

Лаборатория релятивистской ядерной физики в 2007 году

ОФВЭ, ПИЯФ РАН

В. Самсонов

- О лаборатории
- PHENIX-2007 (BNL, США)
- CBM-2007 (GSI, Германия)
- ALICE-2007 (CERN, Швейцария)
- Планы на будущее

Лаборатория релятивистской ядерной физики

Состав лаборатории в 2007 году

Вед.научн.сотрудник	1+1/2 (дфм)
Старш.научн.сотрудник	5+1/2 (канд. ф.-м. наук)+1 (б/степени)
Научн.сотрудник	1 (канд. ф.-м. наук)
Аспирант	1
Соискатель	1 (без ставки)
Стажер-исследователь	1
Студент	2 (без ставки)
Вед. инженер	7
Механик	1+1 (1/2 ставки)
Лаборанты, монтажницы	5
Всего:	29 человек (24,5 ставок)

Публикации 2007 года

•Phys.Rev.Lett.	10 (publ.)	PHENIX
•Phys.Rev. C	4 (publ.)	PHENIX
•Phys.Rev. D	2 (publ.)	PHENIX
•Phys.Rep.	1 (subm.)	Обзор
•CBM Stat.Rep.2006	1 (publ.)	CBM

Всего: 17(publ.)+1 (subm.)

Анализ данных ФЕНИКС- публикации

По результатам анализа опубликовано (или находятся в подготовке):

5 персональных публикаций:

- V.Ryabov , Measurement of the multi-hadron decays of ω , K_0^S and η -mesons in heavy ion collisions at 200 AGeV in the PHENIX experiment at RHIC, International Journal of Modern Physics E, Volume: 16, Issue: 7/8, Page. 1864 – 1869, 2007
- V.Riabov, Measurement of the light mesons by the PHENIX experiment at RHIC, accepted by J. Phys. G (Nucl. Part. Phys.)
- Рябов Ю. Г., Рябов В. Г., Д.Иванищев, Рождение легких векторных мезонов в ядро-ядерных столкновениях на ускорителе RHIC, измеренное спектрометром PHENIX, принята к публикации в “Известия РАН, физическое отделение”
- Рябов Ю. Г., Рябов В. Г., Д.Иванищев, Измерения легких скалярных мезонов через многочастичные каналы распадов на эксперименте PHENIX на коллайдере RHIC, принято к публикации в “Известия РАН, физическое отделение”
- Yu.Riabov, Measurement of leptonic and hadronic decays of ω и ϕ -mesons at RHIC by PHENIX, Journal of Physics G, v.34, 925, 2007

2 коллаборационных публикации:

- By PHENIX Collaboration, Production of ω - mesons at Large Transverse Momenta in p + p and d + Au Collisions at 200 AGeV, Phys.Rev.C75:051902, 2007
- By PHENIX Collaboration, High transverse momentum η - meson production in p+p, d+Au and Au+Au collisions at 200 AGeV, Phys.Rev.C75:024909, 2007

Участие в 3-х IRC (Internal Review Commitee)

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/ψ and Υ production as well as in high t ρ^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

Доклады 2007 года

Ядро-2007

(Июнь, 2007, Воронеж)

- Ю.Рябов, “Рождение легких векторных мезонов в ядро-ядерных столкновениях на ускорителе RHIC, измеренное спектрометром PHENIX.”
- Д.Иванищев, “Измерение легких скалярных мезонов через многочастичные каналы распада на эксперименте ФЕНИКС на коллайдере RHIC.”
- А.Киселева и др., “Исследование векторных мезонов в эксперименте CBM на ускорителе FAIR/GSI ”

Конференции секции ядерной физики ОФН РАН

(26-30 ноября 2007, ИТЭФ, Москва)

- В.Рябов, “Эксперимент ФЕНИКС. Последние результаты ”

Защита кандидатской диссертации

- Ю.Рябов, «Рождение легких векторных мезонов в ядро - ядерных столкновениях на коллайдере RHIC при энергиях $\sqrt{s} = 63$ и 200 ГэВ»

Доклады 2007 года

**Strange Quark Matter 2007
(June, 2007, Levoca, Slovakia)**

V. Ryabov, “Measurements of the light mesons by the PHENIX experiment at RHIC ”

**CBM Collaboration Meeting
(February 27-March 2, 2007, GSI, Darmstadt)**

A. Kiseleva, “Vector meson simulations ($\mu+\mu^-$ pairs)”

E. Kryshen, “Hyperon identification with the STS”

V. Nikulin, “R&D for MuCh at PNPI”

**CBM Collaboration Meeting
(September 25-28, 2007, Dresden)**

A. Kiseleva, “Muon identification with realistic detector layout”

V. Nikulin “MuCh activity at PNPI”

L. Kudin “The first experience with THGEM at PNPI”

Лаборатория релятивистской ядерной физики

Финансовое обеспечение в 2006 году

Тема «БАК-АЛИСА» (Минобрнаука)	2000 тыс.руб.
Тема «РАН»	1000 тыс.руб.

Визиты:

ЦЕРН (АЛИСА)	80 кCHF (Минобрнаука)
	+16 кCHF (ЦЕРН)
БНЛ (ФЕНИКС)	50 к\$ (Минобрнаука)
	+ 36 к\$ (БНЛ)

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

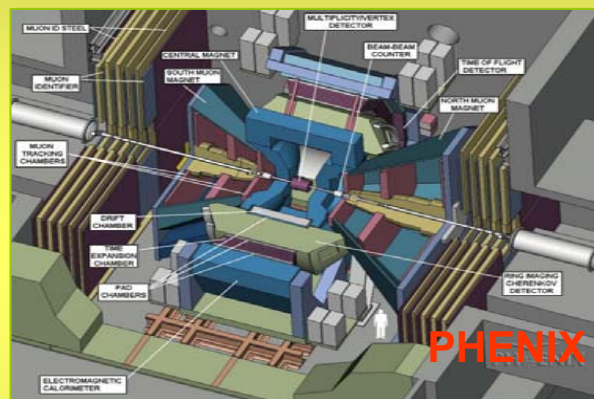
INTAS-GSI Grant
**“Development of a Muon Detection System
for Compressed Baryonic Matter Experiment”**

EU FP7 (Call)
” Hadron Physics”

INTAS YSF Grant
E. Kryshen

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

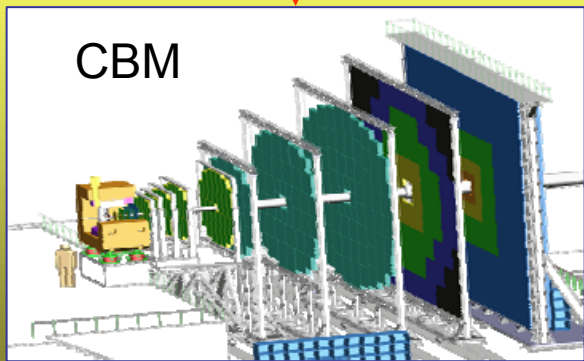
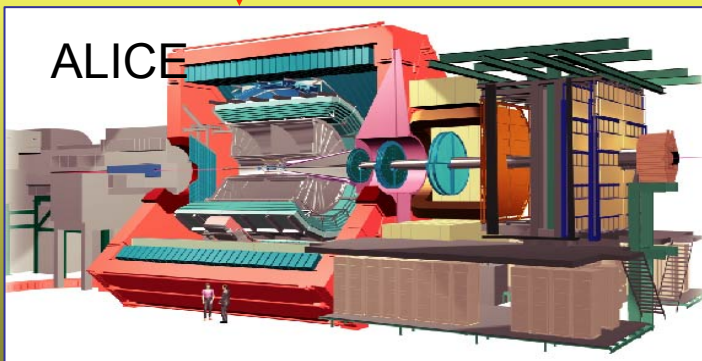
Программа ЛРЯФ исследований включает участие в международных экспериментах:



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/фм³,

низкая плотность барионов -

→ Кварк-Глюонная Плазма

→ Ранняя Вселенная

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

Энергия - (7-40)A ГэВ

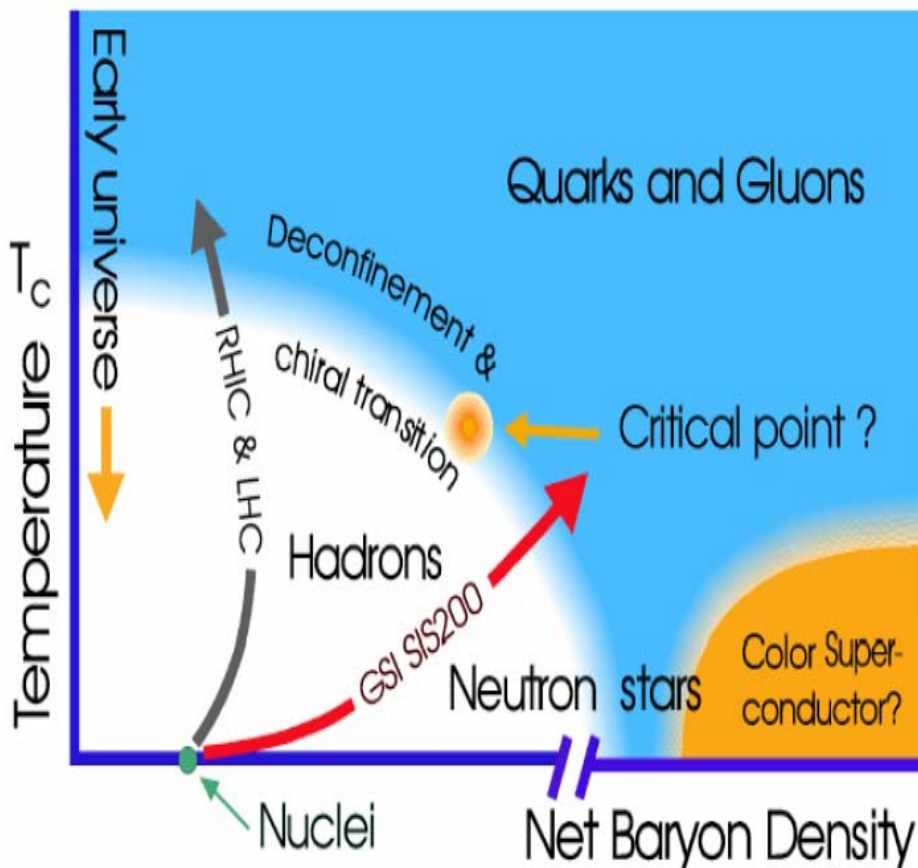
CBM – низкая

температура, высокая барионная
плотность – (5-10) ρ

→ Нейтронные Звезды,

→ Кварковая Плазма

→ Цветовая Сверхпроводимость



ПИЯФ в эксперименте ФЕНИКС (сейчас)

