЛ (ФЕНИКС) 57 к\$ (Минобрнаука)

+ 38 к\$ (БНЛ)

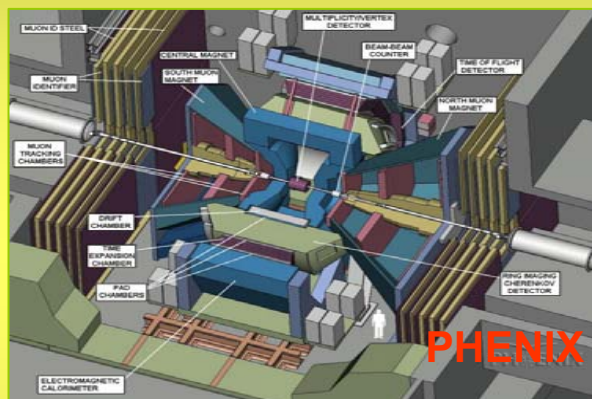
**INTAS-CERN Grant**  
**“Preparation for data taking and distributed analysis  
for the ALICE experiment at LHC”**

**INTAS-GSI Grant**  
**“Development of a Muon Detection System  
for Compressed Baryonic Matter Experiment”**

**INTAS YSF Grant**  
**E. Kryshen**

**Грант Президента РФ**  
**”Поддержка молодых российских ученых”**  
**В.Рябов**

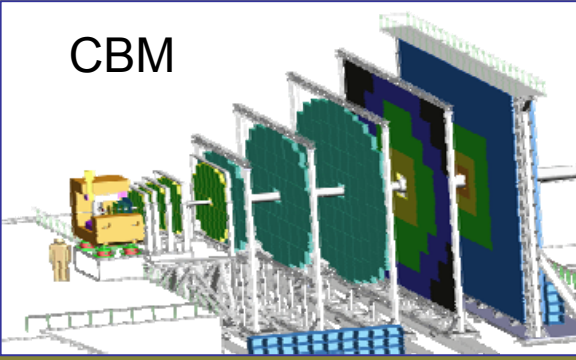
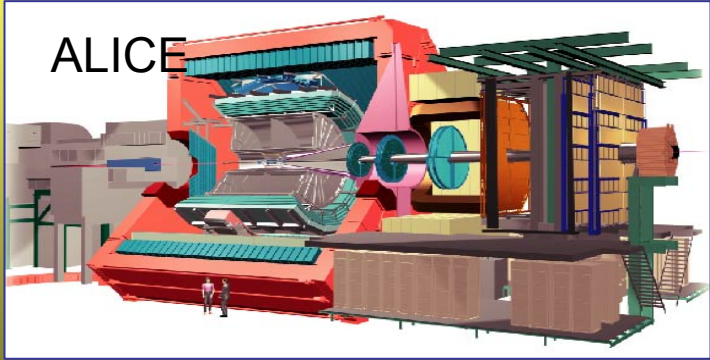
# Программа ЛРЯФ исследований включает участие в международных экспериментах:



С 1993 года  
BNL, США

С 1997 года  
CERN, Швейцария

С 2003 года  
GSI, Германия





# Какое отличие экспериментов?

RHIC&LHC - Collider, pp,pA,AA

RHENIX&ALICE – высокая

температура и плотность энергии :

$T > 170-200$  МэВ,

$\epsilon \sim 5-200$  ГэВ/фм<sup>3</sup>,

низкая плотность барионов -

→ Кварк-Глюонная Плазма

→ Ранняя Вселенная

GSI – Fixed target ; pp, pA, AA, +  
антипротоны

Энергия - (7-40)А ГэВ

CBM – низкая

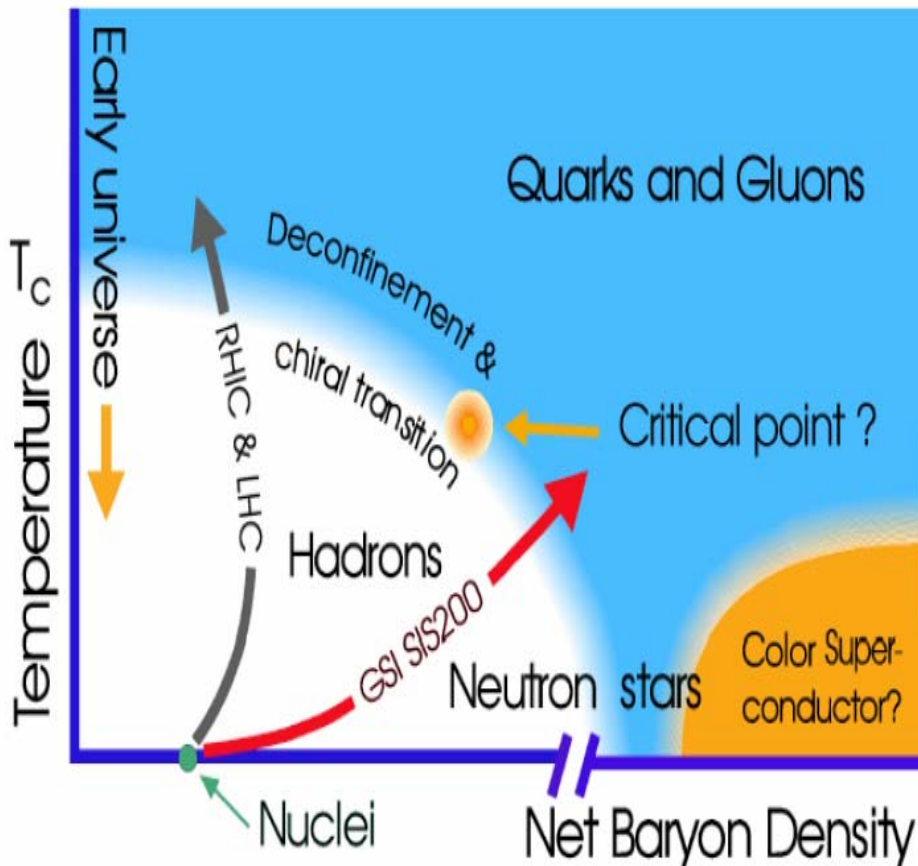
температура, высокая барионная

плотность – (5-10) $\rho$

→ Нейтронные Звезды,

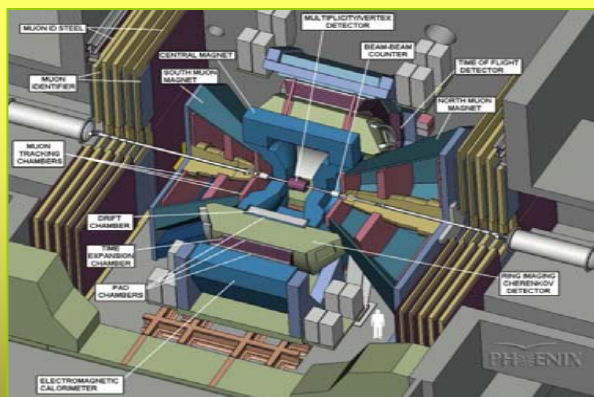
→ Кварковая Плазма

→ Цветовая Сверхпроводимость





# Международный эксперимент PHENIX



# ПИЯФ в эксперименте ФЕНИКС (2008 г.)

- Экспертное сопровождение дрейфовых камер, Run8
- Участие в сменах и наборе данных, Run8
- Обработка экспериментальных данных

Участники эксперимента:

В.Баублис, Е.Взнуздаев, Д.Иванищев, Б.Комков, Д.Котов  
В.Рябов, Ю.Рябов, В.Самсонов, А.Ханзадеев

# Обслуживание ДК

- **Плановые ремонты**
- **Обеспечение бесперебойной работы ДК**
- **Калибровка ДК**
- **Мониторинг рабочих параметров ДК в ходе эксперимента**
- **Сопровождение и усовершенствование программного обеспечения:**
  - ✓ **Монте-Карло моделирование**
  - ✓ **Система управления высоким напряжением ДК (2 x 368 каналов)**

## Участие в эксперименте

- **Смены**
- **Анализ данных**
- **Обсуждение результатов и подготовка публикаций**

# Данные, исследуемые легкие мезоны

|          | p+p | d+Au | Au+Au | Cu+Cu |
|----------|-----|------|-------|-------|
| 22.4 GeV |     |      |       | ●     |
| 62.4 GeV | ●   |      | ●     | ●     |
| 130 GeV  |     |      | ●     |       |
| 200 GeV  | ●   | ●    | ●     | ●     |

|           |        |
|-----------|--------|
| Reference | sQGP ? |
|-----------|--------|

**Mesons:**  $\pi^0$ ,  $\pi^{+/-}$ ,  $K^0_s$ ,  $K^\pm$ ,  $\eta$ ,  $\omega$ ,  $\eta'$ ,  $\phi$ :

$\pi^\pm$ ,  $K^\pm$

$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$  BR = 98.80 ± 0.03

$K^0_s \rightarrow \pi^0\pi^0$  BR = 30.69 ± 0.05%

$\eta \rightarrow \gamma\gamma$  BR = 39.39 ± 0.24%

$\eta \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-$  BR = 22.68 ± 0.35%

$\omega \rightarrow \pi^0\gamma$  BR = 8.90 ± 0.25%

$\omega \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-$  BR = 89.1 ± 0.7%

$\omega \rightarrow e^+e^-$  BR = (7.16 ± 0.12)10<sup>-5</sup>

$\eta' \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  BR = 44.6 ± 1.4%

$\phi \rightarrow K^+K^-$  BR = 49.2 ± 0.7%

$\phi \rightarrow e^+e^-$  BR = (2.97 ± 0.04)10<sup>-4</sup>

# Текущий статус физических исследований (ядерная материя в условиях экстремально высокой плотности и температуры)

**Цель:** Согласно предсказаниям КХД при температуре взаимодействующей системы  $\sim 170$  МэВ адронная материя должна переходить в состояние со “свободными” кварками и глюонами, т.н. **кварк - глюонная плазма (КГП)**

**Текущий статус:** Физические результаты эксперимента RHENIX указывают на то, что в столкновениях тяжелых релятивистских ядер действительно образуется среда, которая по своим свойствам **существенно отличается** от обычной ядерной материи:

**Высокая плотность ( $dN_g/du \sim 1000$ ,  $\langle q \rangle \sim 14$  ГэВ<sup>2</sup>/фм,  $\varepsilon > 15$  ГэВ/фм<sup>3</sup>):**

- ✓ Подавление выхода адронов (u,d,s,c) с большим поперечным импульсом.
- ✓ Модификация азимутальных корреляций частиц (джеты)

