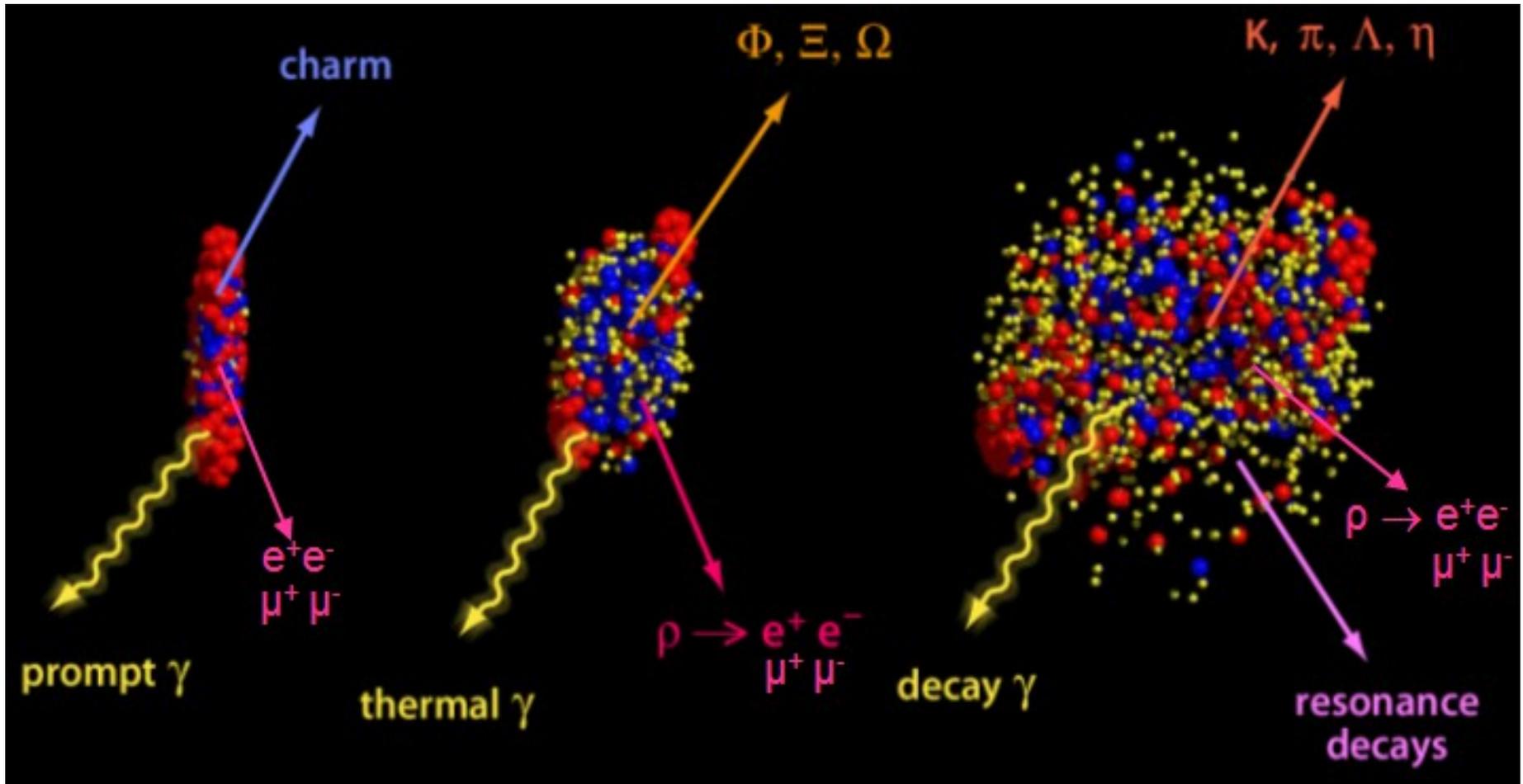


Эксперимент СВМ

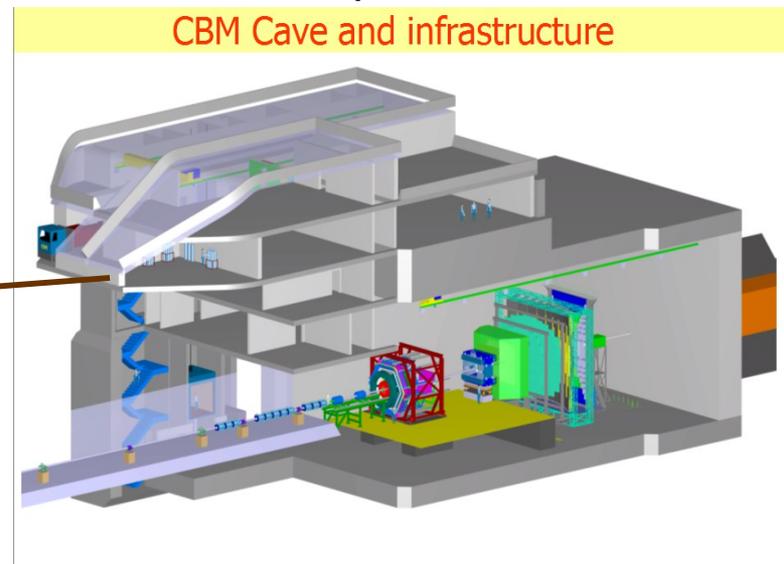
2012 г.



CBM (Compressed Baryonic Matter) – эксперимент по ядро - ядерному и протон - ядерному взаимодействию на выведенном пучке.

SIS100 в распоряжение **CBM** будет поставлять пучки **Au(Ca)** с энергией до **11(14) АГэВ** и протонов до **29 ГэВ**

SIS300 – ядра вплоть до урана с энергией **8-40АГэВ** и протоны до **90 ГэВ**



Начало эксперимента планируется на **2018 г.** с запуском **SIS100**.

Стартовая фаза эксперимента – ныне действующая модифицированная для области энергий **2 -7АГэВ** экспериментальная установка **HADES** и усеченный вариант **CBM** для области энергий **5-11(14)АГэВ**

Experiment	Energy range (Au/Pb beams)	Reaction rates Hz
STAR@RHIC BNL	$\sqrt{s_{NN}} = 7 - 200 \text{ GeV}$	10 – 800 (limitation by luminosity)
NA49/61@SPS CERN	$E_{kin} = 20 - 160 \text{ A GeV}$ $\sqrt{s_{NN}} = 6.4 - 17.4 \text{ GeV}$	80 (limitation by detector)
MPD@NICA Dubna	$\sqrt{s_{NN}} = 2.0 - 11.0 \text{ GeV}$	~1000 (design luminosity of $10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ for heavy ions)
CBM@FAIR Darmstadt	$E_{kin} = 2.0 - 35 \text{ A GeV}$ $\sqrt{s_{NN}} = 2.0 - 8.3 \text{ GeV}$	$10^5 - 10^7$ (limitation by detector)

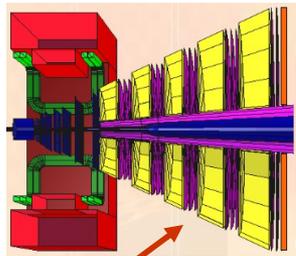
при $E_{кин} = 11 \text{ A GeV}$ $\sqrt{s_{NN}} \approx 5 \text{ GeV}$ (SIS100)