- Сопровождение дрейфовых камер эксперимента
- Участие в эксперименте, наборе данных
- Участие в обработке экспериментальных данных

Участники эксперимента:

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

Обслуживание ДК (2007)

- Программа моделирования работы ДК (slow simulator) :
 - Создана на базе пакета Garfield;
 - Полностью моделирует все процессы регистрации ионизирующего излучения (расчет 2D электрических полей, ионизации, дрейфа электронов, газового усиления, отклика электроники, дискриминации по порогу);
 - Использует ~ 20 процессоров для параллельной обработки;
 - Позволяет с большой точностью описать базовые характеристики детектора, такие как пространственное разрешение и эффективность;
 - Позволил найти более оптимальные режимы работы ДК, обеспечивающие более высокую стабильность работы при сохранении базовых характеристик;
- **Совершенствование системы управления высоким напряжением ДК (2 x 368 каналов)**
- **Калибровка ДК с использованием временных спектров и прямолинейных треков**
- **Система мониторинга качества данных, поступающих с детектора**

Участие в эксперименте:

- Смены
- Плановые ремонты и обслуживание

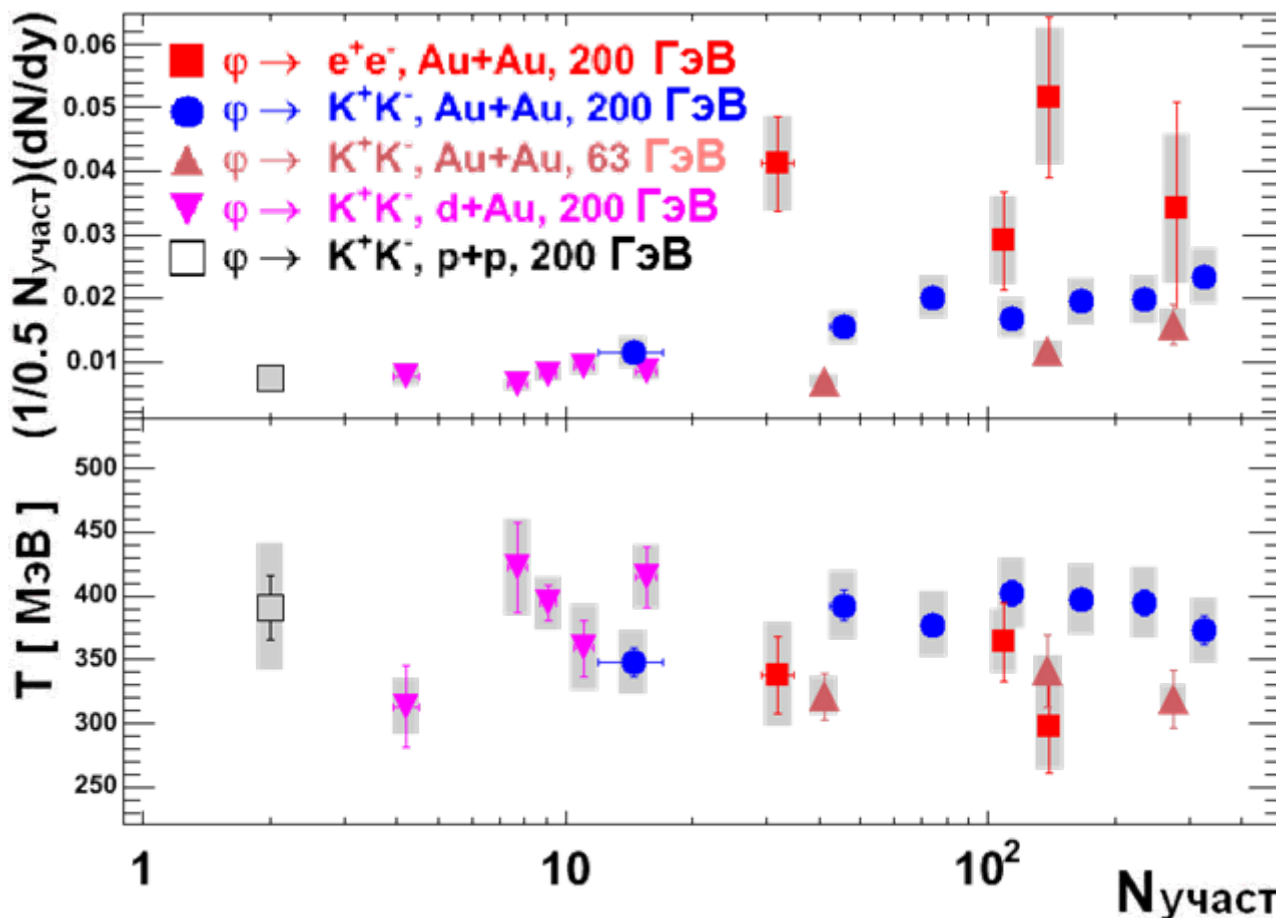
Анализ данных

- Отбор данных высокого качества, определение средних характеристик детекторных подсистем, настройка параметров Монте-Карло
- Продолжение анализа данных с целью изучения характеристик легких мезонов в адронных и лептонных каналах распада (p+p, d+Au, Au+Au):
 - $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$
 - $\eta \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$
 - $\eta' \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$
 - $\phi \rightarrow K^+K^-$, $\phi \rightarrow e^+e^-$
 - $\omega \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-$, $\omega \rightarrow \pi^0\gamma$, $\omega \rightarrow e^+e^-$
 - $K_s^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$

Мотивация:

1. Измерения легких векторных мезонов в адронных и лептонных каналах распада - инструмент исследования признаков частичного восстановления киральной симметрии в столкновениях тяжелых релятивистских ядер;
2. η , η' , ω , ϕ , K_s^0 - мезоны являются важной компонентой для расчета электронных и фотонных коктейлей, используемых в ФЕНИКС для измерения выхода прямых фотонов, $e^{+/-}$ от c и b - кварков;
3. Измерение факторов ядерной модификации для мезонов с различной массой позволяет провести систематическое изучение зависимости степени подавления выхода от массы и кваркового состава мезонов;
4. Измерение относительного выхода векторных и скалярных мезонов (ω/π^0) при больших p_T несет информацию об механизмах образования связанных $q-q\bar{q}$ состояний;

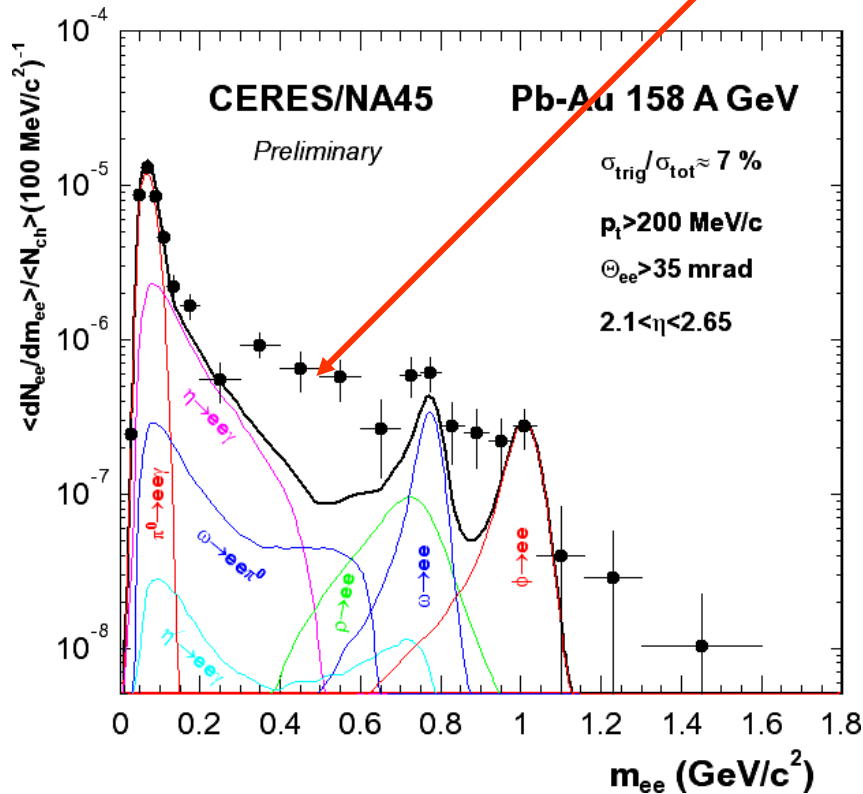
Интегральный выход и T (ϕ - мезона)



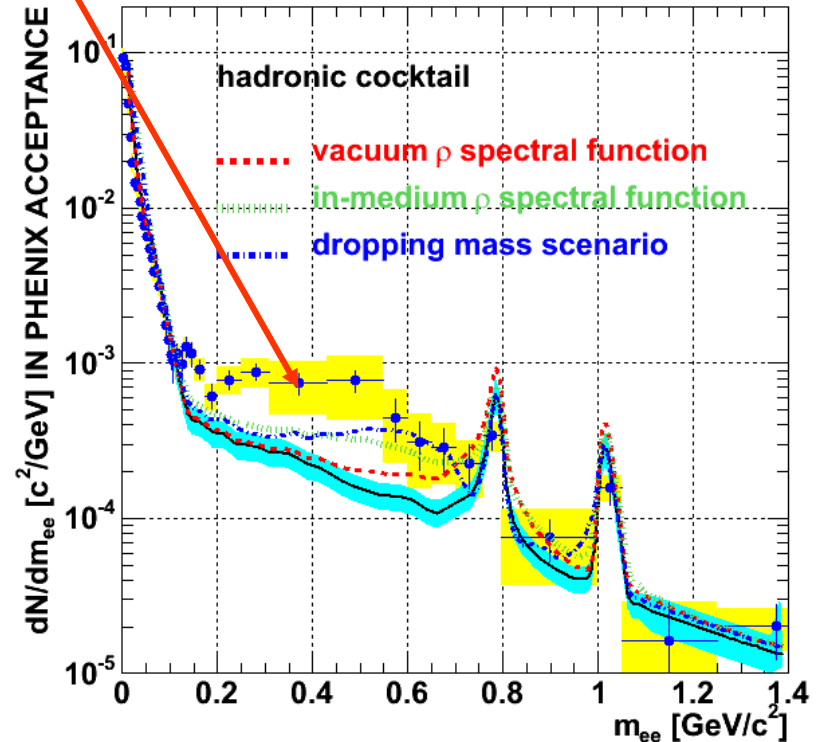
- Измерения T показывают, что достигаются температуры, предсказанные для образования КГП;
- Киральная симметрия: превышение интегрального выхода в e^+e^- над K^+K^- -но, требуются более точные измерения в лептонном канале.