**Высокая температура образующейся системы ( $T_0^{\max} \sim 500-600$  МэВ):**

- ✓ Тепловые фотоны

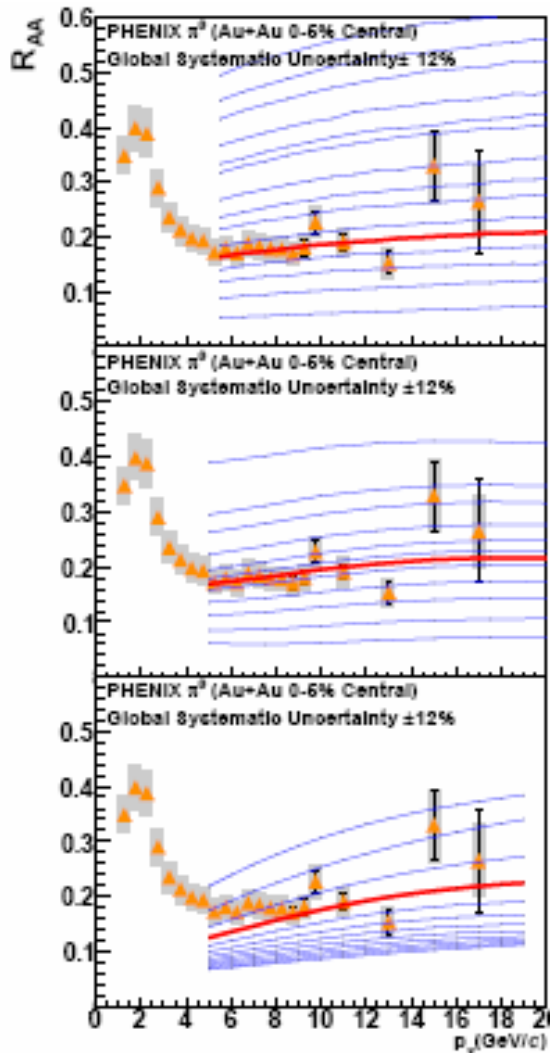
**Идеальная жидкость с малой вязкостью, малое время термализации, сильное взаимодействие между партонами (не газ):**

- ✓ Потoki идентифицированных адронов, содержащих u, d, s, c – кварки

**План действий:** Продолжение исследований с целью получения численных характеристик образующейся материи. Тесное сотрудничество с сообществом теоретиков для физической интерпретации большого числа экспериментальных наблюдений с целью их связи со свойствами образующейся материи

# Физический анализ I

- Переход от качественного описания горячей и плотной ядерной материи, образующейся в центральных Au+Au столкновениях при максимальной энергии RHIC 200 ГэВ к количественному



| Model Name | Model Parameter  | One Standard Deviation Uncertainty |         | Two Standard Deviation Uncertainty |         |
|------------|--|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
| PQM        | $\langle \hat{q} \rangle = 13.2 \text{ GeV}^2/\text{fm}$ | +2.1                               | -3.2    | +6.3                               | -5.2    |
| GLV        | $dN^g/dy = 1400$   | +270                               | -150    | +510                               | -290    |
| WHDG       | $dN^g/dy = 1400$   | +200                               | -375    | +600                               | -540    |
| Linear     | b (intercept) = 0.168                                    | +0.033                             | -0.032  | +0.065                             | -0.066  |
|            | m (slope) = 0.0017 (c/GeV)                               | +0.0035                            | -0.0039 | +0.0070                            | -0.0076 |

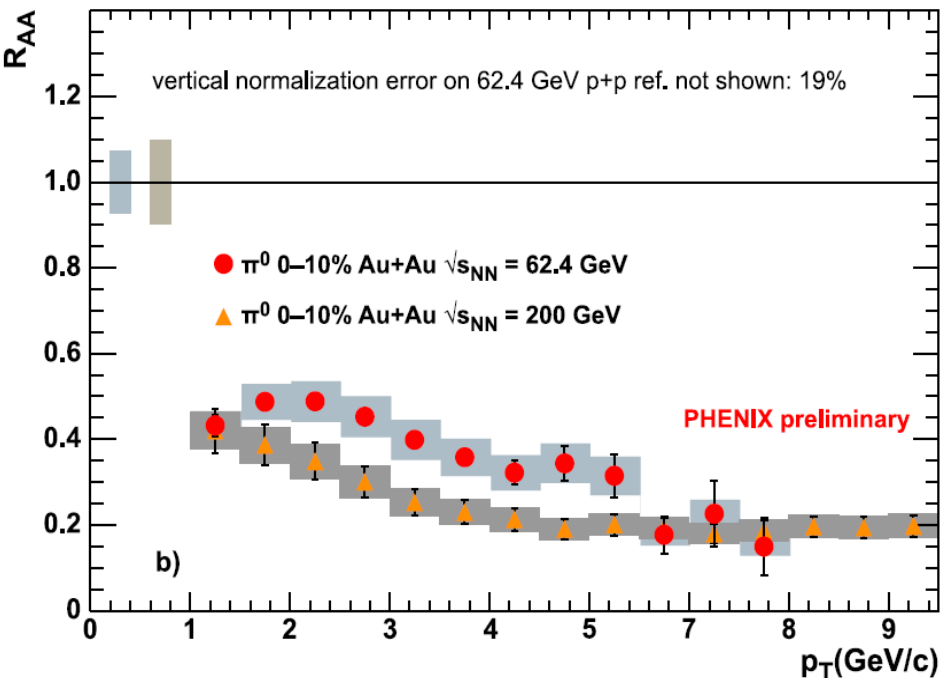
- ❖ Большая величина  $\langle \hat{q} \rangle$  является предметом теоретических дебатов и предполагается, что среда состоит из сильно связанных партонов
- ❖ Величина начальной глюонной плотности  $dN_g/dy \sim 1400$  совпадает с оценками, полученными из других измерений (множественность, эллиптический поток) и соответствует максимальной начальной плотности энергии  $\varepsilon_0 \sim 20 \text{ ГэВ}/\text{фм}^3$

# Физический анализ II

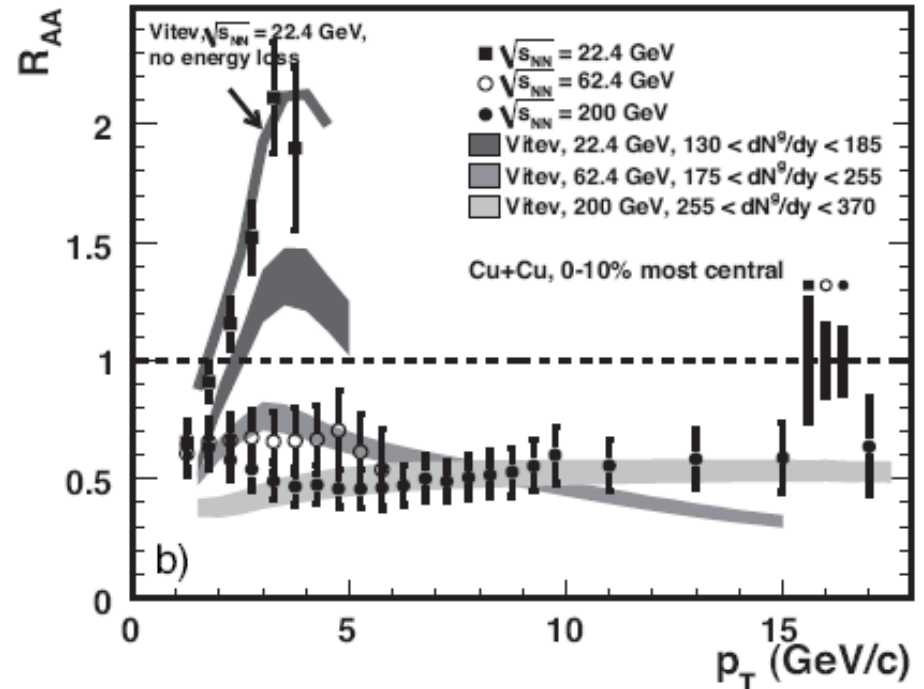
➤ Изучается эффект охлаждения струй в зависимости от плотности энергии или энергии взаимодействия

- ❖ Подавление выхода адронов с большим поперечным импульсом начинает превалировать над эффектом Кронина в области энергий между 22 ГэВ и 62 ГэВ
- ❖ Подавление при энергиях 62 и 200 ГэВ несколько различается в области промежуточных поперечных импульсов, становится сравнимым при  $p_T > 7$  ГэВ/с
- ❖ Теоретические расчеты, учитывающие энергетические потери партонов в среде, воспроизводят результаты измерений в области  $p_T > 3-5$  ГэВ/с

*Au+Au: 62, 200 GeV*



*Cu+Cu: 22, 62, 200 GeV*

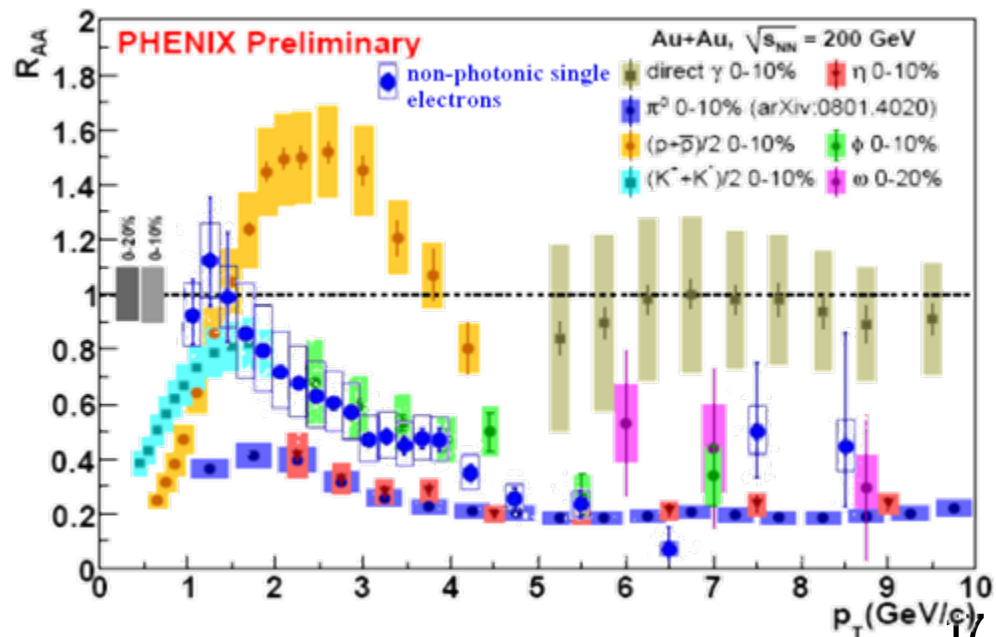
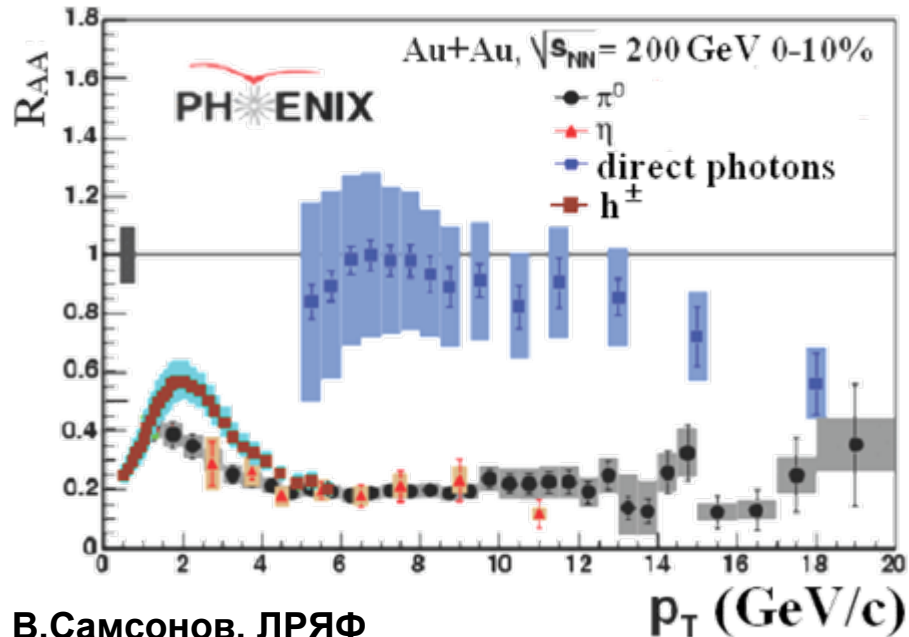