Experiment	Observables for beam energies below $\sqrt{s_{NN}} = 12 \text{ GeV}$ (high baryon density region)			
	hadrons	correlations, fluctuations	dileptons	charm
STAR@RHIC BNL	yes	yes	no	no
NA61@SPS CERN	yes	yes	no	no
MPD@NICA Dubna	yes	yes	no	no
CBM@FAIR Darmstadt	yes	yes	yes	yes

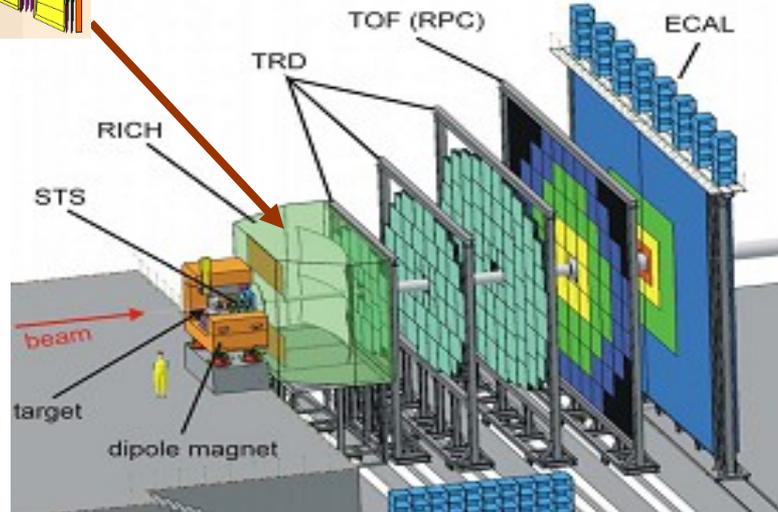
Физическая программа:

- электромагнитная структура плотной барионной материи
- модификация свойств адронов при высокой барионной плотности и признаки восстановления киральной симметрии
- уравнение состояния ядерной материи при плотностях кора нейтронных звезд
- мульти странные гипероны, экзотические состояния материи такие, как конденсаты странных частиц
- рождение чарма на пороге
- влияние среды на свойства очарованных частиц

Детектор СВМ



MuCh



Измерение импульсов и треков частиц – STS (Silicon Tracking System) 8 слоев двусторонних стриповых детекторов размещены в сверхпроводящем дипольном магните большой апертуры

На стадии исследований процессов с открытым чармом дополнительно к **STS** устанавливается вершинный детектор **MVD** (два слоя пиксельных детекторов, расположенных вблизи мишени)

Идентификация адронов – реконструкция треков (**STS** и **TRD**) + **TOF (RPC)**,

Идентификация электронов – реконструкция треков (**STS** и **TRD**), реконструкция колец в **RICH**, анализ энергетических потерь в **TRD**

Электромагнитный калориметр (**ECAL**) – измерение прямых фотонов, электронов, мюонов

MuCh (Muon Chambers) – **изучение мюонных мод распада.**

Участие ПИЯФ → **MuCh** и **RICH**

Участники ПИЯФ в СВМ (на сегодняшний день) :

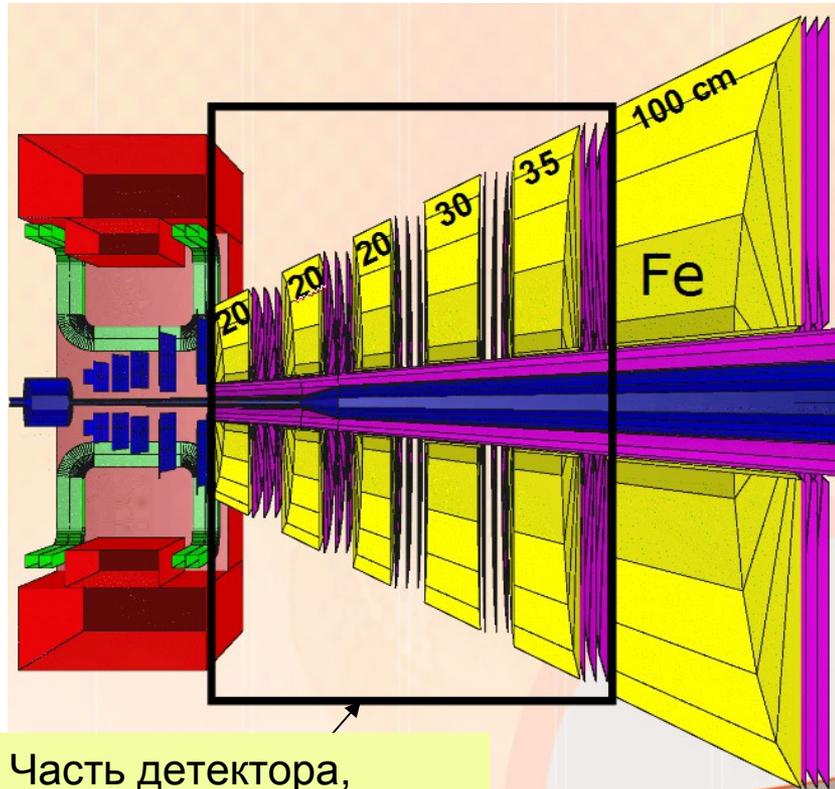
1. MuCh

С. Волков, В. Евсеев, В. Иванов, Б. Комков, Е. Крышень,
Л. Кудин, В. Никулин, Е. Роцин, Г. Рыбаков, В. Самсонов,
О.Тарасенкова, А. Ханзадеев, Е. Чернышева

2. RICH

Е. Взнуздаев, М. Взнуздаев, **А. Воинов**, В. Добырин, В. Евсеев,
Л. Коченда, П. Кравцов, **Е. Леонова**, Н. Мифтахов, Е. Роцин,
Ю. Рябов, Г. Рыбаков, В. Самсонов, О. Тарасенкова, В.
Толчин

Мюонный детектор MuCh (полномасштабный вариант – SIS300)



Часть детектора,
предназначенная для
легких векторных
мезонов ($\sim 7.5\lambda_1$)

Число каналов электроники $\sim 10^6$

10^7 событий/с, каждое из событий
содержит до **1000** треков заряженных
частиц

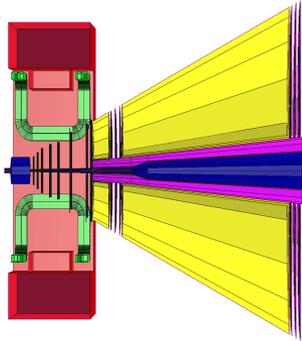
Абсорбер – **Fe** ($13.5 \lambda_1$), центральная
вставка – скорее всего **W**

Станции **1,2,3** – три камеры из **3GEM**
или **GEM + MICROMEGAS** в каждом
слое для центральной части и возможно
TGEM – на периферии

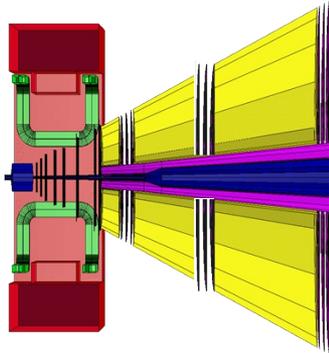
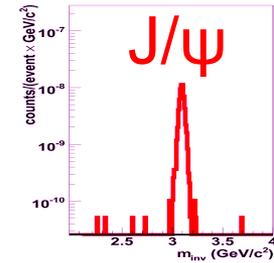
Станции **4,5,6** – **TGEM** или **straw**