Модификация внутри среды КГМ векторных мезонов?

submitted to Phys. Rev. Lett
arXiv:0706.3034



minimum bias Au+Au @ $\sqrt{s} = 200 \text{ GeV}$



PHENIX

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

Цель: Согласно предсказаниям КХД при температуре взаимодействующей системы ~ 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 ($dN_g/du \sim 1000$, $\langle q \rangle \sim 14$ ГэВ²/фм, $\varepsilon > 15$ ГэВ/фм³):

- ✓ 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):

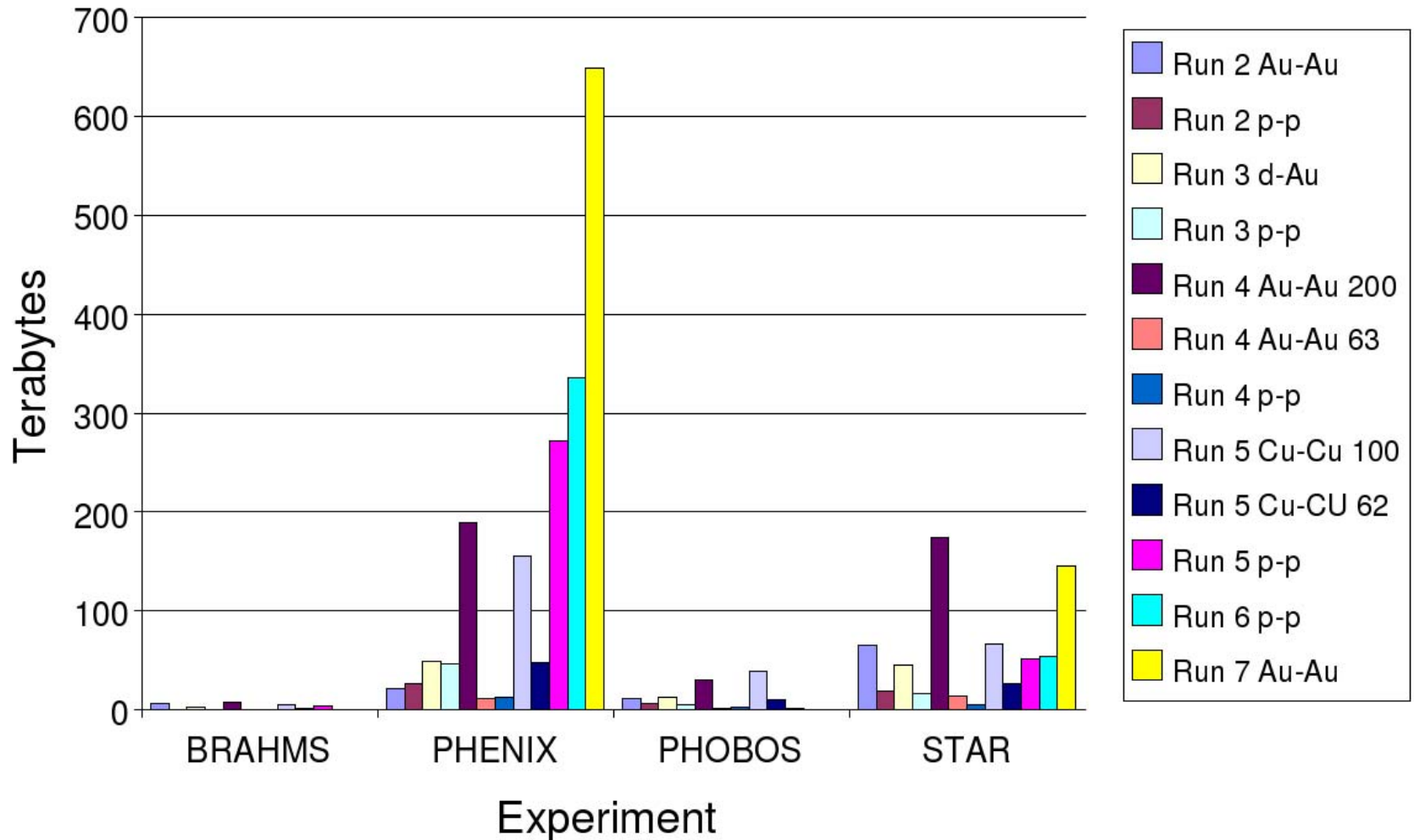
- ✓ Тепловые фотоны

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

Raw Data Collected in RHIC Runs



Будущее RHICa: RHIC-II

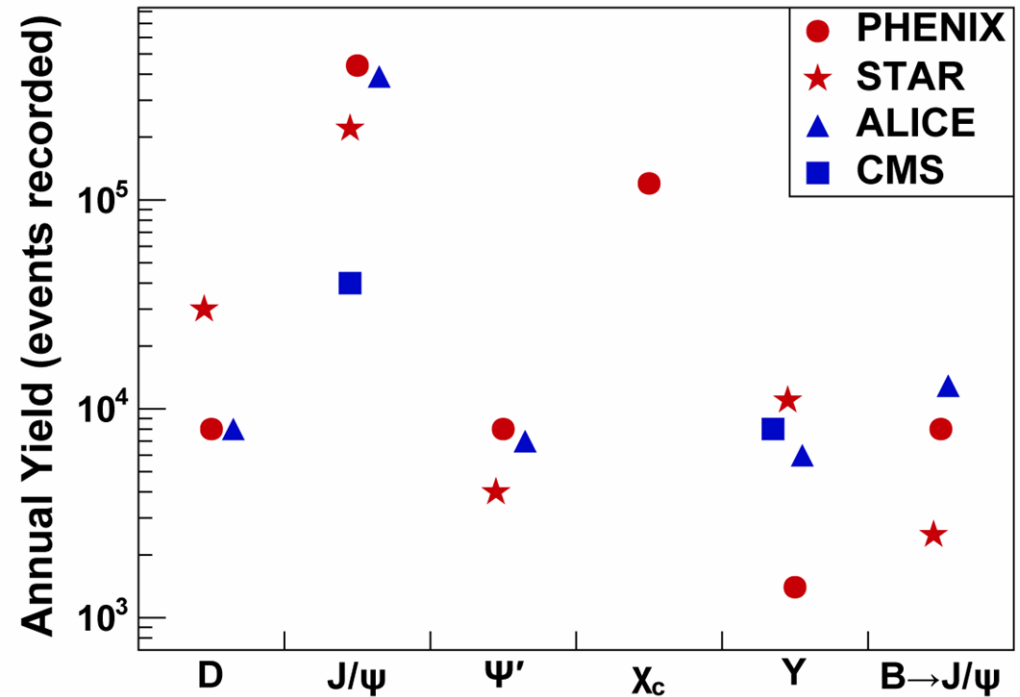
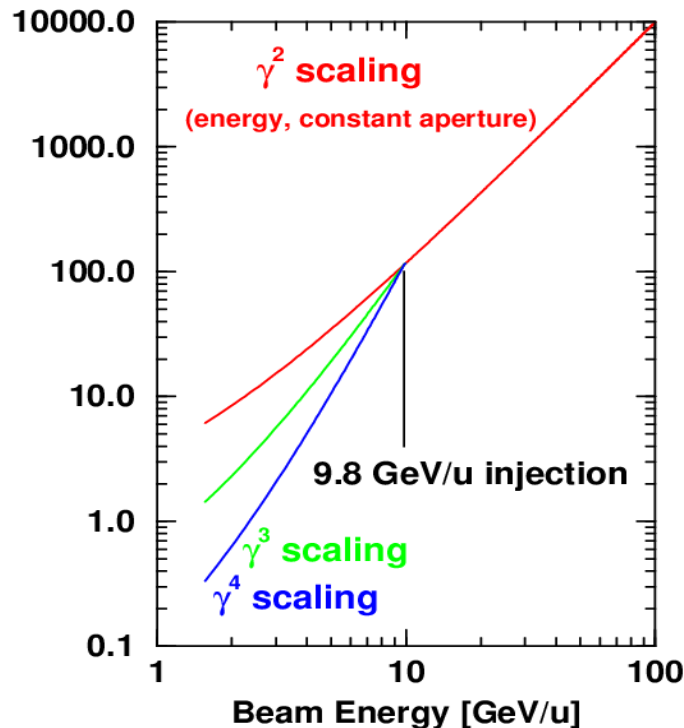
Увеличение светимости в 10 раз:

Электронное или стохастическое охлаждение. Предпочтение отдается стохастическому охлаждению (быстрее и дешевле). Запуск первой очереди в 2009 году ($L \times 3-4$). Запуск второй очереди в 2010 году ($L \times 10$)

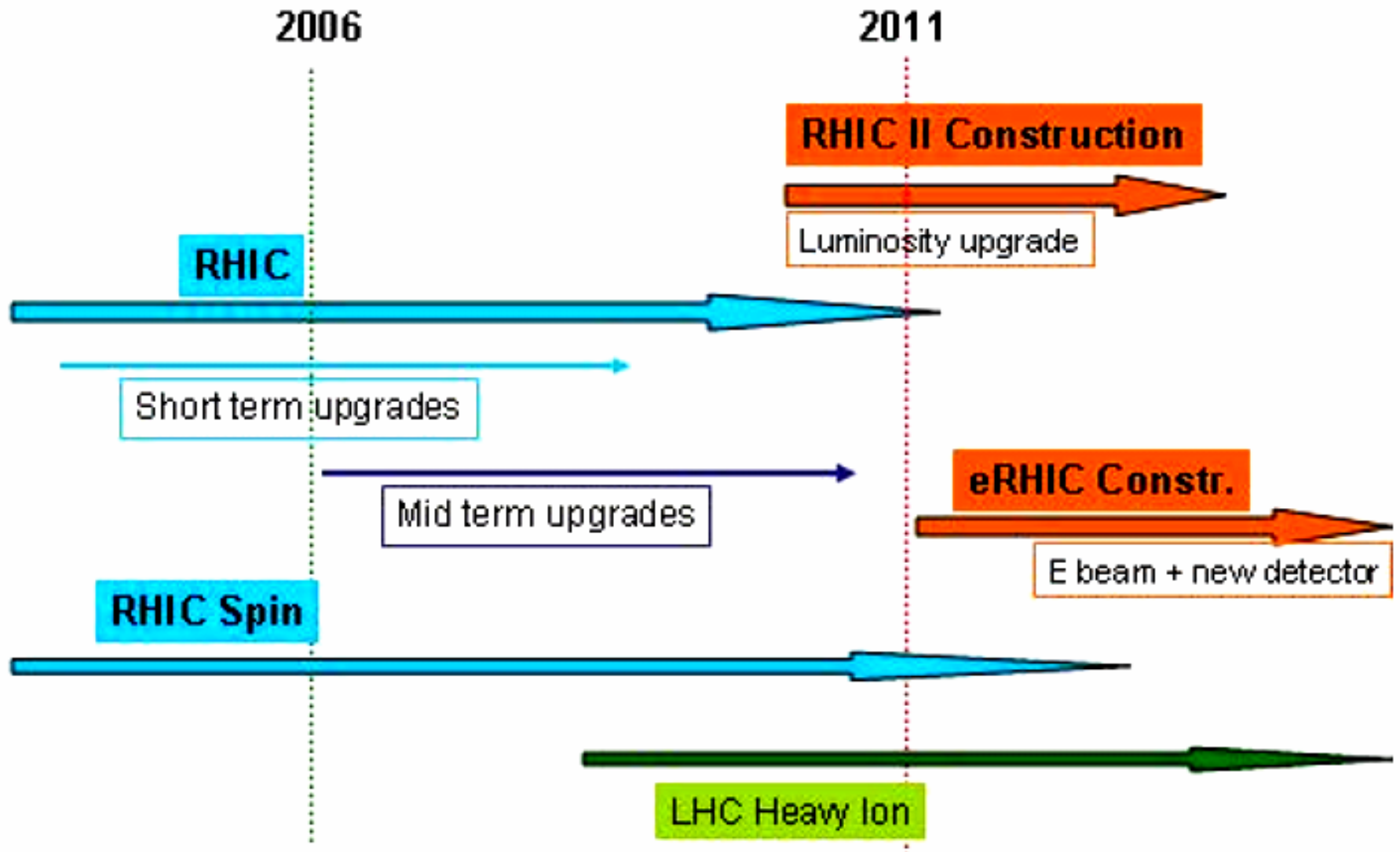
Новый источник ионов EBIS. Возможность ускорения U в 2009 году