# Физический анализ III

➤ Изучается эффект охлаждения струй в зависимости массы адрона и его кваркового состава

- ❖ Рождение прямых фотонов не подавлено вплоть до 14 ГэВ/с. Подавление при больших импульсах может быть связано с изоспиновыми эффектами
- ❖ Рождение идентифицированных адронов ( $\pi^0$ ,  $\eta$ ,  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\rho$ ) и неидентифицированных адронов ( $h^\pm$ ) одинаково подавлено в 5 раз в области больших импульсов  $p_T > 5-7$  GeV/c  
→ объясняется энергетическими потерями жестко рассеянных партонов в среде
- ❖ В области промежуточных импульсов ( $1 < p_T$  (ГэВ/с)  $< 5-7$ ) подавление различается для мезонов и барионов, а также для легких ( $\pi^0, \eta$ ) и тяжелых ( $\omega, \phi$ ) мезонов  
→ объясняется рекомбинацией тепловых ливневых партонов → предполагает существование теплового источника партонов (КГП?) → требуется дальнейшее теоретич. описание



# ФЕНИКС – публикации лаборатории 2008

## Три персональных публикаций:

- V.Ryabov, Measurement of the light mesons by the PHENIX experiment at RHIC // J. Phys. G. -2008. -V.35. -P.044030
- Иванищев Д.А., Рябов В.Г., Рябов Ю.Г., Измерение легких скалярных мезонов через многочастичные каналы распада на эксперименте ФЕНИКС // Известия РАН. Серия физическая, -2008. -V.72. -P.766-772
- Иванищев Д.А., Рябов В.Г., Рябов Ю.Г., Рождение легких векторных мезонов в ядро-ядерных столкновениях на ускорителе RHIC, измеренное спектрометром PHENIX // Известия РАН. Серия физическая, -2008. -V.72. -P.1592-1598

## Шесть персональных работ принято к публикации:

- Иванищев Д.А., Рябов В.Г., Рябов Ю.Г.
  - ✓ 2 работы в “Вестник РАН”
  - ✓ 2 работы в “Ядерная Физика”
- Бердников Я.А., Иванищев Д.А., Рябов В.Г., Рябов Ю.Г., Самсонов В.М.
  - ✓ 3 работы в “Вестник СПбГПУ”

## Участие в 2-х коллаборационных публикациях:

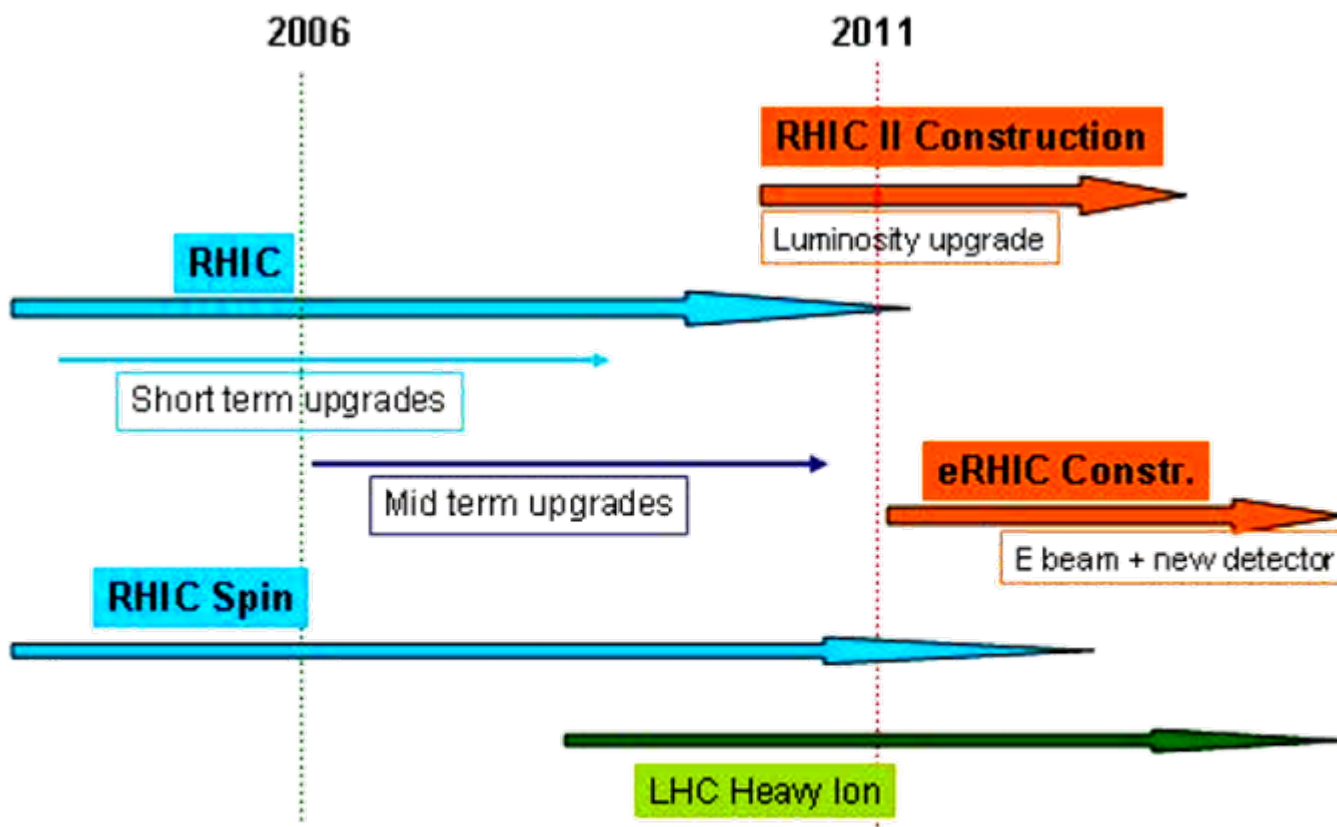
- PHENIX Collaboration, Suppression pattern of neutral pions at high transverse momentum in Au+Au collisions at  $\sqrt{s} = 200$  GeV and constraints on medium transport coefficients // Phys. Rev. Lett. -2008. -V.101. -P.232301
- PHENIX Collaboration, Quantitative constraints on the transport properties of the hot partonic matter from semi-inclusive single high transverse momentum pion suppression in Au+Au collisions at  $\sqrt{s} = 200$  GeV // Phys. Rev. C. -2008. -V.77. -P.0649

## Две коллаборационных публикации в стадии подготовки.

# Дальнейшие планы

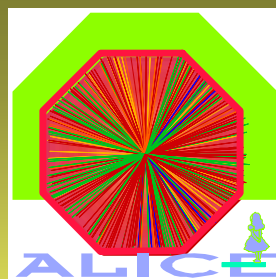
## ➤ Run-9:

- ✓ p+p, 500 ГэВ. Спиновая физика
- ✓ Au+Au, 200 ГэВ. Диэлектронные измерения после установки HBD (Hadron blind Detector)