Стратегия – поэтапное создание полномасштабной версии детектора

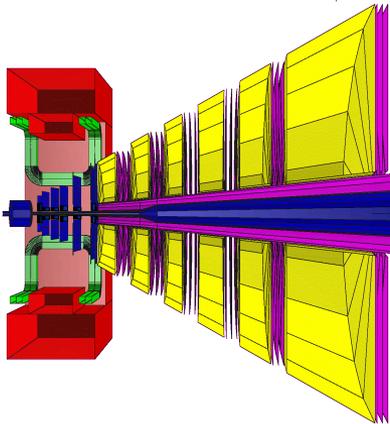
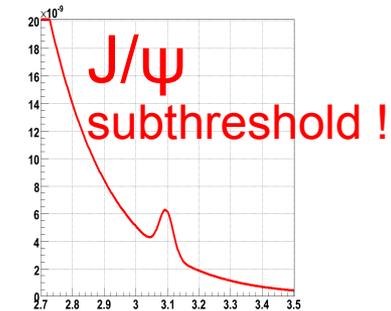
Example for upgrade scenario: Muon detector



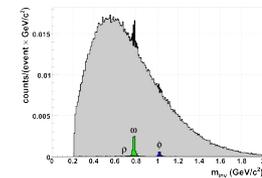
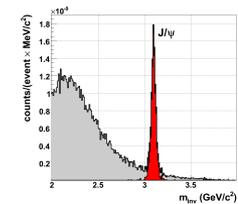
Start version I
25 GeV p+A \rightarrow J/ ψ
Iron absorber: 20+205 cm
2 detector triplets:
GEM + straw tubes



Start version II
10 A GeV Au+Au \rightarrow J/ ψ
Iron absorber: 20+70+135 cm
3 detector triplets:
GEM + micromegas + straw tubes



Full version
25 A GeV Au+Au \rightarrow $\rho, \omega, \phi, J/\psi$
Iron absorber: 3x20+30+35+100 cm
6 detector triplets:
2 GEM+2 micromegas+2 straw tubes



From the report by P. Senger

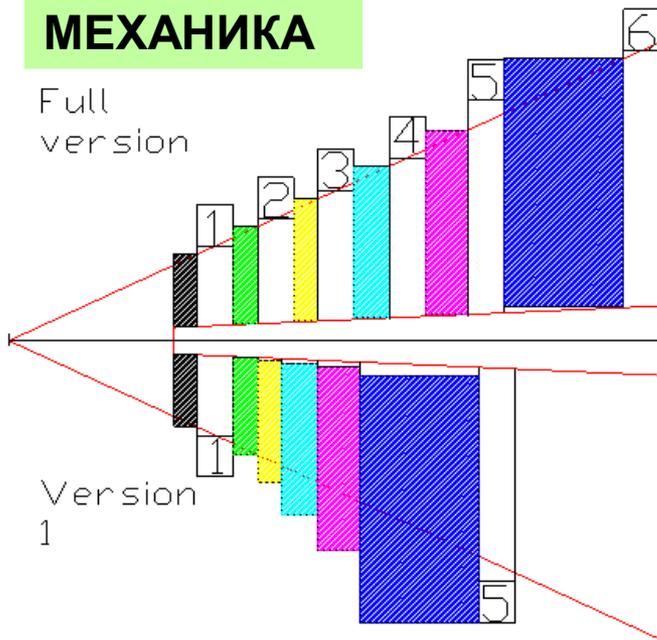
Заявка ПИЯФ на участие в MuCh, согласованная с немцами и индусами

- 1. Абсорберы, включая механику поддержки**
- 2. Детекторы трековой системы на основе GEM, TGEM и straw**
- 3. Система подачи высокого напряжения**
- 4. Система низковольтного питания**
- 5. Газовая система**
- 6. Конструкция для размещения трековой системы**
- 7. Система юстировки и геометрических измерений**

На сумму 5.6 М€

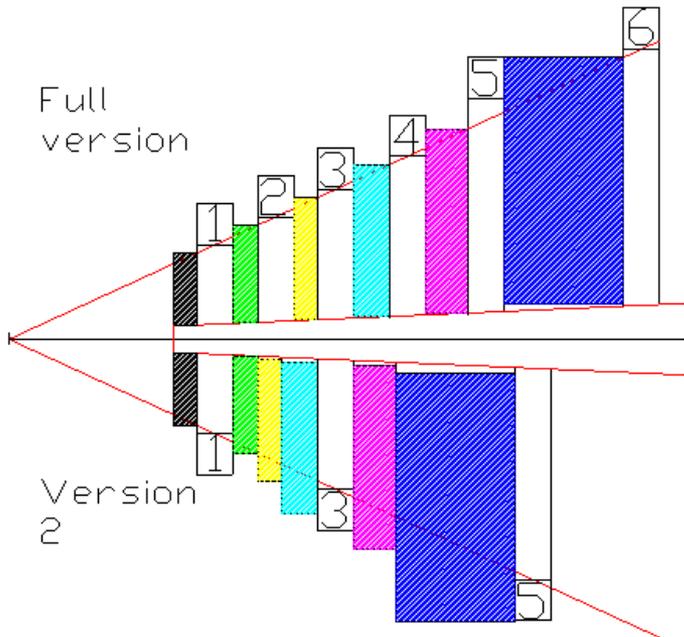
МЕХАНИКА

Full version



Version 1

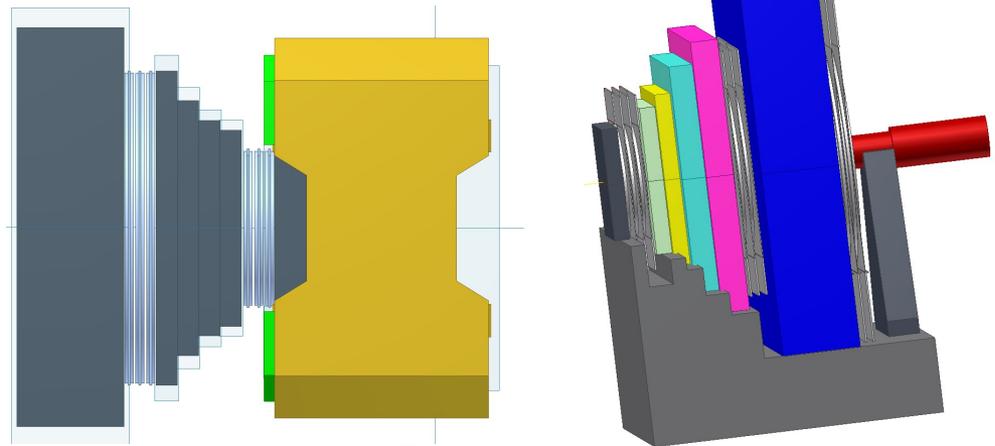
Full version



Version 2

Абсорберы и суперструктура для размещения абсорберов и трековых камер – ответственность ПИЯФ

Проектирование предполагает возможность реорганизации механики (одни и те же элементы) с минимальными переделками для реализации как промежуточных этапов, так и полной версии