Появляется возможность сканирования по энергии:

Выход частиц сравним с ожиданиями для LHC: $(10-50)\sigma$; $\sim 10\% L$; 25% раб. время

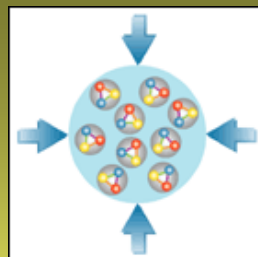


Предварительное расписание

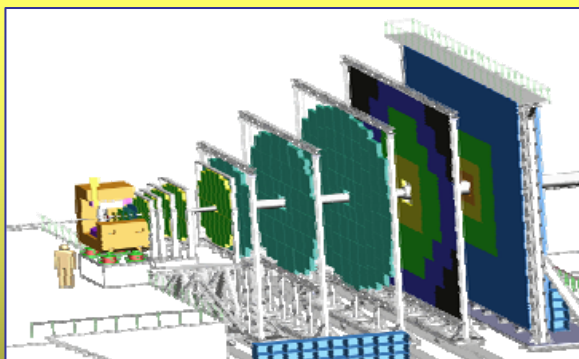


Mid Term Plan





Международный эксперимент CBM



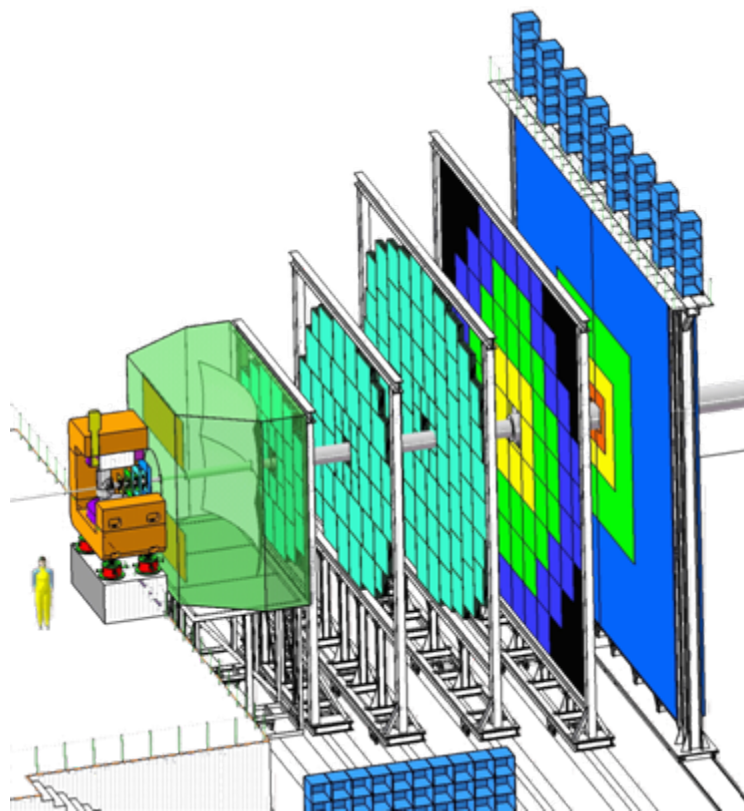
The CBM collaboration includes 400 collaborators from 52 different institutes from 15 countries.

ПИЯФ в эксперименте CBM (сейчас)

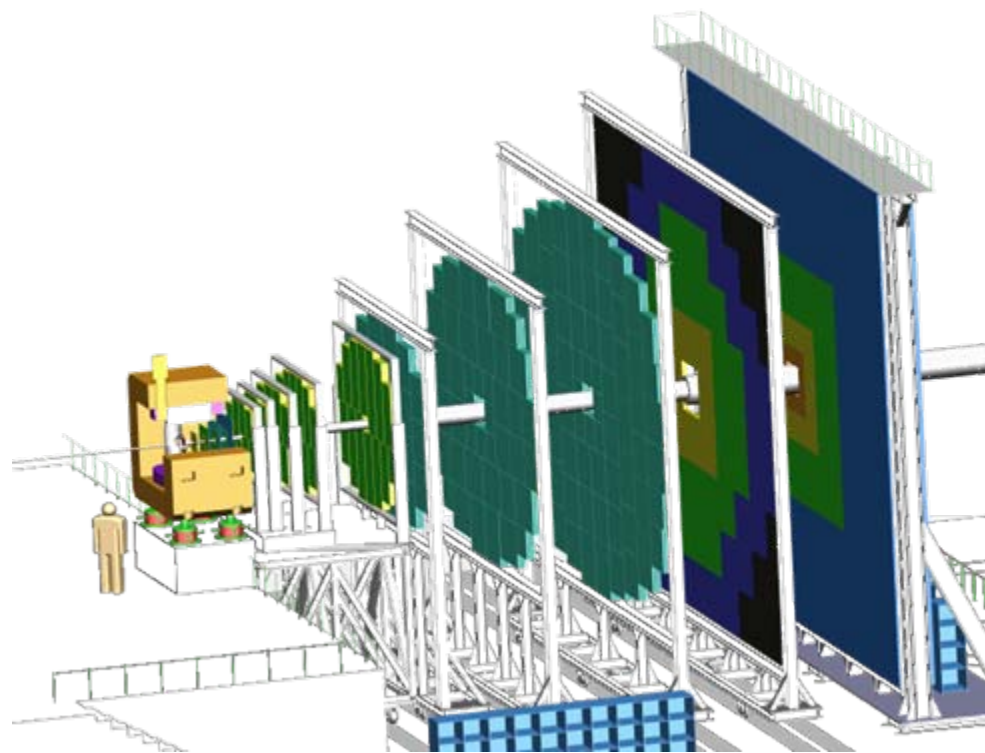
- Анализ физических процессов с образованием мюонных пар в процессах рождения векторных мезонов с малой массой (ρ, ω, ϕ) и J/ψ .
- Анализ возможностей расширения детектора CBM для регистрации мюонных пар.
- Анализ экспериментальных возможностей мюонного идентификатора (MuCh) в рамках Монте-Карло программы CBMROOT.
- Разработка структуры мюонного идентификатора (MuCh) и оптимизация абсорберов и сегментации трековых камер.
- Оценки применимости конкретных типов детекторов (в частности GEM, micromegas и их производных) в качестве трековых детекторов в MuCh.
- Разработка, изготовление и испытания прототипов на основе конкретных типов детекторов (в частности GEM, micromegas и их производных).
- Анализ процессов с рождением гиперонов ($\Lambda, \Sigma, \Xi, \Omega$) и эффективности их регистрации экспериментальной установкой CBM.
- Участие в разработке концепции детектора RICH.
- Разработка систем газообеспечения газовых детекторов.
- Участие в разработке электроники считывания трековых детекторов.

GSI

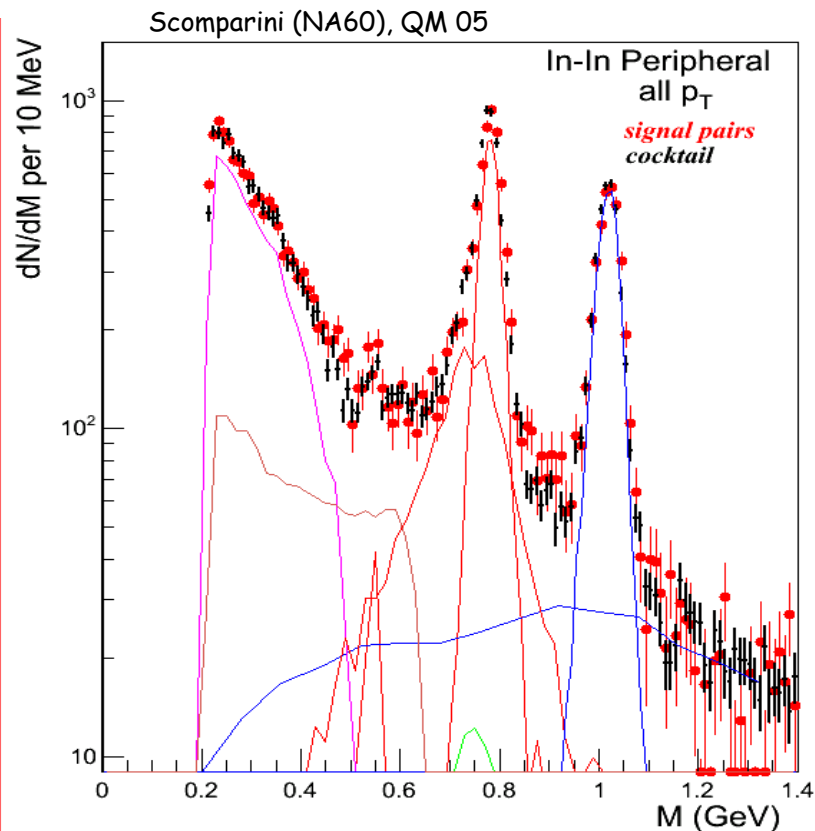
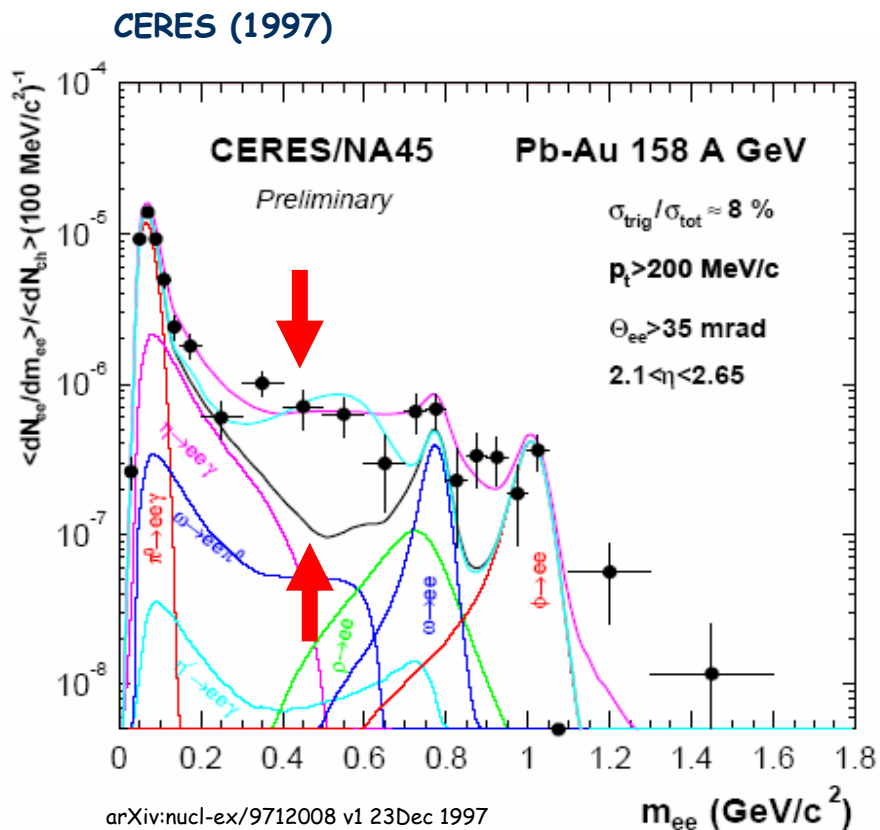
CBM detector: e^+e^- setup