**Mid Term Plan**



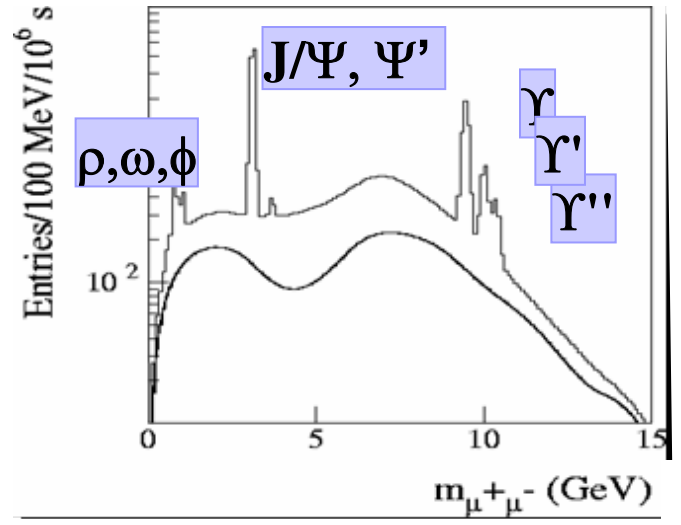
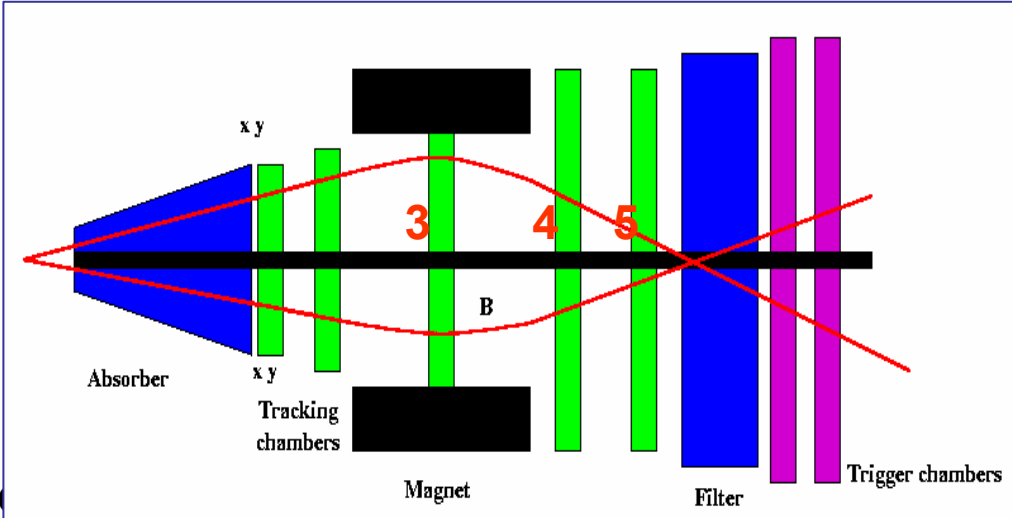
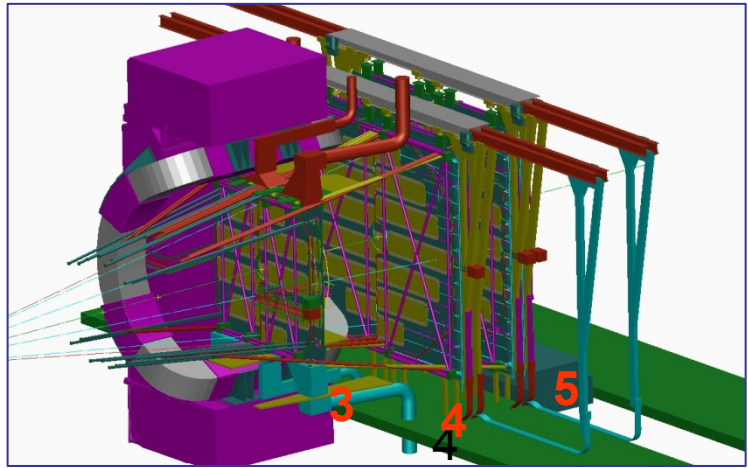
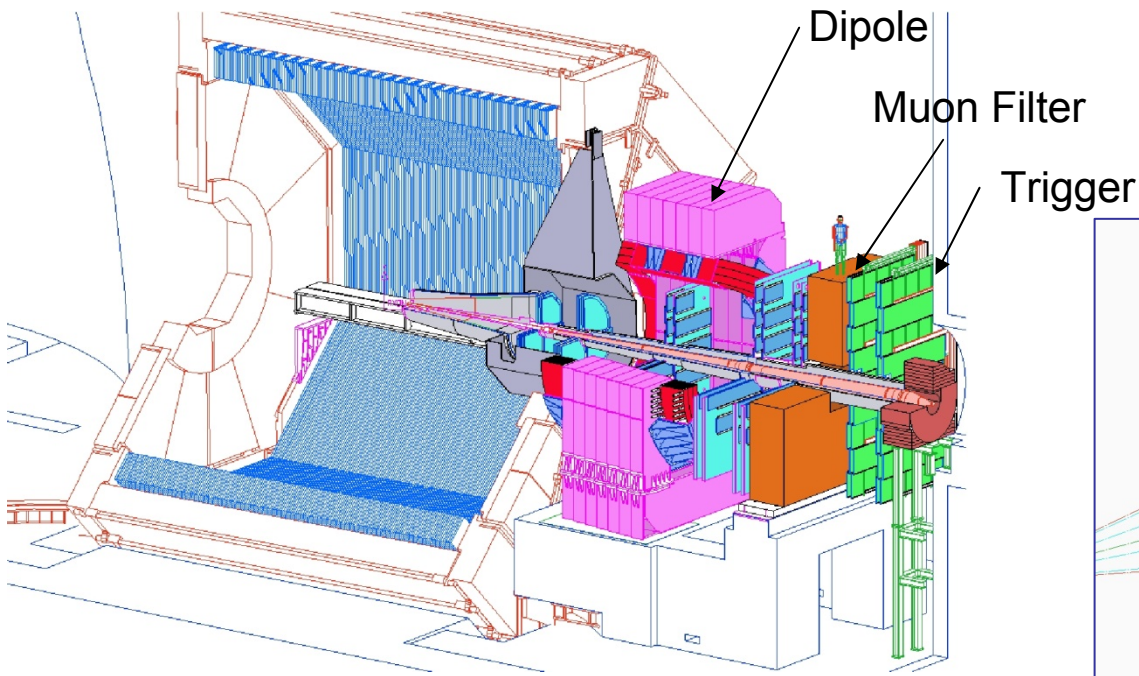


# Международный эксперимент ALICE



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

# Мюонный спектрометр



# Эксперимент ALICE: итоги 2008 года

## 1. Полностью завершено:

- Тестирование модулей трековых камер мюонного плеча ALICE;
- Сборка этих камер и установка их в каверне.

2. В настоящее время происходит **запуск камер в каверне**.  
Завершение работ ожидается в первом квартале 2009 г.

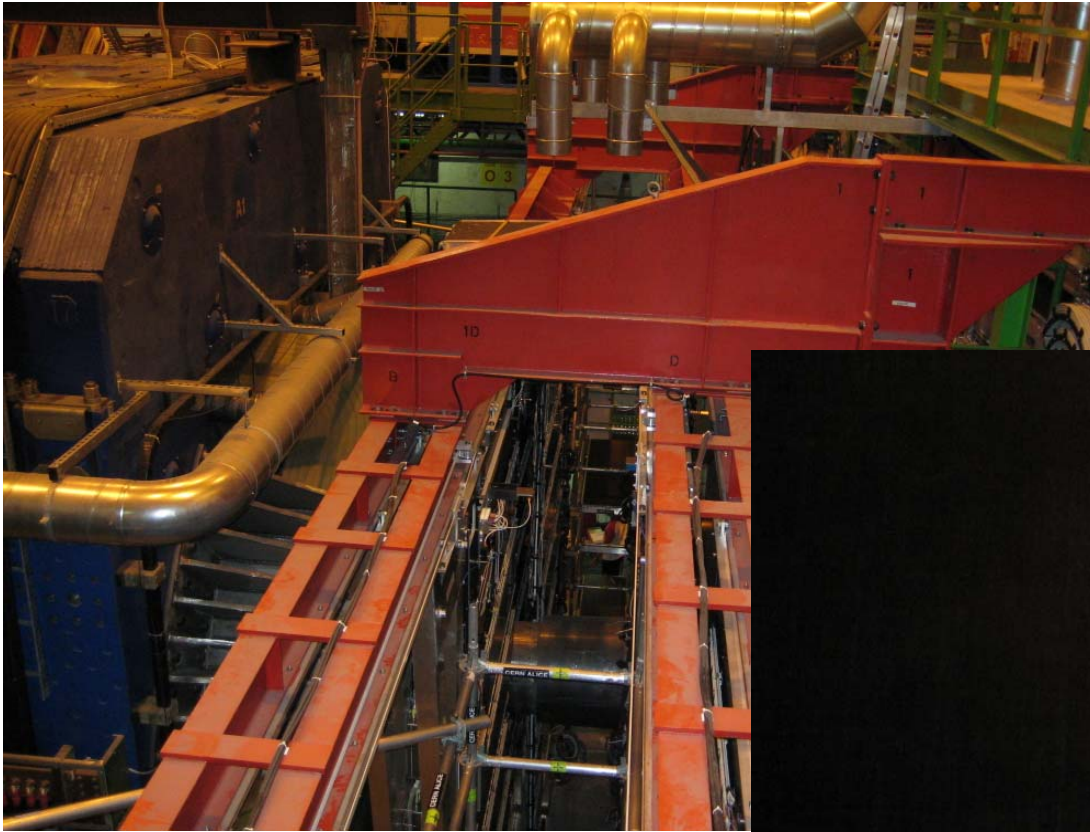
## Основные проблемы:

- Контакты
- Электронические шумы
- Дефектные источники низкого напряжения (Weiner)
- Неправильное заземление в камерах (кабели высокого и низкого напряжения)
- Неправильная экранировка в GMS
- Неправильная экранировка в вентиляции

3. Трековая система мюонного плеча была успешно интегрирована в глобальную систему съема информации (DAQ) и систему управления детекторами (DCS)

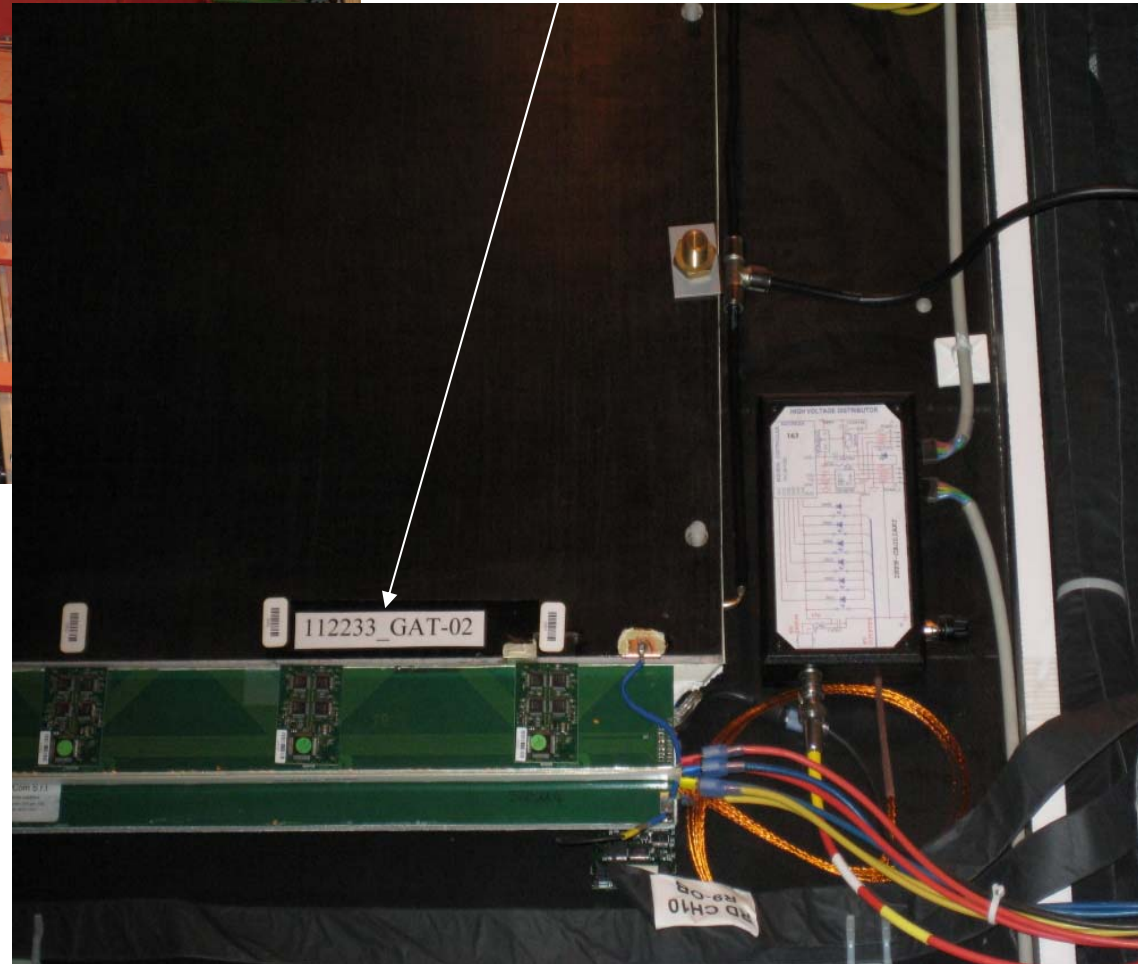
4. Проведены первые **испытания детектора на космических лучах**, зарегистрированы первые треки.