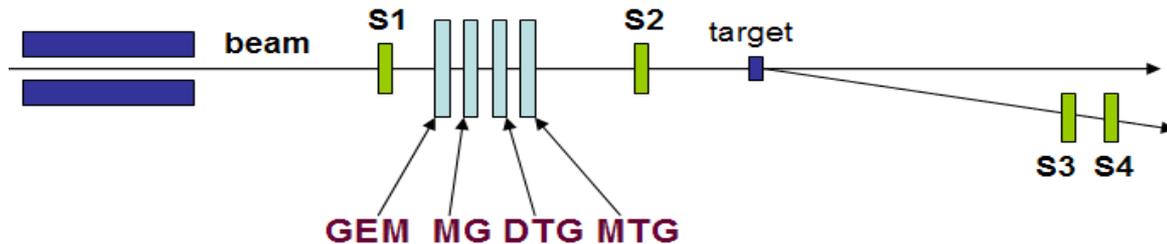
R&D – выбор базовых детекторов трековой системы MuCh

Требования СВМ 10^7 см⁻²с⁻¹ для центральной области → кандидаты:

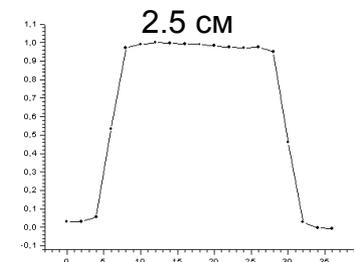
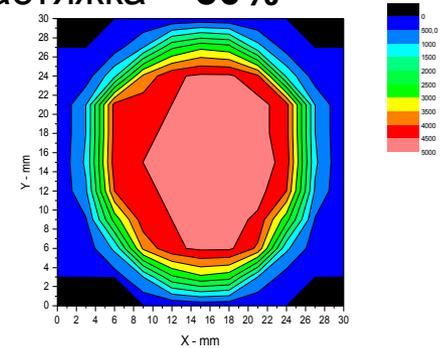
- центральная область и станции 1,2,3 – GEM, MICROMEGAS или их комбинация
- периферия и станции 4,5,6 – TGEM, straw

В 2012 г. – проверка на тестовом пучке в Гатчине подготовленных и испытанных с помощью источников ⁵⁵Fe и ⁹⁰Sr 4-х детекторов: **GEM**
– тройной GEM, **MG** – Micromegas+GEM, **DTG** – двойной TGEM, **MTG** – монолит. TGEM

Каждый прототип снабжен: считывающим электродом 4×4 мм², быстрым каналом для измерения эффективности, спектрометрическим каналом для измерения энергетических потерь и выбора рабочих режимов, каналом для измерения вероятности разрядов



Тестовый пучок:
интенсивность 10^5 - 10^8 1/s
растяжка – 50%



Пучок на S1

Основные задачи теста:

1. Зависимость эффективности от загрузки
2. Зависимость вероятности разрядов от загрузки
3. Две газовые смеси – аргон и гелий

Успели сделать только зависимость эффективности от загрузки для смеси *Ar/CO2/iC4H10 (90/8/2)*

12

GEM – эффективность не падает до $\sim 2.2 \cdot 10^6$ см⁻² сек⁻¹

После каникул планируем продолжить испытания на нашем ускорителе

12

MG – эффективность не падает до $\sim 3.5 \cdot 10^6$ см⁻² сек⁻¹

TDR в процессе подготовки. Завершение – конец 2013.

12

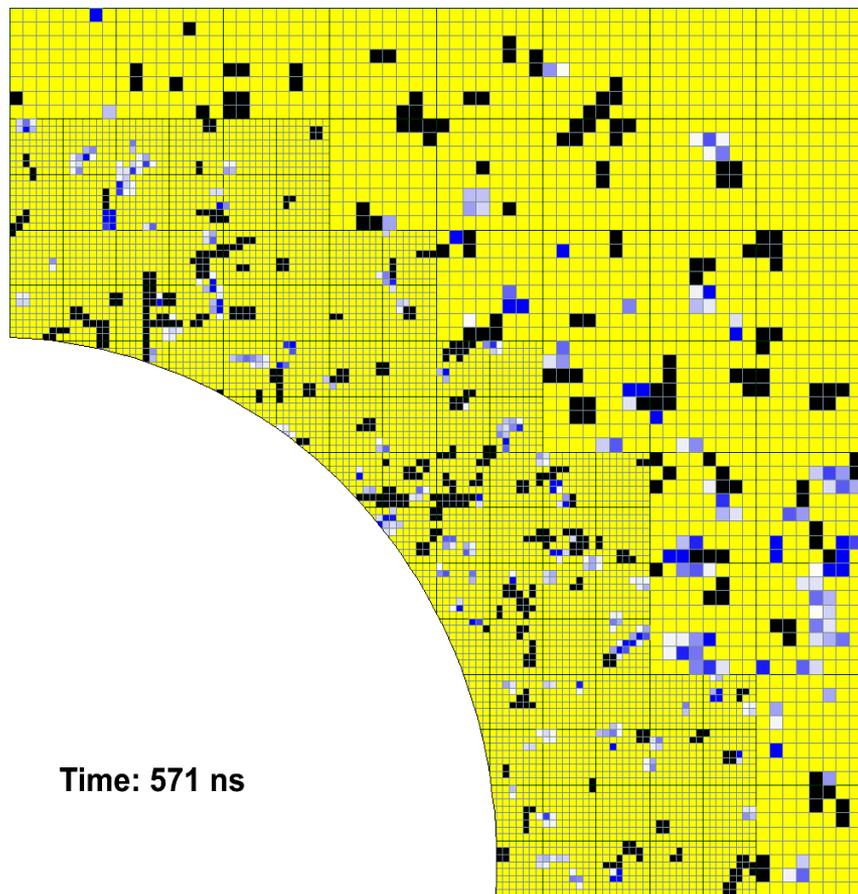
MTEM – эффективность не падает до $\sim 1.0 \cdot 10^6$ см⁻² сек⁻¹