CBM detector: $\mu^+\mu^-$ setup



Electrons vs muons: physics difference



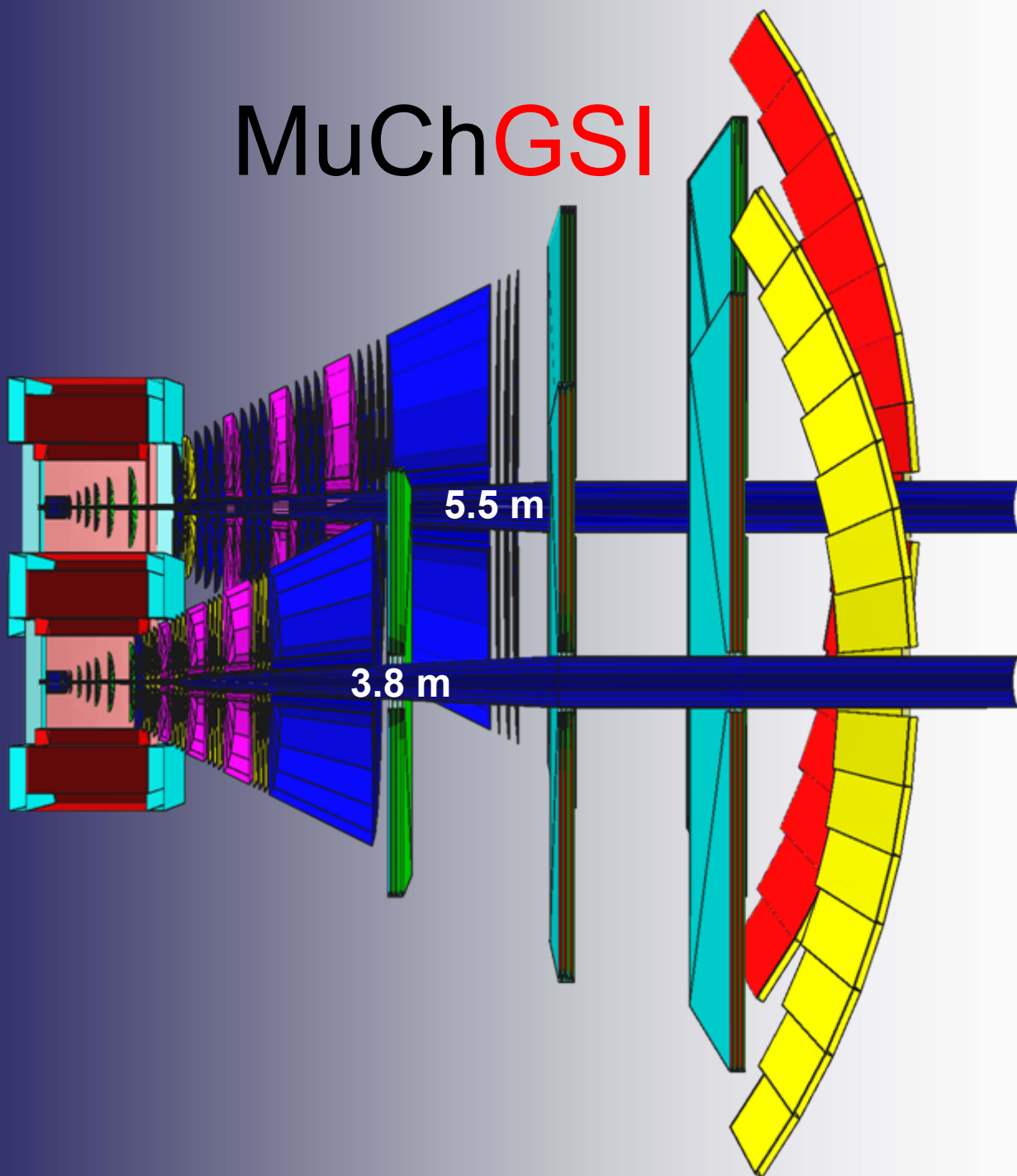
MuChGSI

present

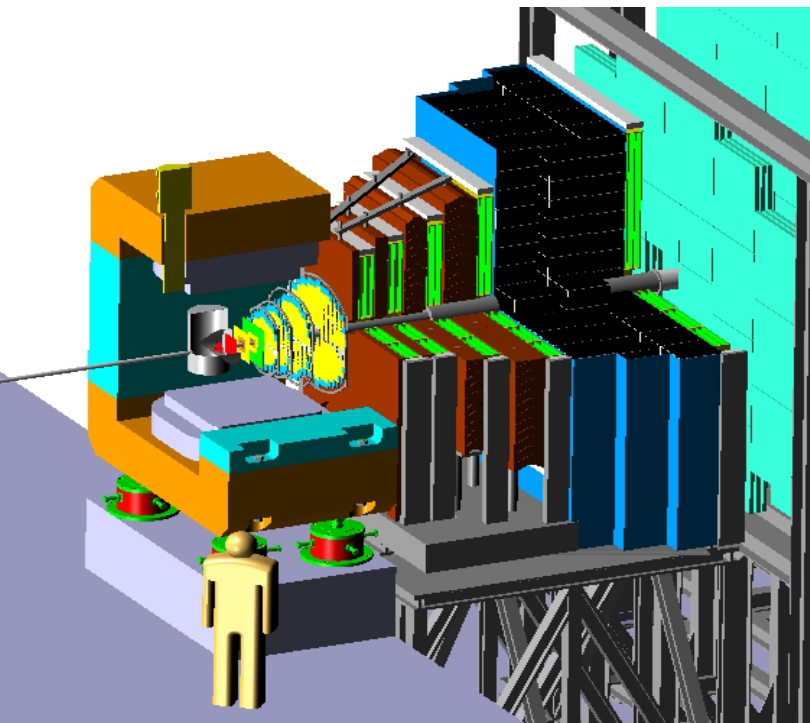
5.5 m

compact

3.8 m



Мюонная детекторная система CBM (MuCh)



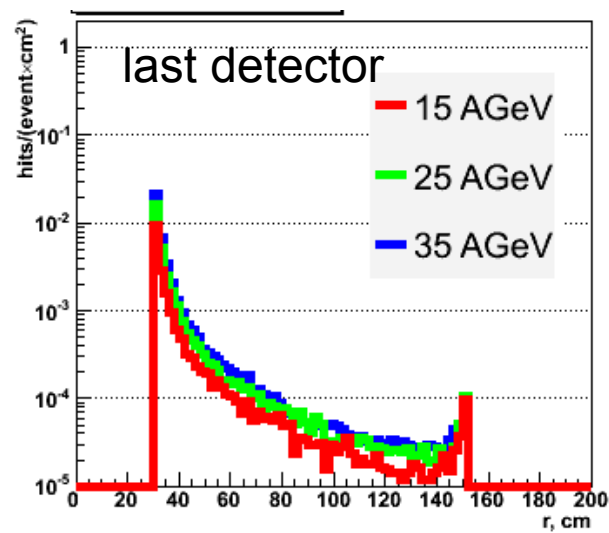
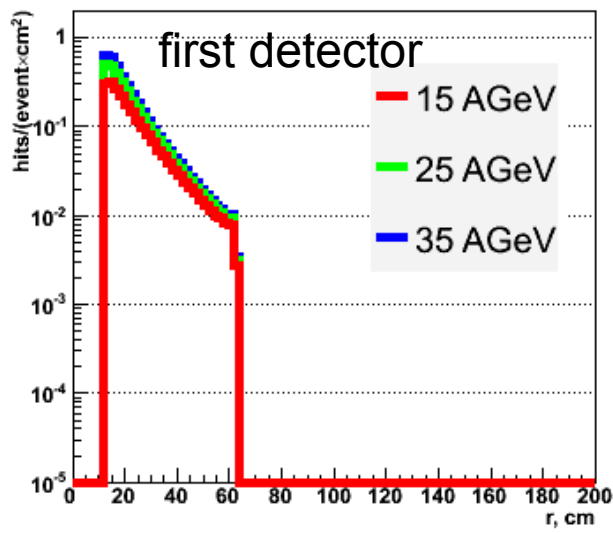
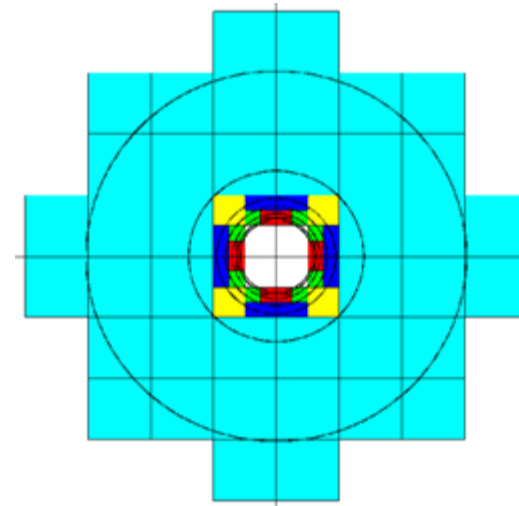
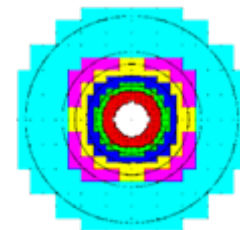
6 segmented absorber layers: 225 cm Fe: $13.5 \lambda_I$