# Эксперимент ALICE: ввод в строй детектора



Трековая система мюонного плеча эксперимента ALICE; вид сверху на подвеску камер

Модуль трековой камеры, изготовленный в ПИЯФ (GAT) в каверне

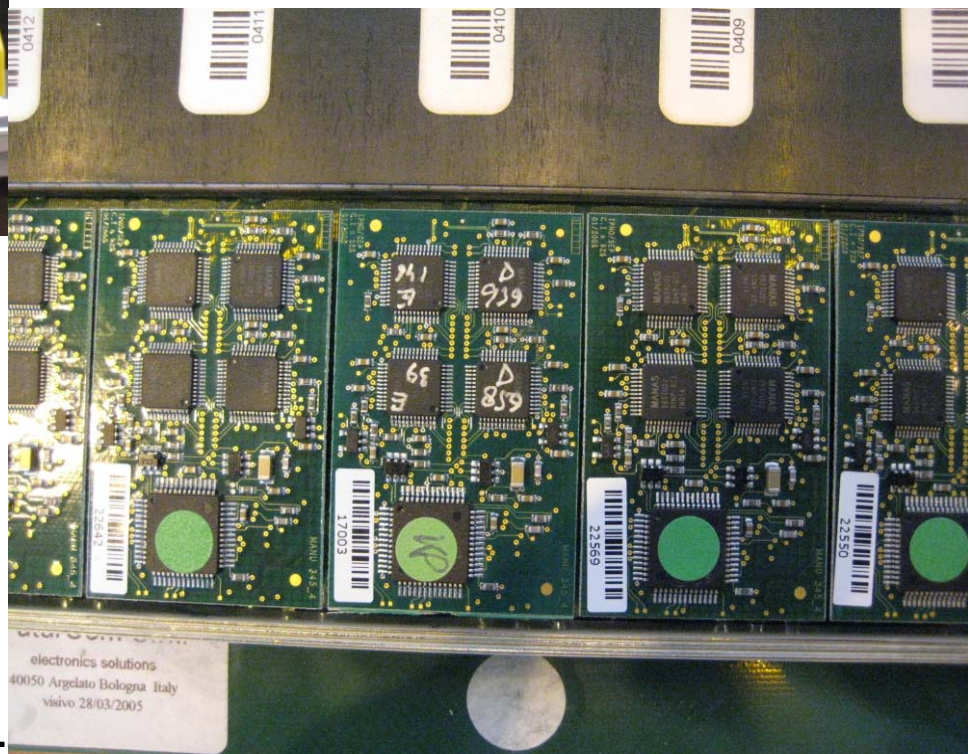


# Эксперимент ALICE: ввод в строй детектора



Ремонт трекового модуля

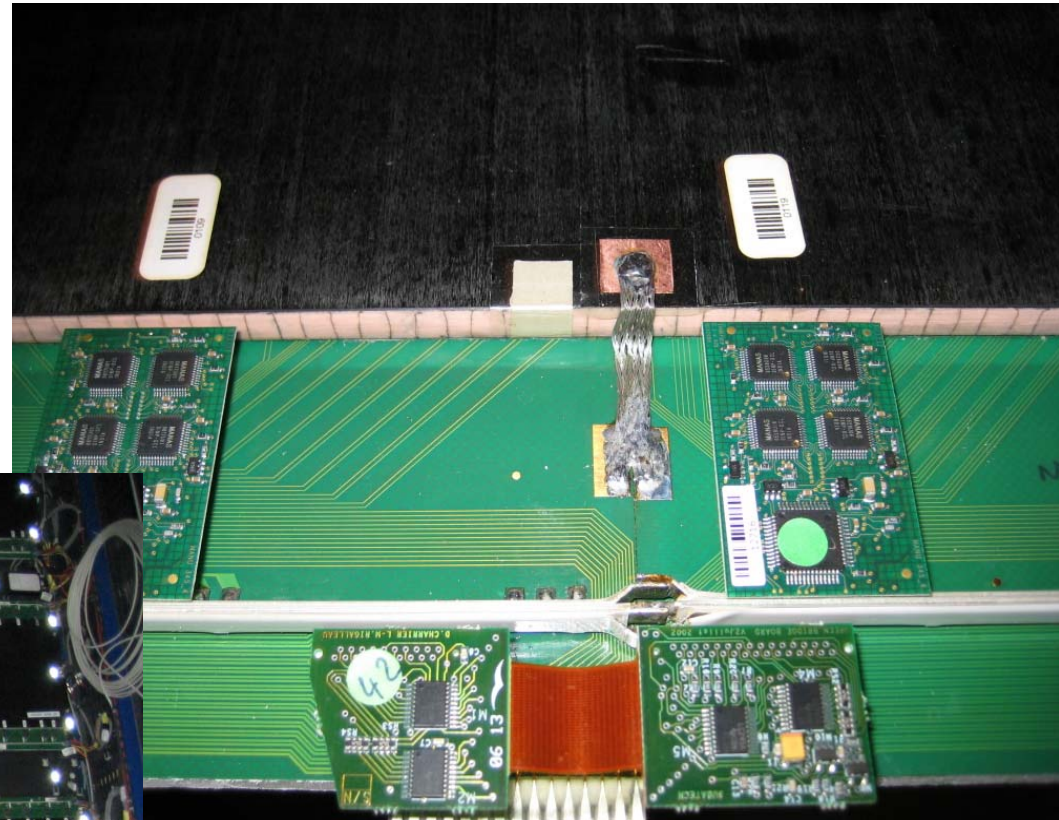
Детекционная электроника. Каждая карта содержит 64 канала с 12-битным (4096 каналов) измерением амплитуды





# Эксперимент ALICE: ввод в строй детектора

Общий вид трековой камеры в каверне. Конический объект в центре – защита пучка (сталь/вольфрам/свинец). Яркие пятна – оптические метки для фотограмметрии.



Деталь трекового модуля, где видны традиционно-проблемные точки дктектора - заземления, шины питания низкого напряжения, карты электроники, электроника трансляции сигналов.

# Эксперимент ALICE: ввод в строй детектора

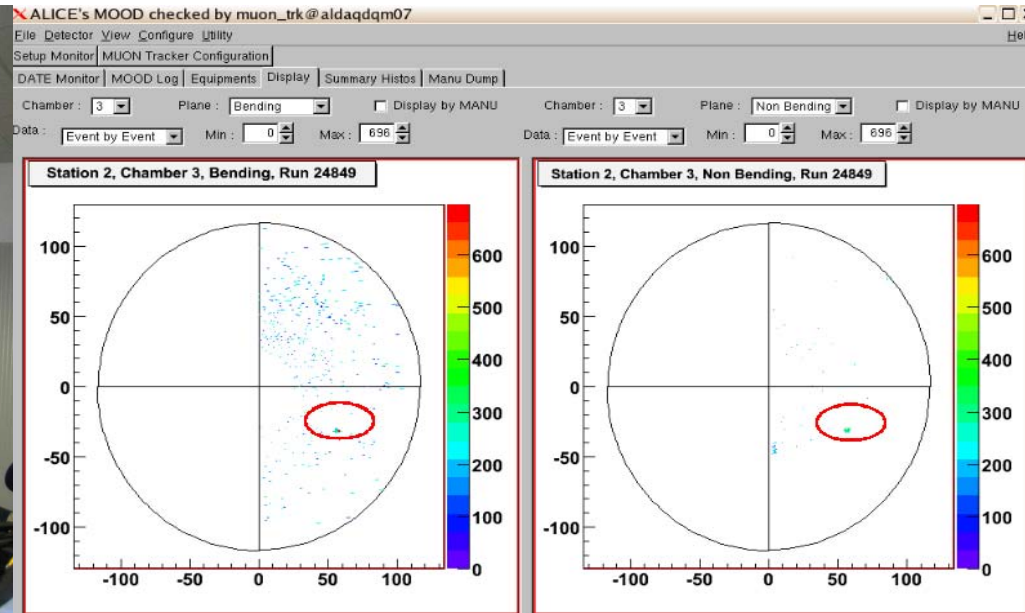


Подключение плоских кабелей шин данных к системе сбора информации.

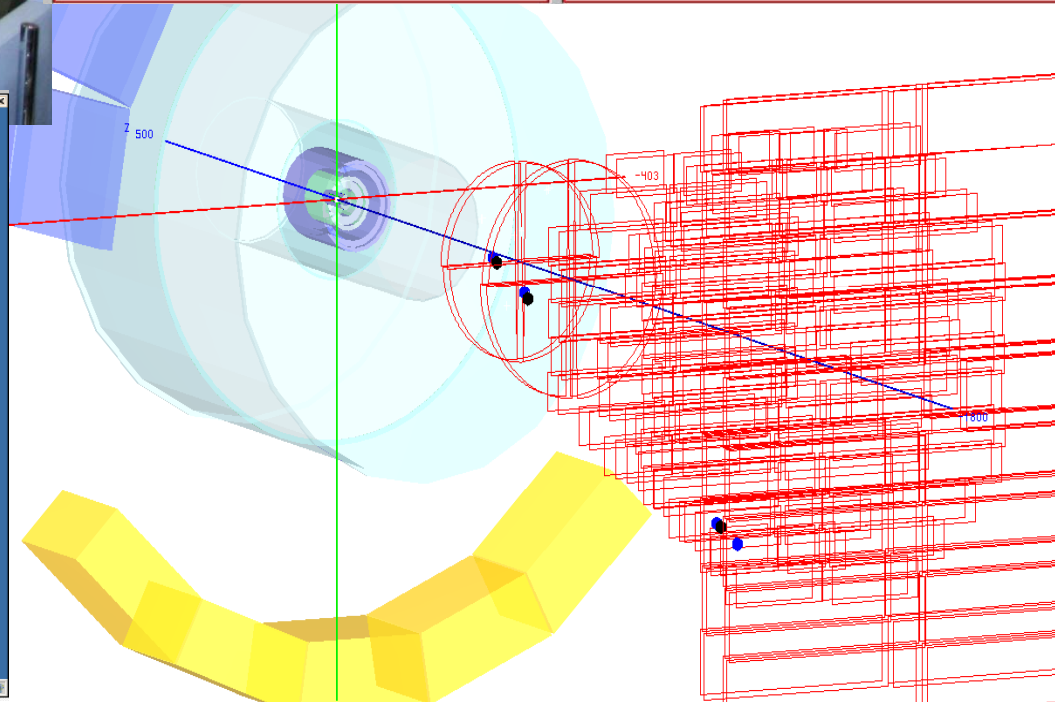
Работа в каверне у камеры  
(высота – до 6 метров)