10

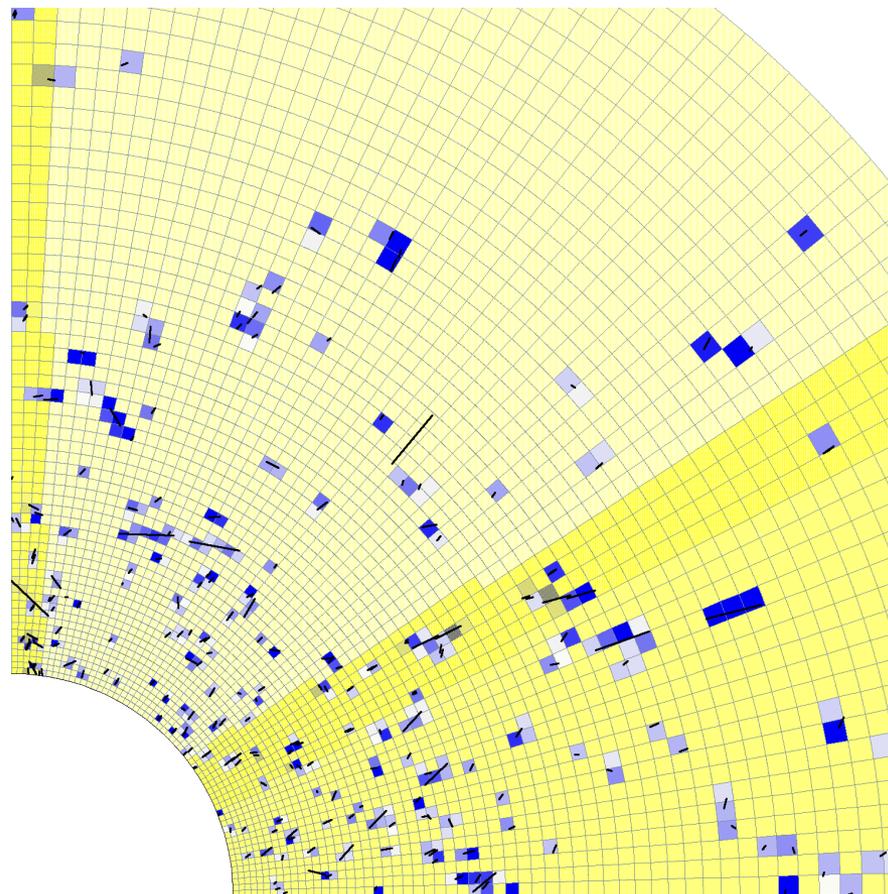
10

10

Продолжается МС моделирование с целью оптимизации трековых станций

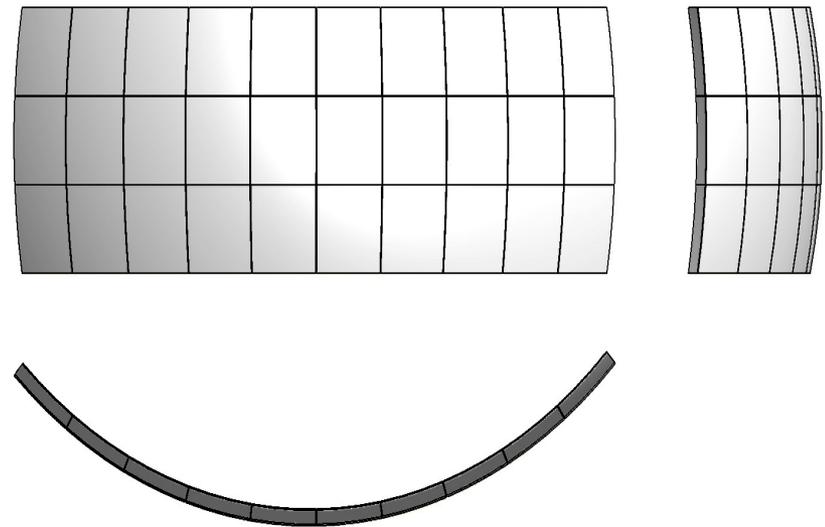
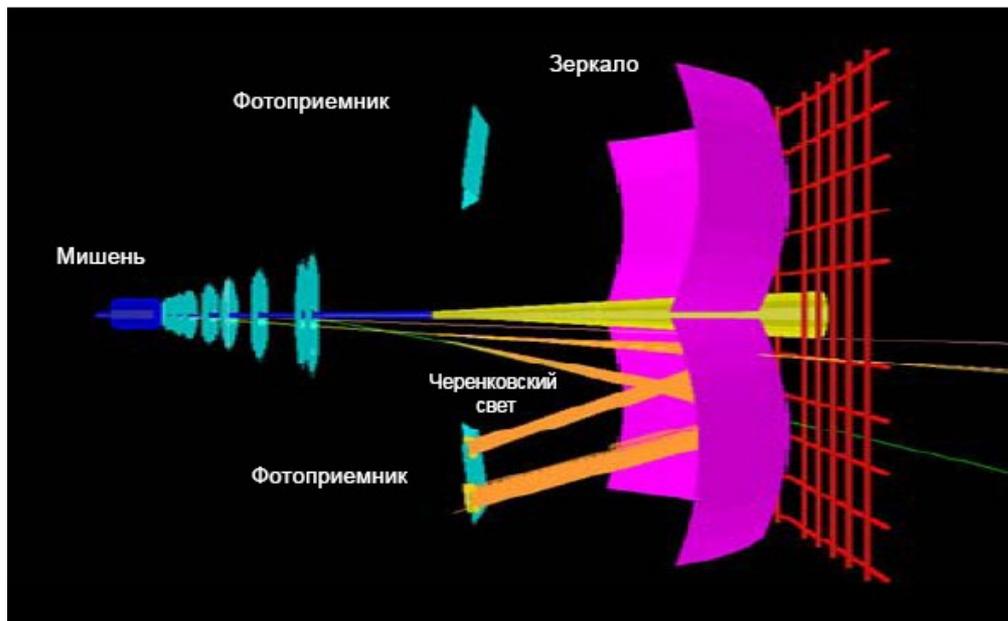


Модульная структура



Секторная структура

Черенковский детектор RICH



**Заявка ПИЯФ
(механика)**

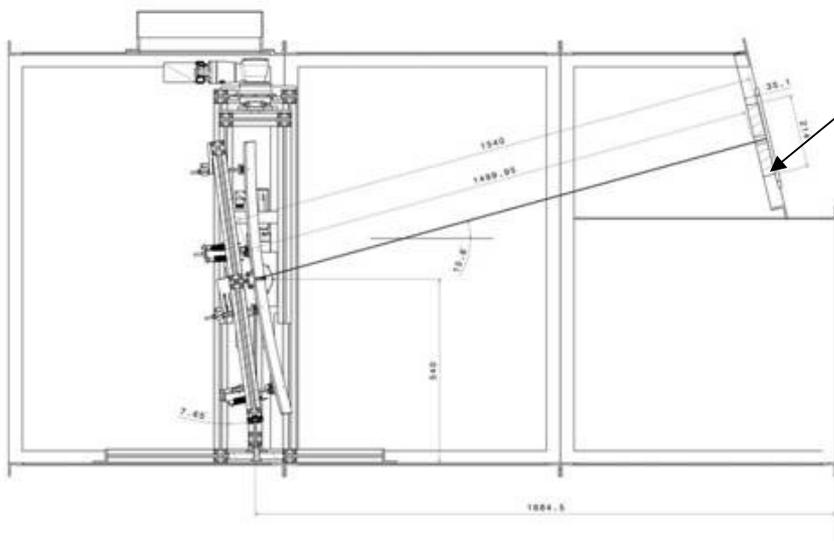


- Структура поддержки зеркал
- Корпус газового объема с несущей рамой
- Структура поддержки ФЭУ и магнитная защита
- Система газового обеспечения

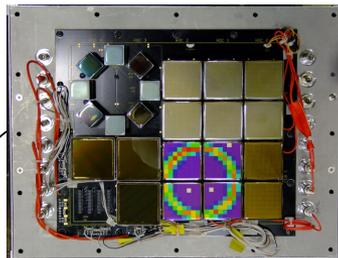
На сумму **1.67 М€**

В 2011 г. сделан важный шаг – создан и испытан на пучке в ЦЕРН полномасштабный прототип, состоящий из :

- корпус
- фотодетектор(16 мульти анодных ФЭУ Hamamatsu 8500, 64 пикселя в каждом ФЭУ) и электроника считывания
- сборка из 4-х квадратных зеркал 400x400мм с механикой подвеса,
- газовая система(CO₂)