18 tracking detector layers

Assumed detector segmentation: 5% occupancy

Simulations Au+Au central collisions at 25 AGeV

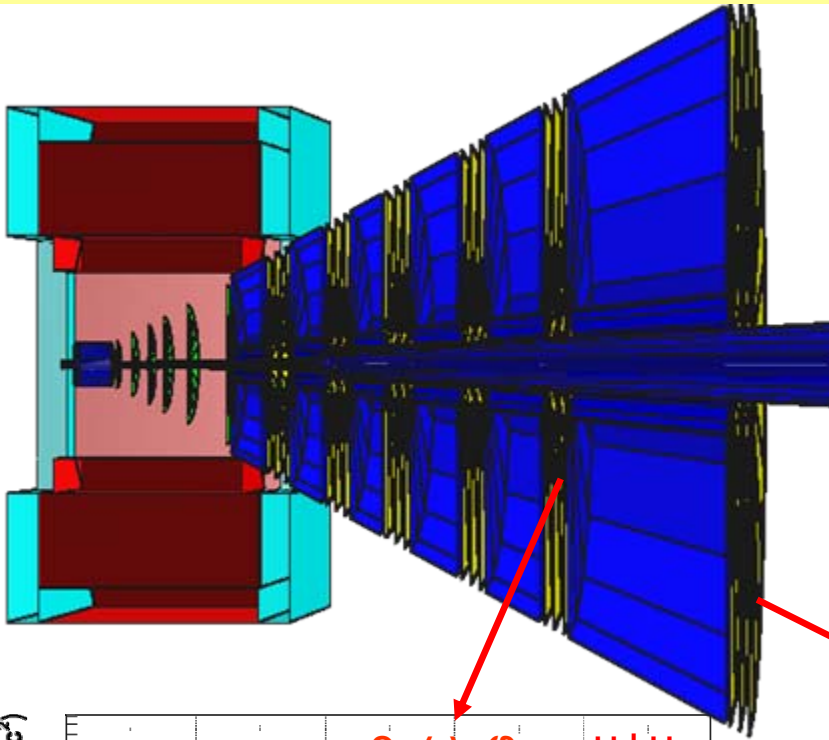
min pad $1.4 \times 2.8 \text{ mm}^2$
space resolution:
 $x - 400 \mu\text{m}$, $y - 800 \mu\text{m}$



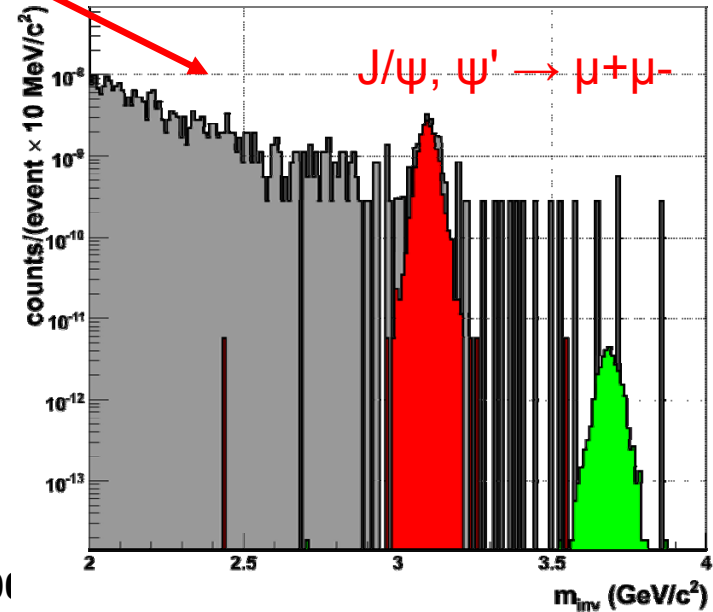
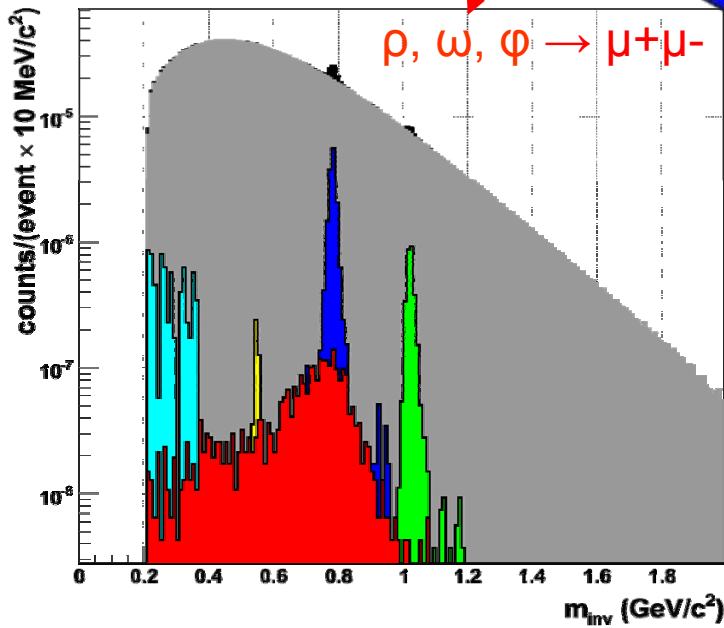
max pad $44.8 \times 44.8 \text{ mm}^2$
space resolution:
 $x - 12.8 \text{ mm}$, $y - 12.8 \text{ mm}$

Идентификация векторных мезонов по мюонным парам в CBM

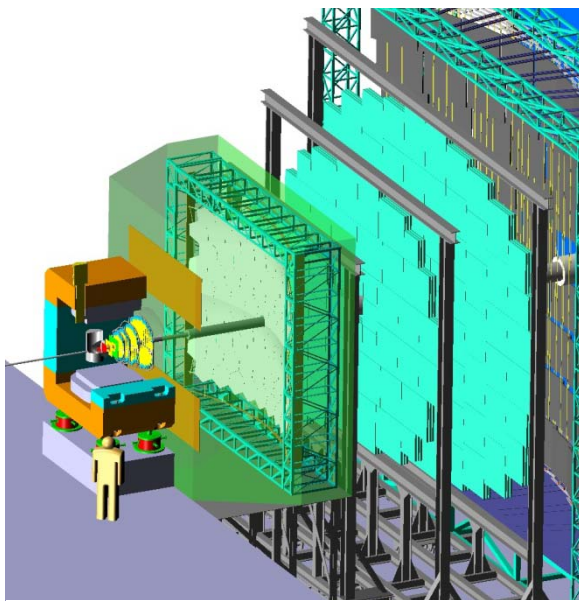
Central Au+Au collisions at 25 AGeV



particle	S/B	ε (%)	σ (MeV)
ω	0.11	4	10
ϕ	0.06	7	12
ρ	0.002	3	
J/ψ	18	13	21
Ψ'	1	16	27

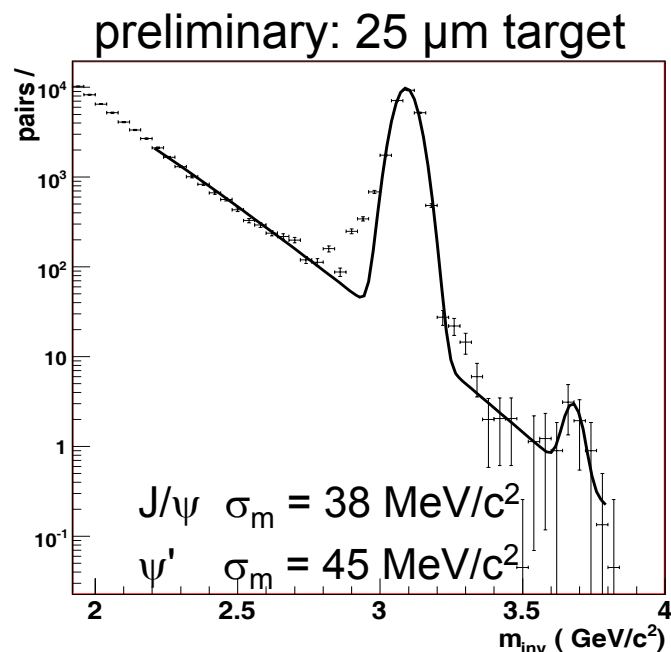
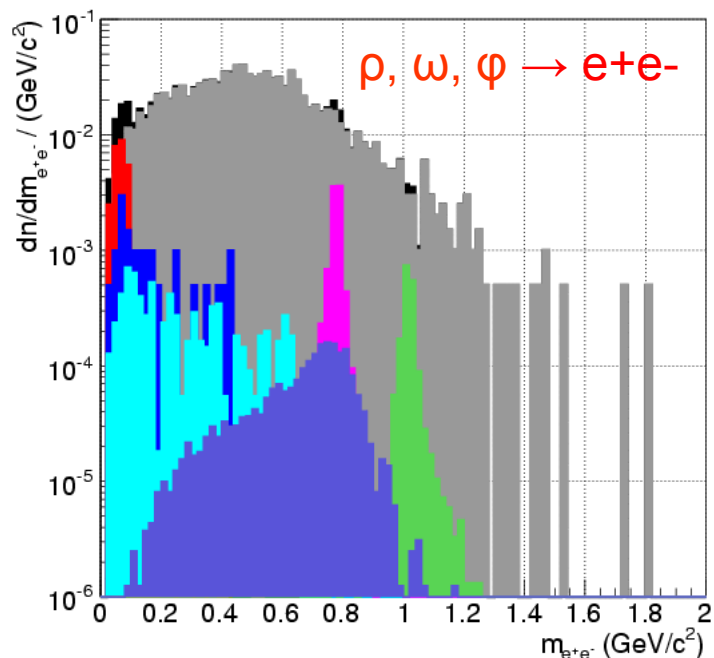


Идентификация векторных мезонов по электронным парам в CBM



central Au+Au collisions at 25 AGeV

particle	S/B	ϵ (%)	σ (MeV)
ω	0.15	7.5	14
ϕ	0.13	9.1	14
ρ	0.002	4	
J/ψ	1.7	12	38
ψ'			