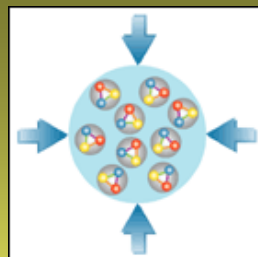


# Эксперимент ALICE: тест с космикой

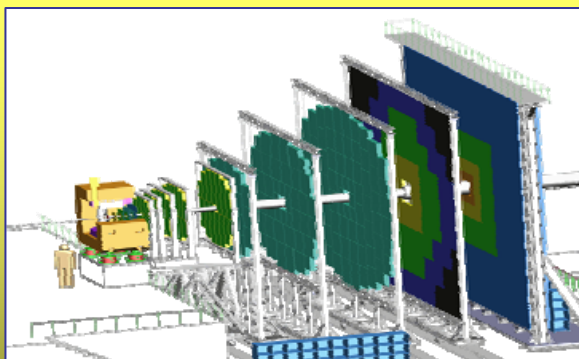


A screenshot of the MUON TRACKING CHAMBERS - Detector View control panel. The interface displays various status indicators and control buttons for different detector components. The top section shows "MCLDCS" and "MCLDRE" status. Below, there are sections for "MCLDRE\_RUN" and "MCLDRE\_STOP". The bottom section shows a grid of "Pack" status indicators for various detector components, including "Pack C00", "Pack C01", "Pack C02", "Pack C03", "Pack C04", "Pack C05", "Pack C06", "Pack C07", "Pack C08", "Pack C09", "Pack C10", "Pack C11", "Pack C12", "Pack C13", "Pack C14", "Pack C15", "Pack C16", "Pack C17", "Pack C18", "Pack C19", "Pack C20", "Pack C21", "Pack C22", "Pack C23", "Pack C24", "Pack C25", "Pack C26", "Pack C27", "Pack C28", "Pack C29", "Pack C30", "Pack C31", "Pack C32", "Pack C33", "Pack C34", "Pack C35", "Pack C36", "Pack C37", "Pack C38", "Pack C39", "Pack C40", "Pack C41", "Pack C42", "Pack C43", "Pack C44", "Pack C45", "Pack C46", "Pack C47", "Pack C48", "Pack C49", "Pack C50", "Pack C51", "Pack C52", "Pack C53", "Pack C54", "Pack C55", "Pack C56", "Pack C57", "Pack C58", "Pack C59", "Pack C60", "Pack C61", "Pack C62", "Pack C63", "Pack C64", "Pack C65", "Pack C66", "Pack C67", "Pack C68", "Pack C69", "Pack C70", "Pack C71", "Pack C72", "Pack C73", "Pack C74", "Pack C75", "Pack C76", "Pack C77", "Pack C78", "Pack C79", "Pack C80", "Pack C81", "Pack C82", "Pack C83", "Pack C84", "Pack C85", "Pack C86", "Pack C87", "Pack C88", "Pack C89", "Pack C90", "Pack C91", "Pack C92", "Pack C93", "Pack C94", "Pack C95", "Pack C96", "Pack C97", "Pack C98", "Pack C99", "Pack C100".



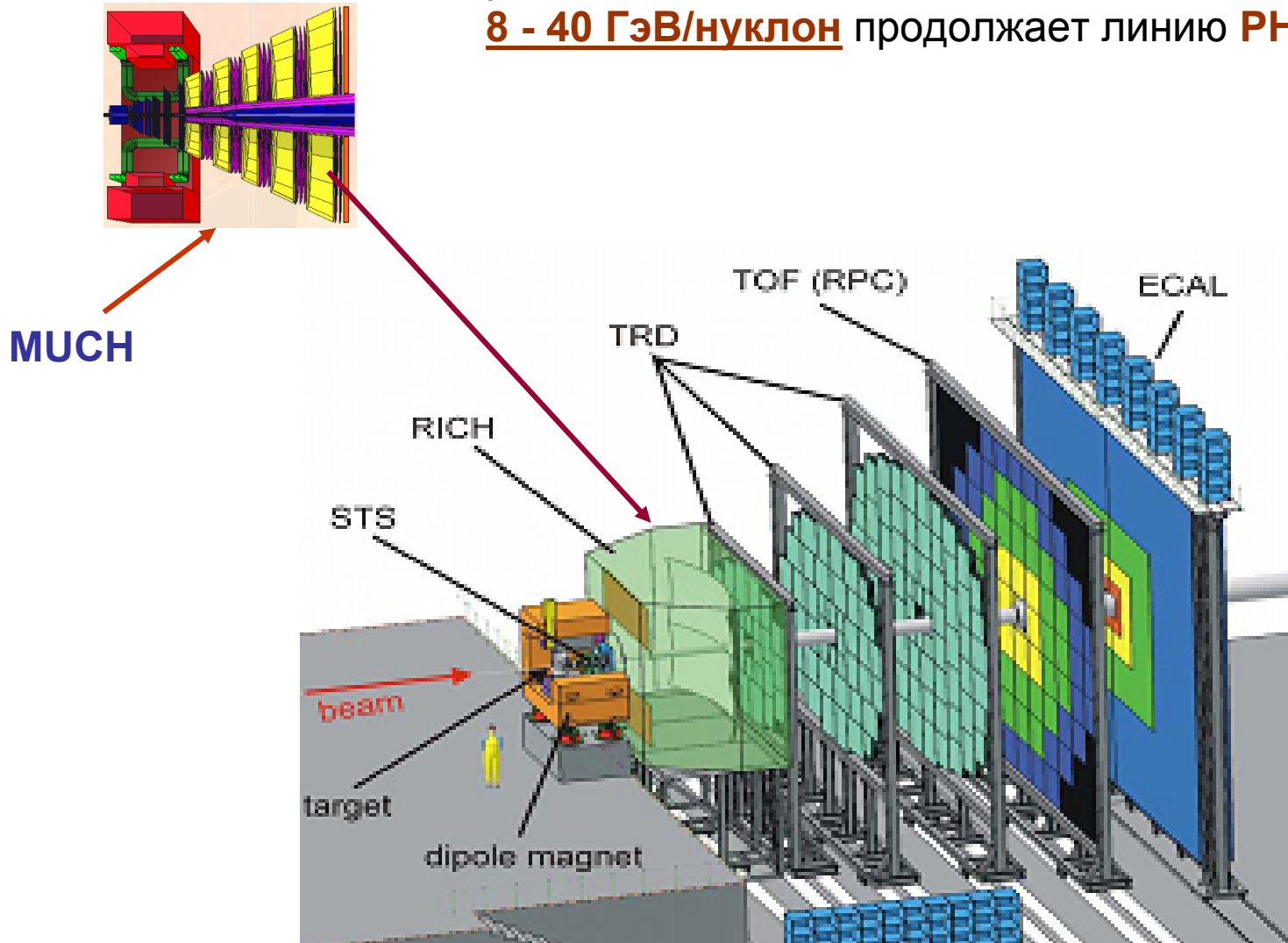


## Международный эксперимент CBM (GSI, Германия)



The CBM collaboration includes 400 collaborators from 52 different institutes from 15 countries.

**CBM** (**C**ompressed **B**aryonic **M**atter) – эксперимент, планируемый на выведенном пучке ядер ускорительного комплекса **FAIR** (GSI) с энергией **8 - 40 ГэВ/нуклон** продолжает линию **PHENIX, ALICE**

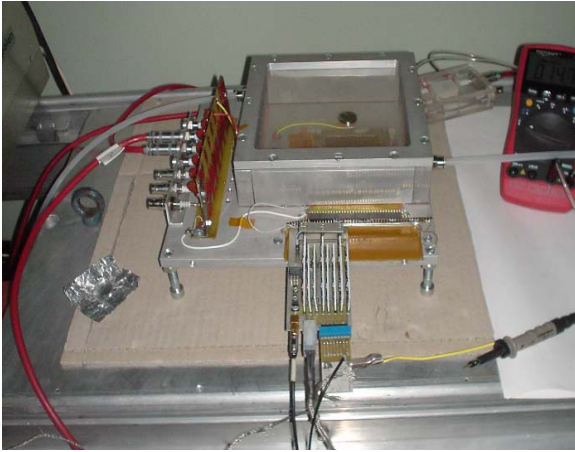


## Участие ПИЯФ в СВМ (2008 г.):

1. В мюонной системе **MUCH**
  - оптимизация абсорбера и трековой системы
  - R&D базовых трековых детекторов
  - проектирование трековой системы **MUCH**
2. В детекторе **RICH** - дизайн механики
3. В детекторе **TRD** – R&D трековых детекторов на основе **straw**
5. Обсуждается участие в системах газоснабжения
6. Обсуждается участие в разработке и производстве электроники

### Участники эксперимента:

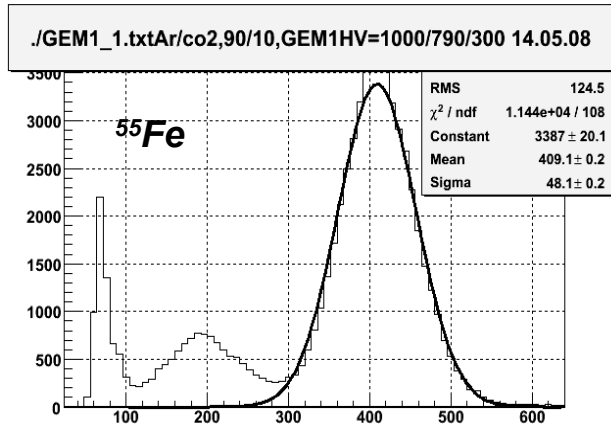
Е.Взнуздаев, В.Евсеев, В.Иванов, Б.Комков, Е.Крышень, Л.Кудин,  
В.Никулин, Е.Рощин, Г.Рыбаков, В.Самсонов, О.Тарасенкова,  
А.Ханзадеев



Для проведения R&D по выбору базового детектора трековой системы MUCH создан стенд и несколько прототипов на базе GEM, MICROMEGAS и их комбинаций.