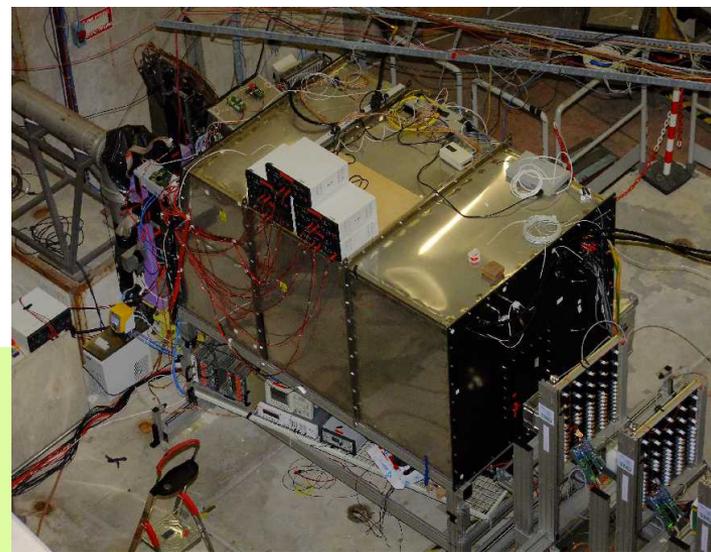


Прототип



Фотодетектор

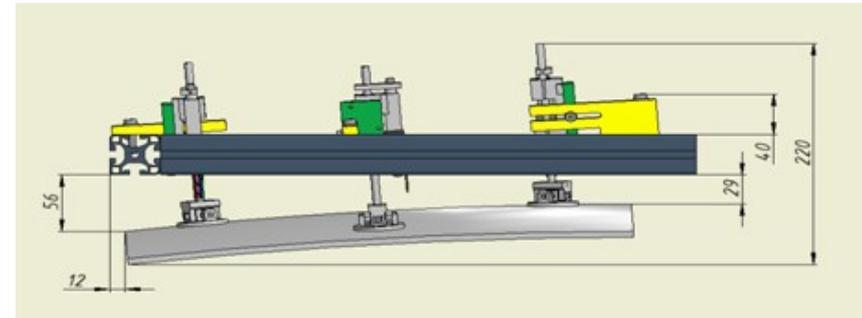
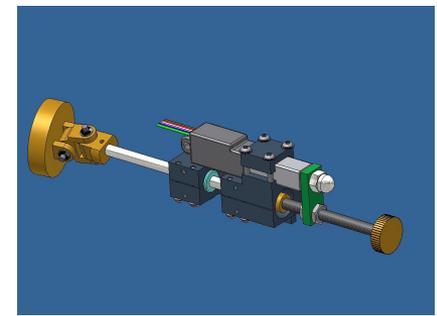
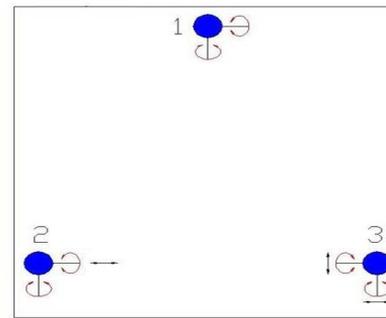
На пучке в ЦЕРН



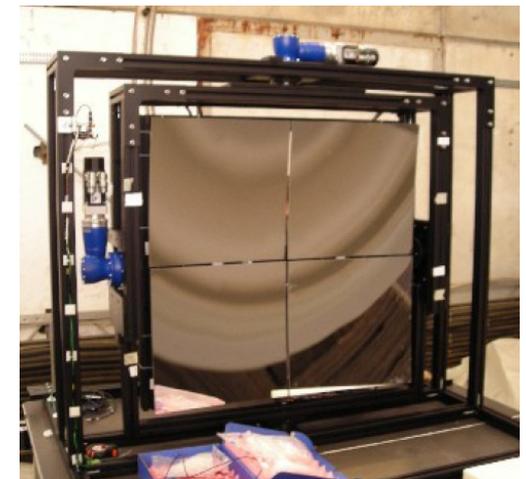
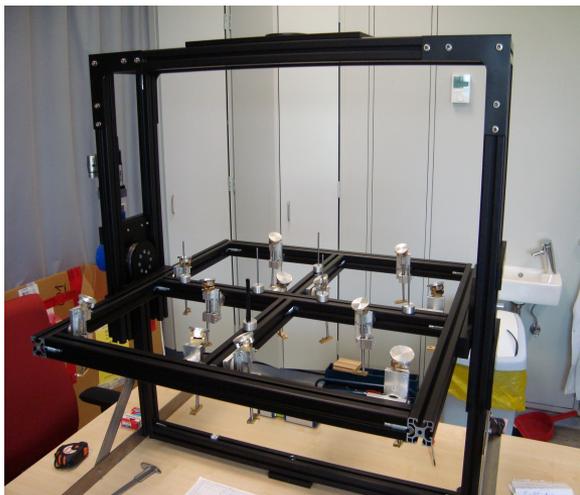
В 2012 г. продолжены тесты на ускорителе

Помимо **H8500** также испытывались **H10966**, **R11265** и **XR85012**

В ПИЯФ разработан и реализован в прототипе вариант подвеса по трехточечной схеме с двойным карданным шарниром. В структуру узла подвеса включены электромеханические линейные актуаторы, позволяющие дистанционно настраивать зеркала на общий центр кривизны.



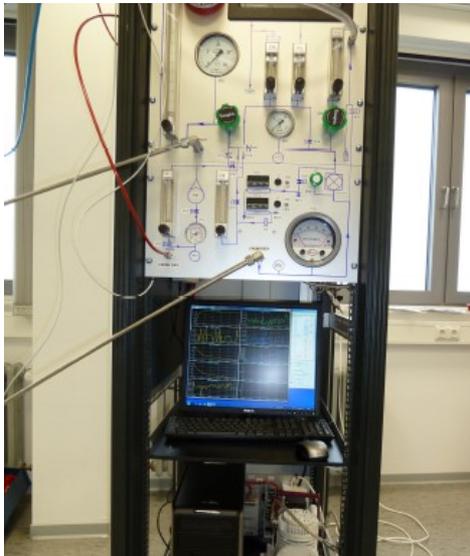
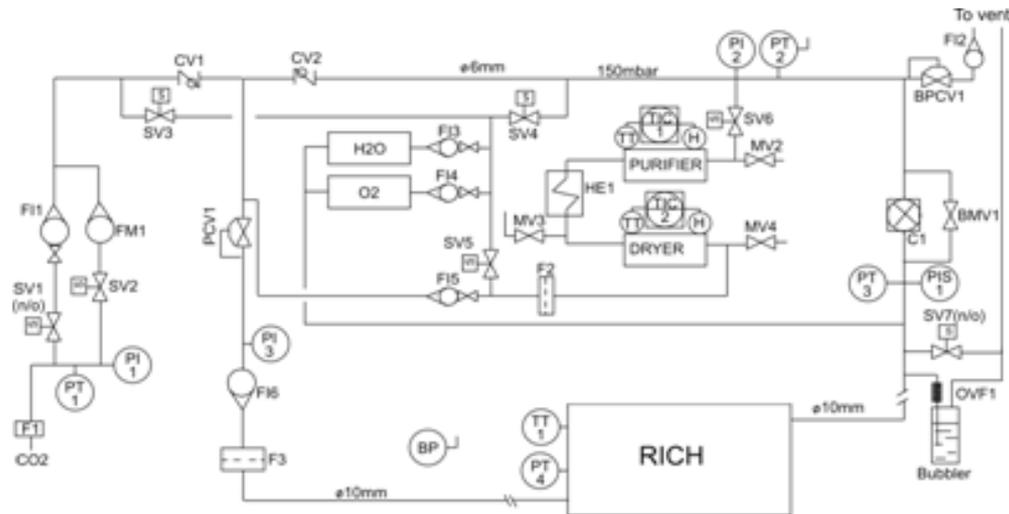
Практическая реализация