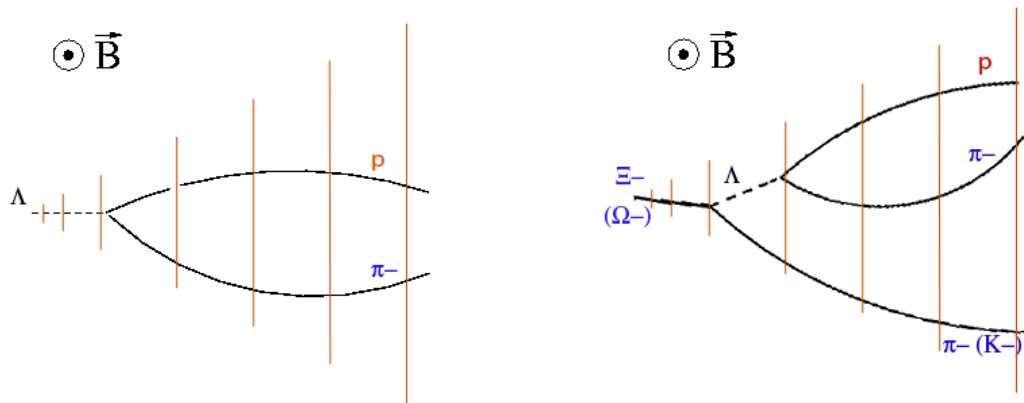


16.12.2007

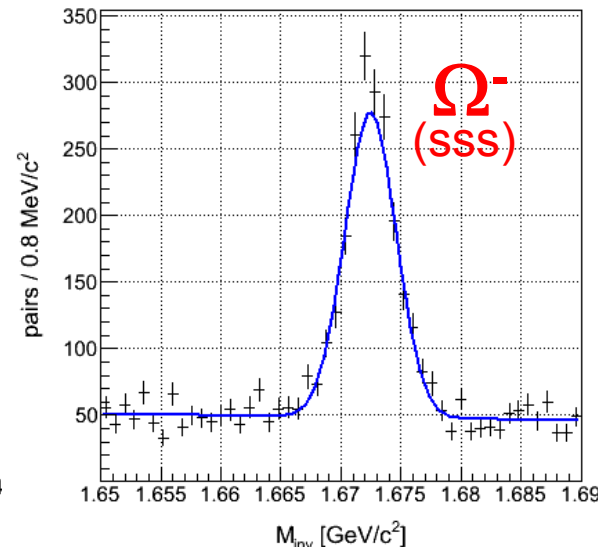
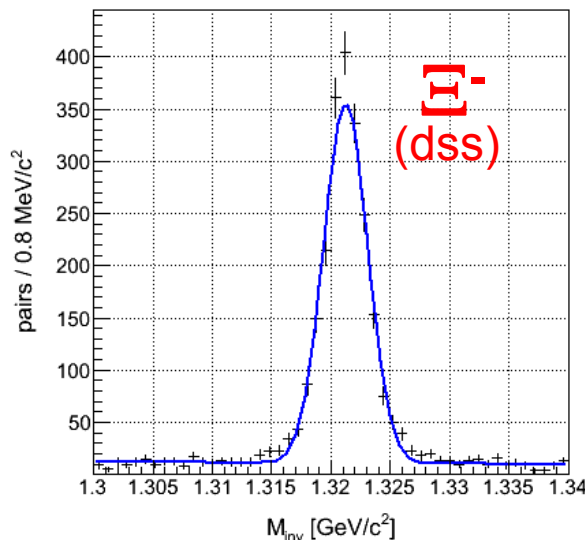
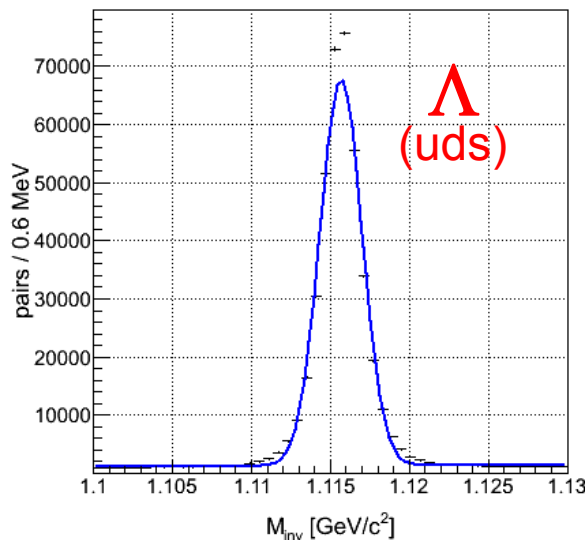
Детектирование гиперонов с STS (без p, K, π идентификации)

central Au+Au collisions at 25 AGeV:

- Silicon tracker: 2 hybrid pixel (750 μm each), 4 microstrips (400 μm each)
- Strips with 50 μm pitch and 5° stereo angle
- full event reconstruction



Particle	$\Lambda + \Sigma^0$	Ξ^-	Ω^-
Yield/event	36.6	0.983	0.022
Statistics	10^5	10^5	$4.5 \cdot 10^6$
$\sigma_m, \text{MeV}/c^2$	1.34	1.87	2.04
Acceptance	28.5%	16.3%	14.6%
Rec. efficiency	62.5%	40.6%	46.2%
Cut efficiency	59.4%	32.2%	15.4%
Total efficiency	10.6%	2.1%	1.0%
S/B ratio	30.2	12.8	2.5
Significance	591	42	32.4

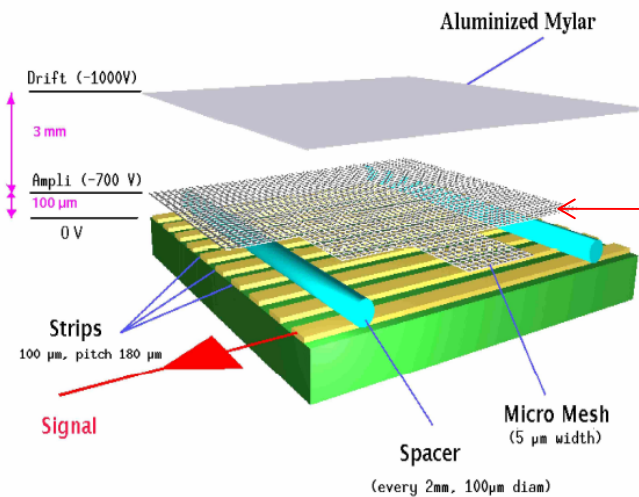


total efficiency 10.6%
В.Самсонов, ЛРЯФ

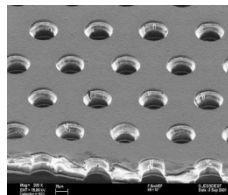
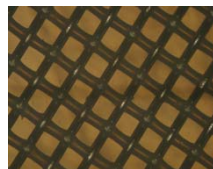
2.1%
26.12.2007

1.0%

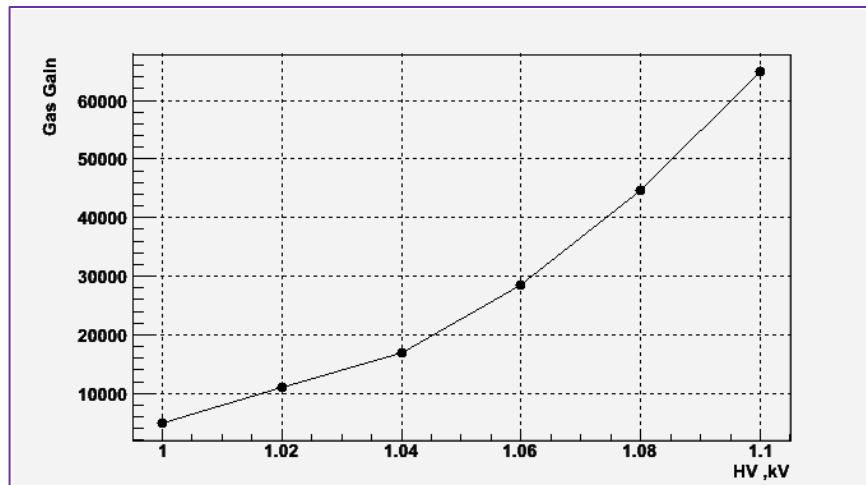
Принцип устройства Mikromesh/GEM детекторов



Mikromesh

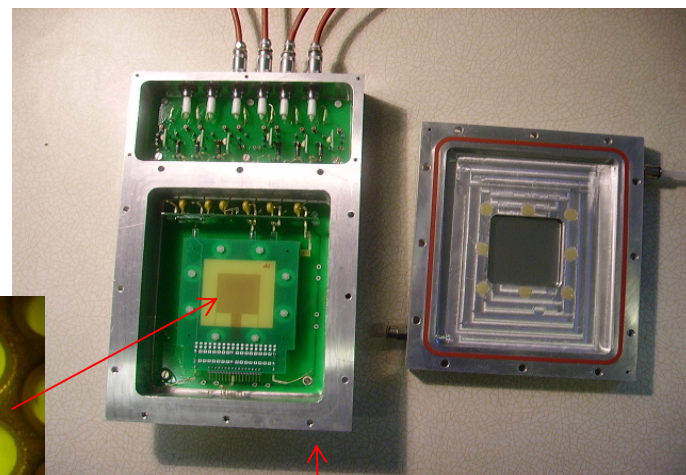
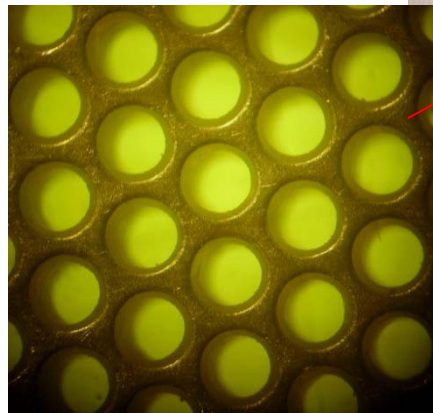
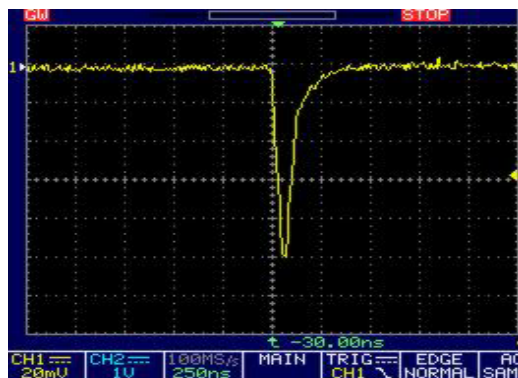
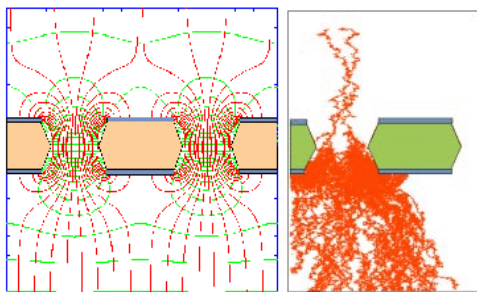