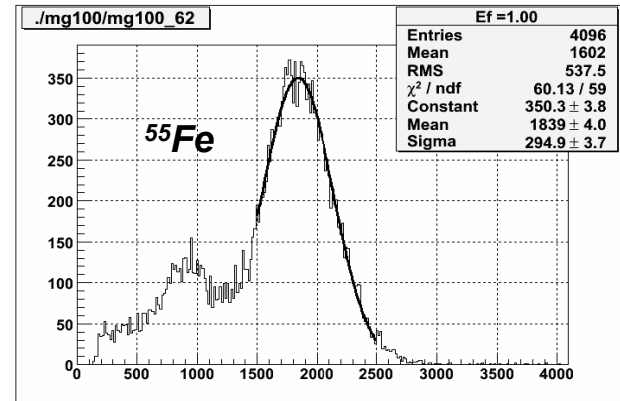
Параметры, полученные на прототипах повторяют приводимые в литературе

### GEM

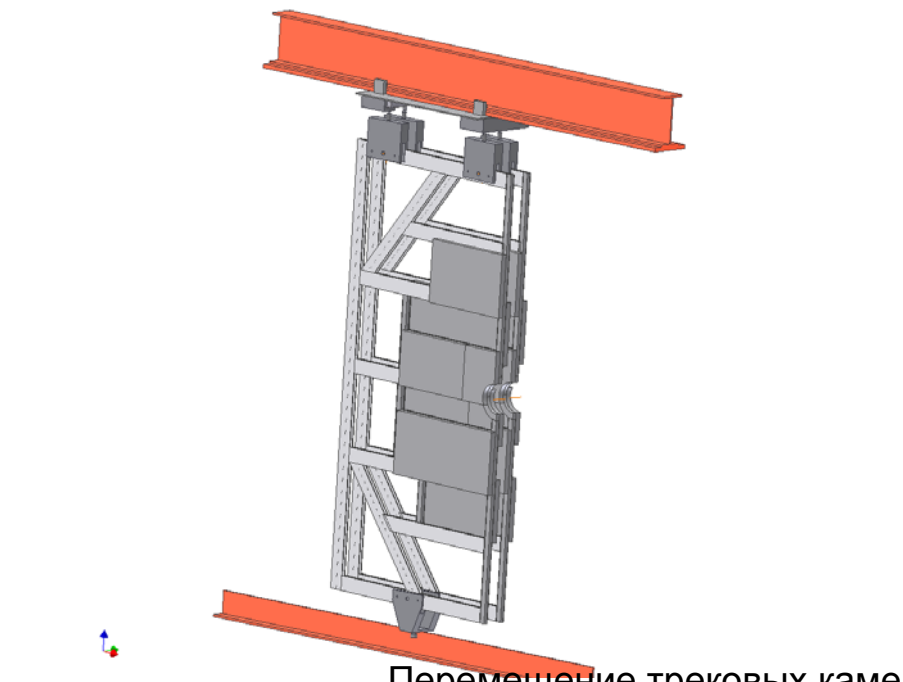
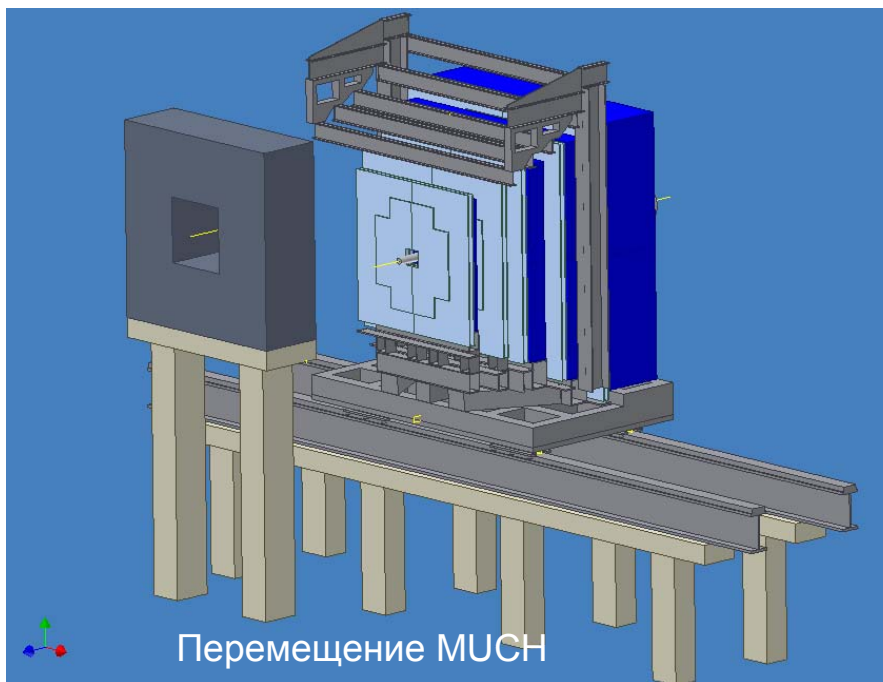
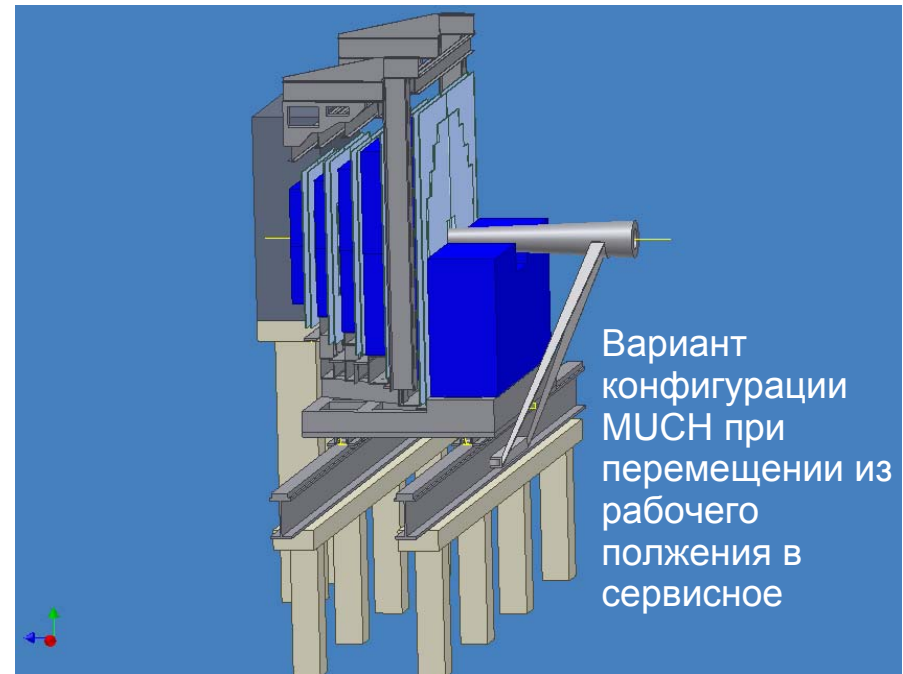
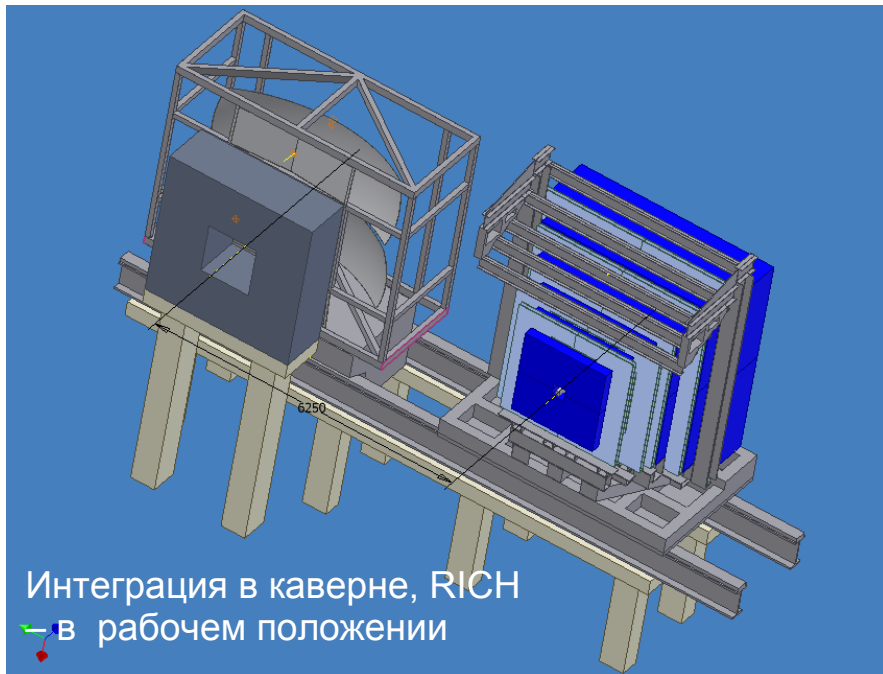


энергетическое разрешение ~12%

### MICROMEGAS



Пример амплитудного спектра  
(энергетическое разрешение ~15%)





## Планы на 2009 г.

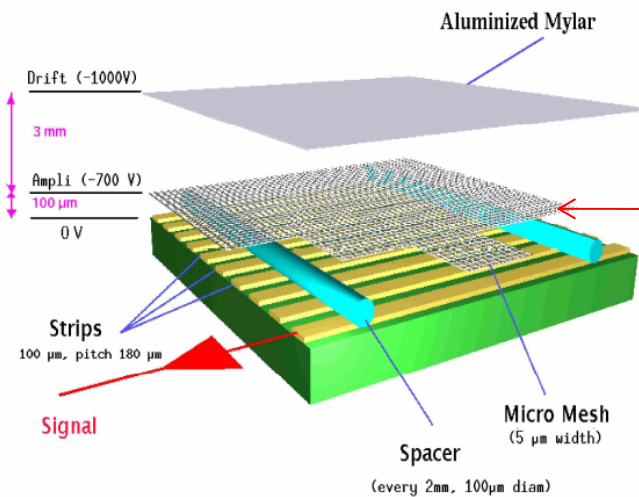
- Продолжить оптимизацию мюонного детектора MUCN
- Формулирование окончательных требований на гранулярность и пространственное разрешение базовых детекторов трековой системы MUCN
- Формулирование требований на front-end электронику
- Проектирование и создание прототипов базовых детекторов для испытаний на пучке
- Испытание прототипов на пучке

Декабрь 2008, сессия ОФВЭ

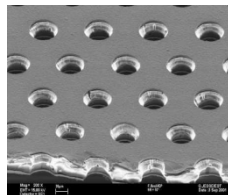
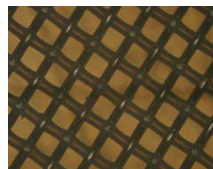
**ЛРЯФ**