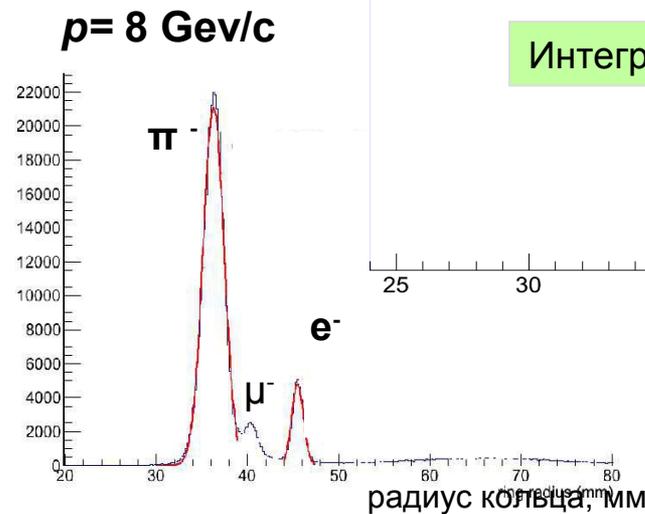
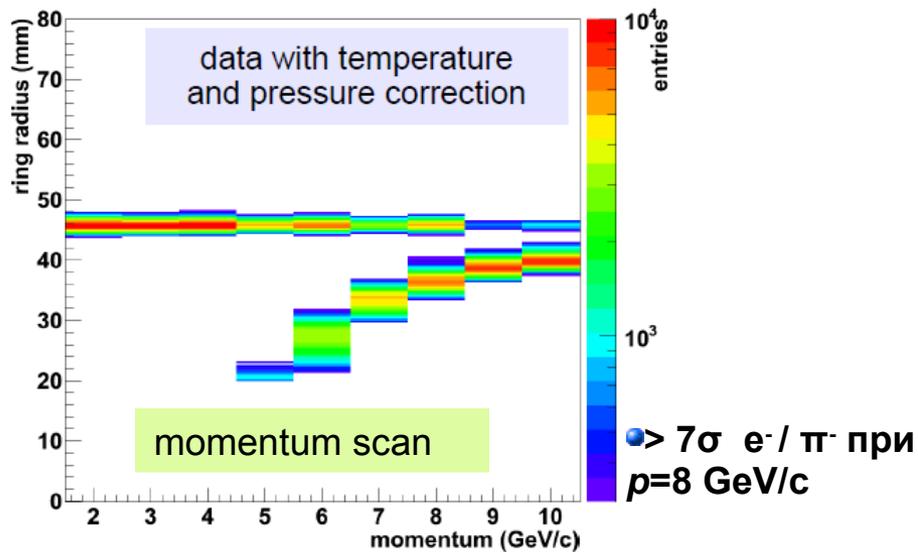
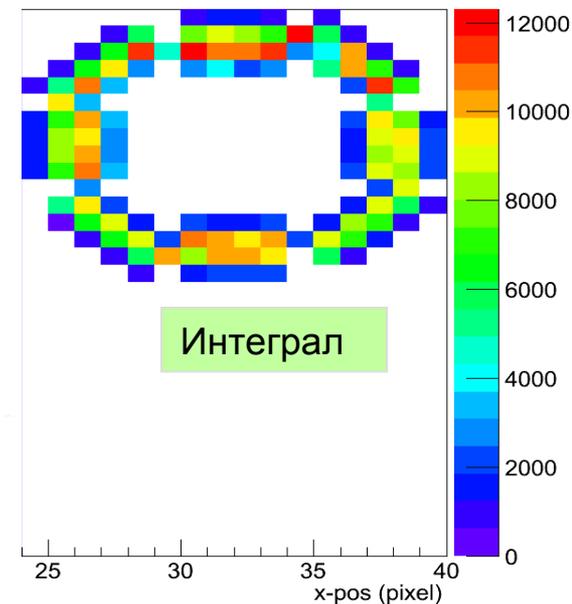
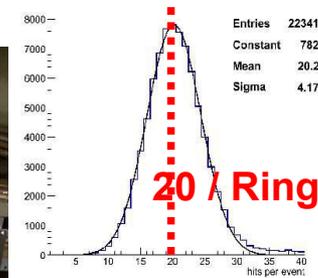
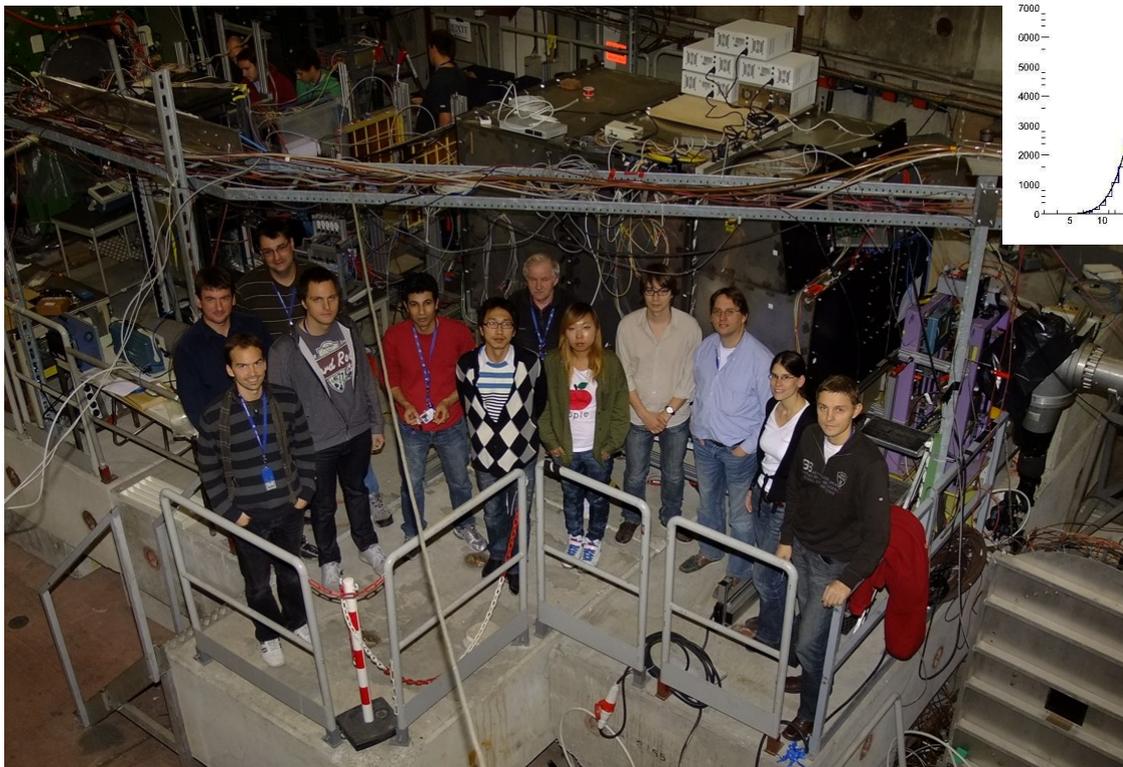


Газовая система (ПИЯФ)

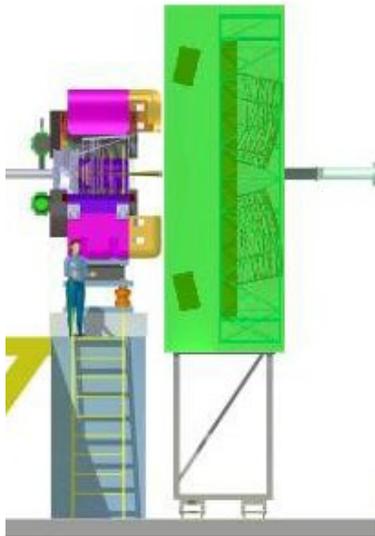
Для прототипа спроектирована и реализована газовая система