GEM



Зависимость газового усиления от величины высокого напряжения

Испытания прототипа *TGEM* детектора



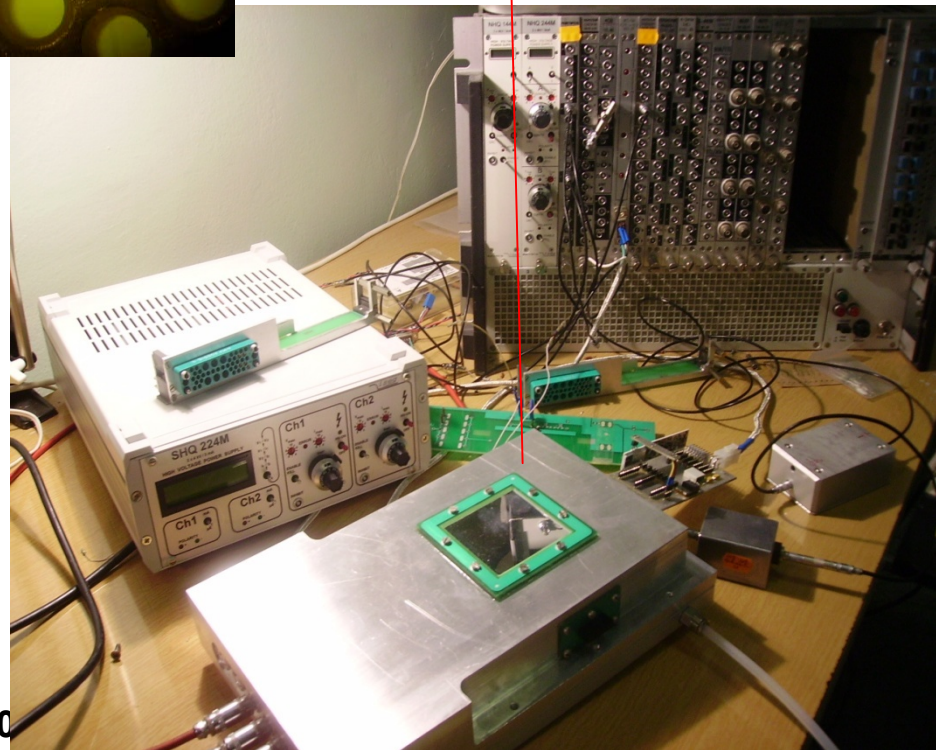
RA source: Fe^{55}

Gas mixture: He-80%; CO_2 -20%

$U_g=2.05$ kV

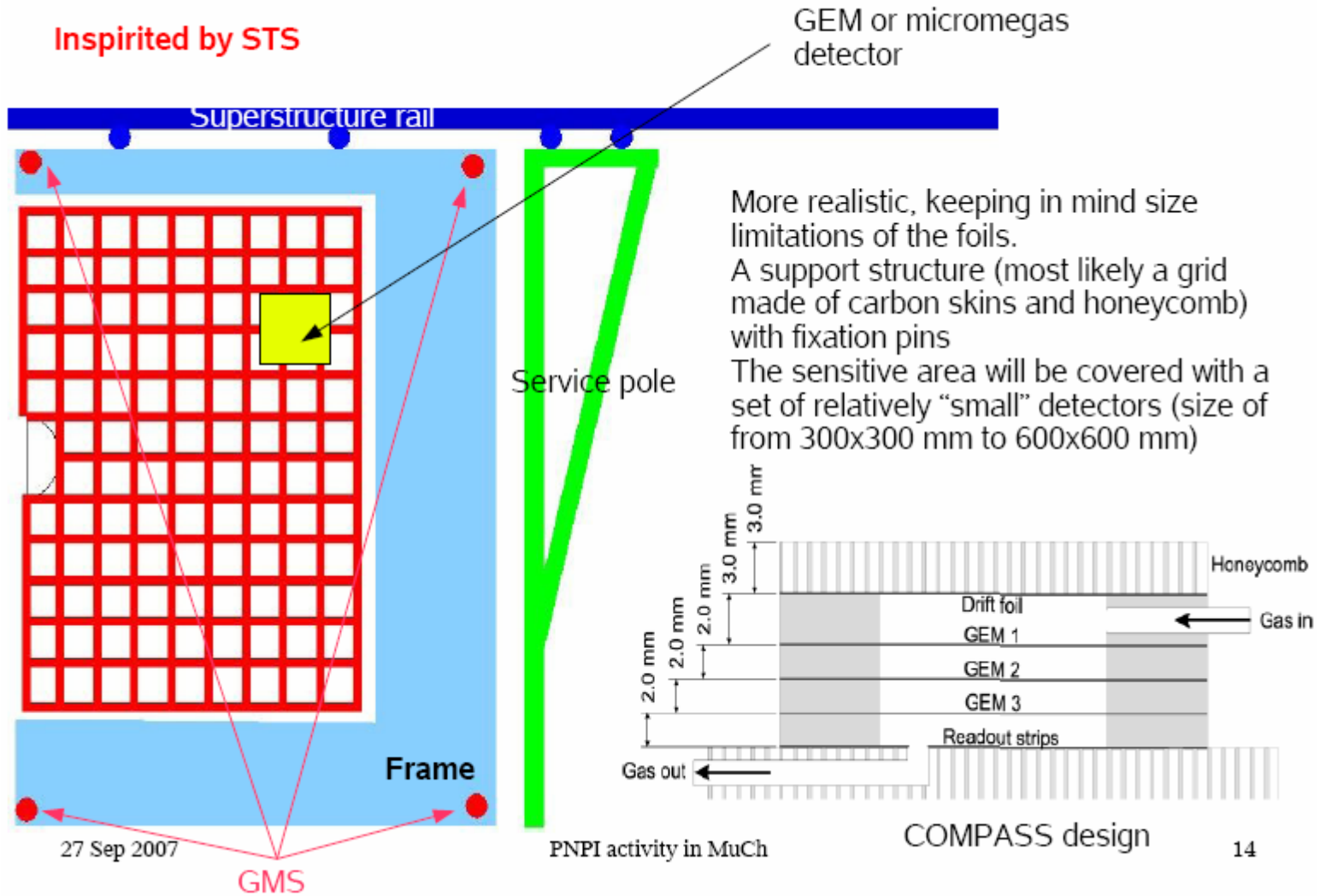
$U_{sg}=100$ mV;

$T_{sg}=35$ ns FWHM;



Возможный вариант конструкции камер на основе Micromesh/GEM модулей

Inspired by STS



Декабрь 2007, сессия ОФВЭ

ЛРЯФ

Спасибо за внимание

Статус физических исследований

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

Высокая плотность ($dN_g/dy \sim 1000$, $\langle q \rangle \sim 14 \text{ ГэВ}^2/\text{фм}$, $\varepsilon > 15 \text{ ГэВ}/\text{фм}^3$):

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

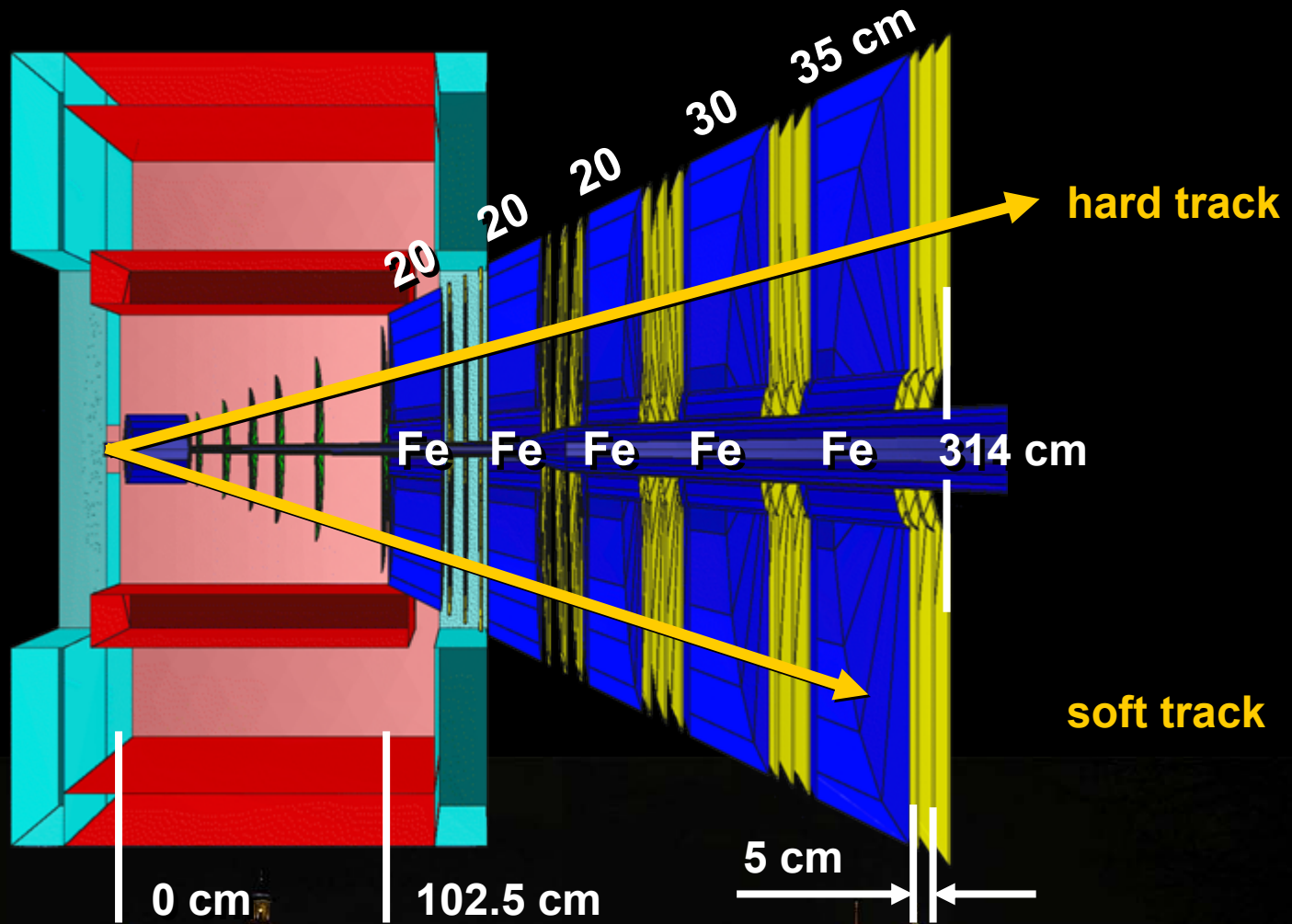
Высокая температура образующейся системы ($T_0^{\text{max}} \sim 500\text{-}600 \text{ МэВ}$):

- ✓ Тепловые фотоны

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

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

Muon Chambers (MuCh): GEANT3



Evolution spatio-temporelle de la collision