**Спасибо за внимание**

# Принцип устройства Mikromesh/GEM детекторов



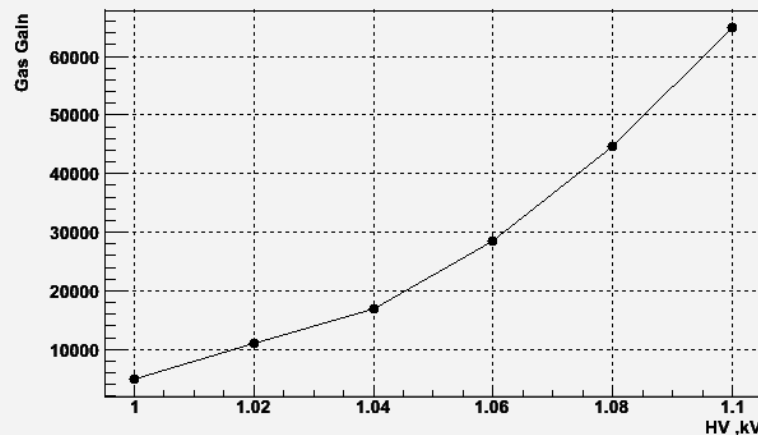
**Mikromesh**



**GEM**

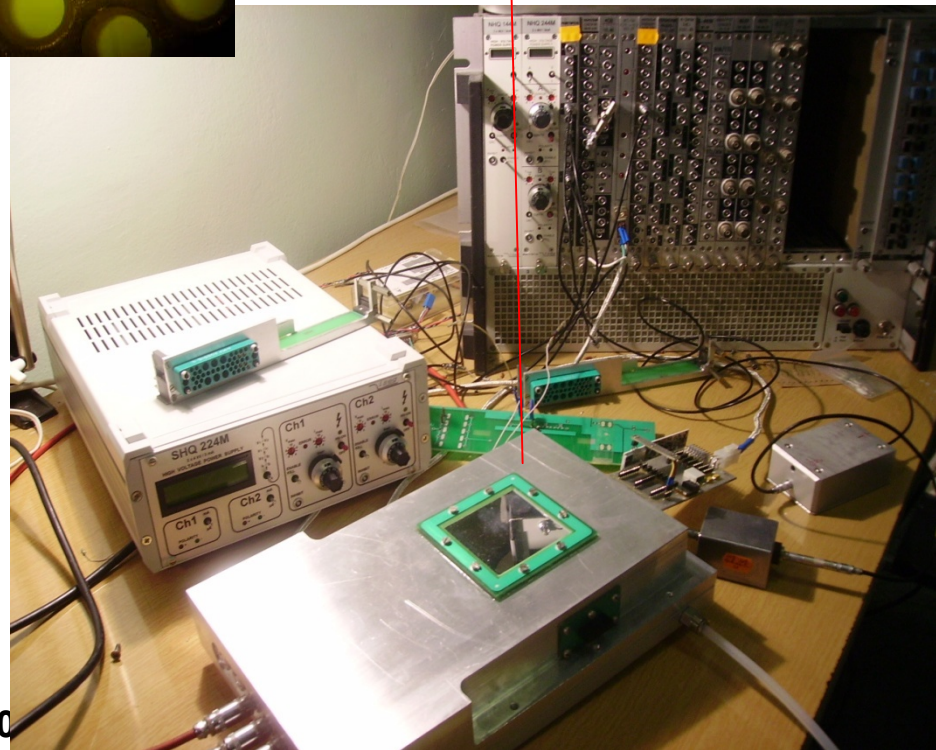
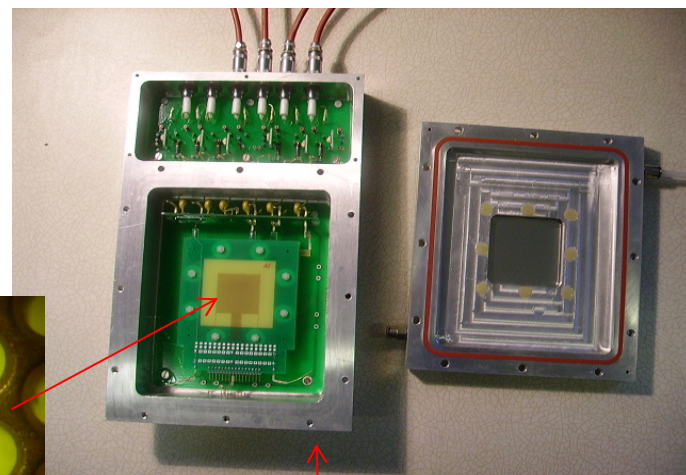
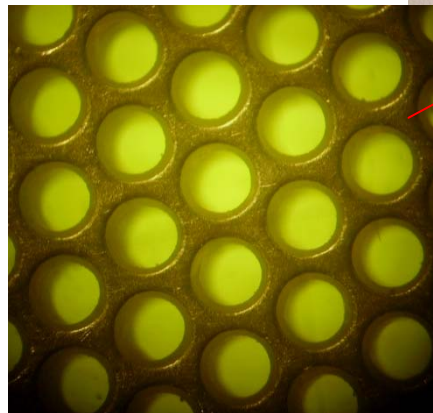
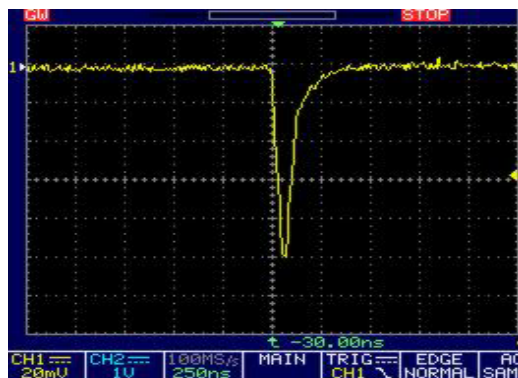
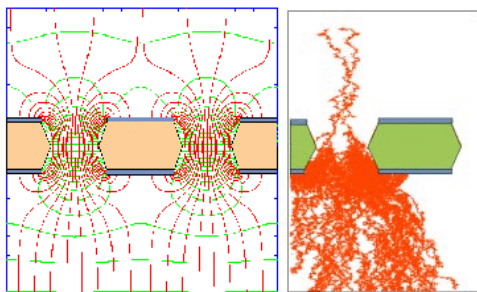


Испытательный стенд  
микромегас детекторов



Зависимость газового усиления  
от величины высокого напряжения

# Испытания прототипа *TGEM* детектора



RA source:  $\text{Fe}^{55}$

Gas mixture: He-80%;  $\text{CO}_2$ -20%

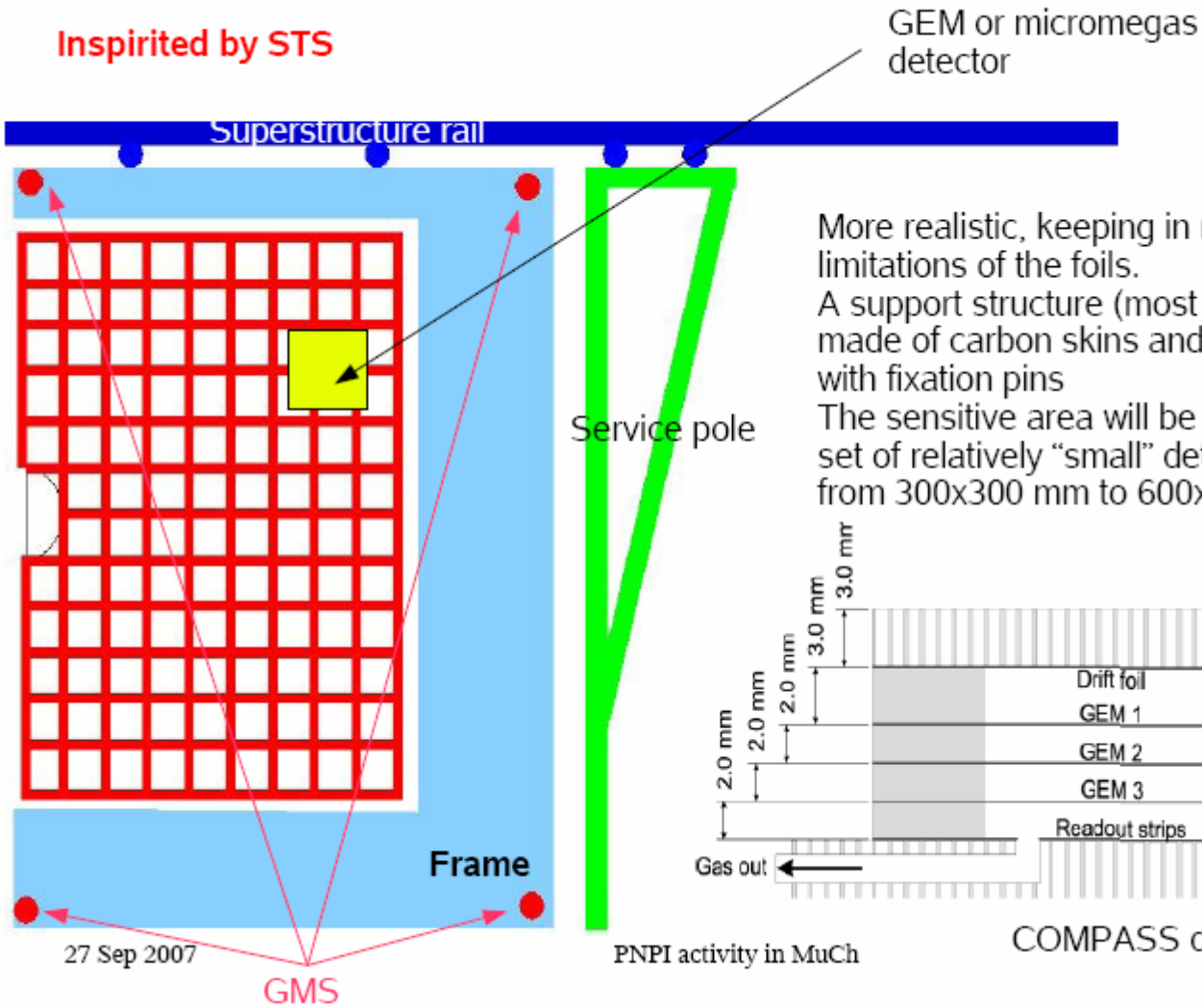
$U_g=2.05$  kV

$U_{sg}=100$  mV;

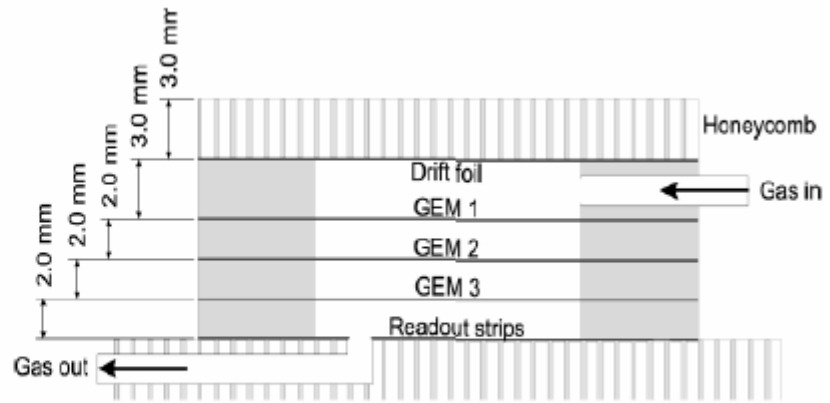
$T_{sg}=35$  ns FWHM;

# Возможный вариант конструкции камер на основе Micromesh/GEM модулей

Inspired by STS



More realistic, keeping in mind size limitations of the foils.  
 A support structure (most likely a grid made of carbon skins and honeycomb) with fixation pins  
 The sensitive area will be covered with a set of relatively "small" detectors (size of from 300x300 mm to 600x600 mm)



PNPI activity in MuCh

COMPASS design

14