С небольшими изменениями такая система годится и для реального детектора

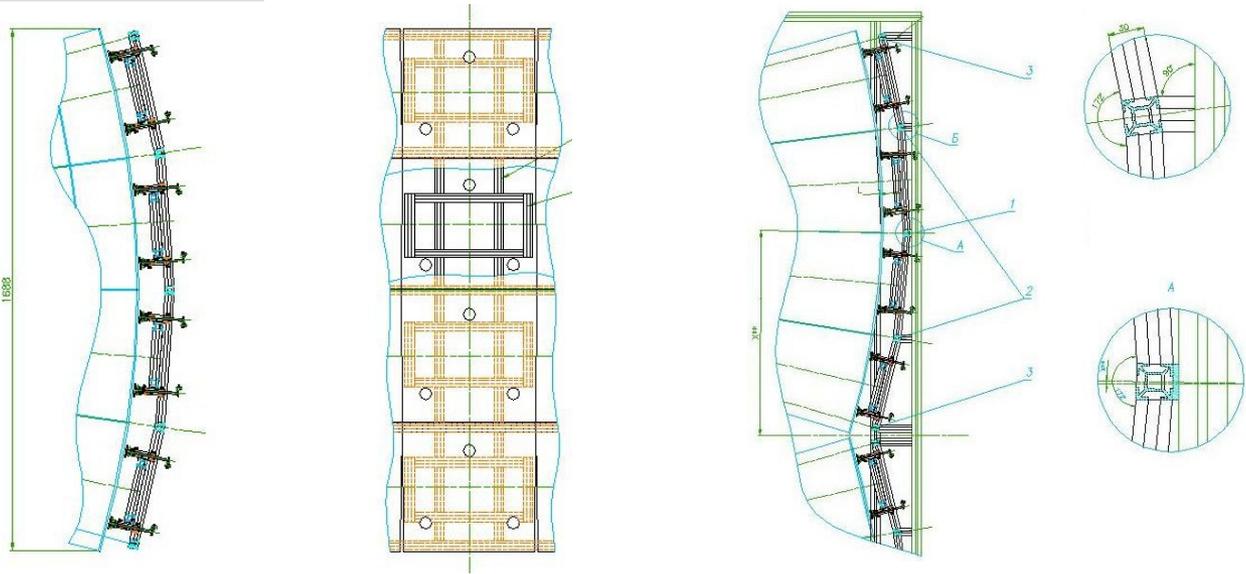




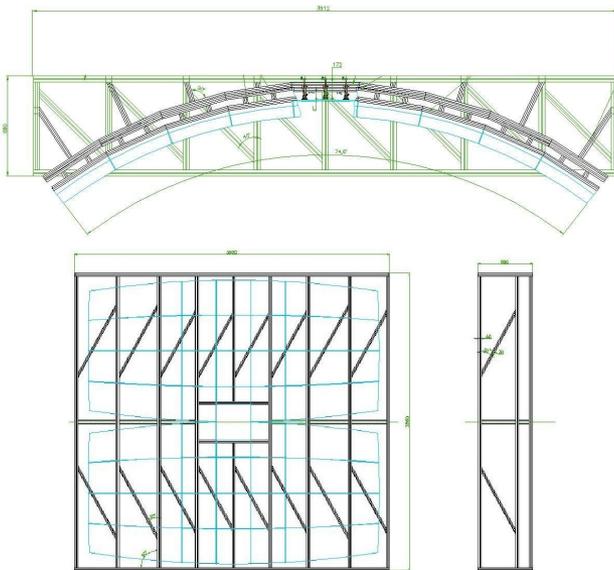
Конструкторские разработки



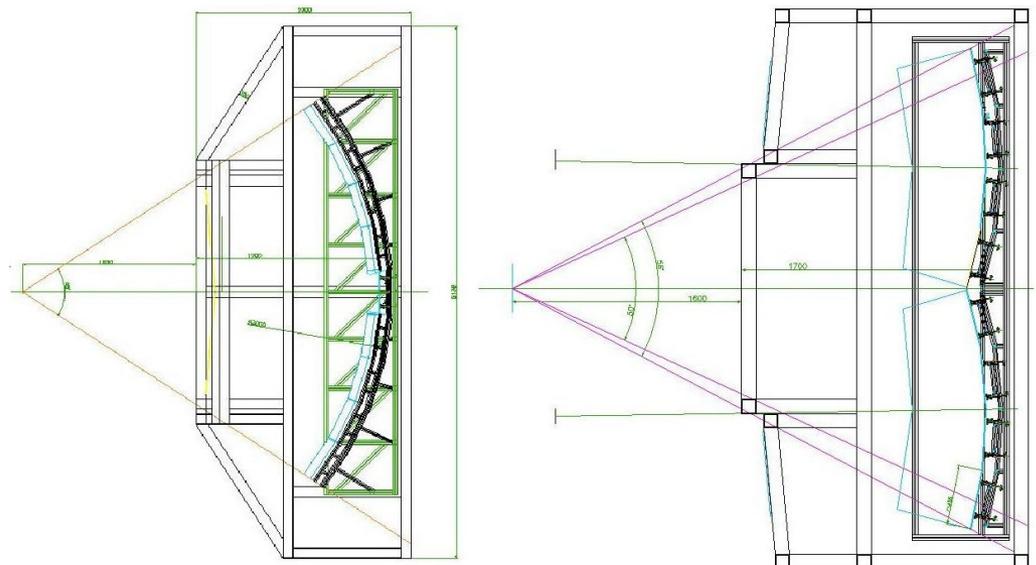
Расположение RICH



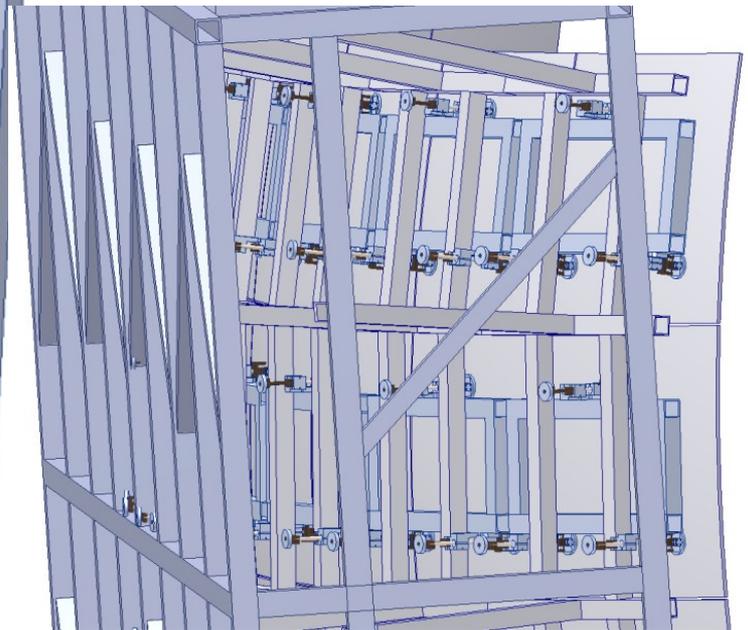
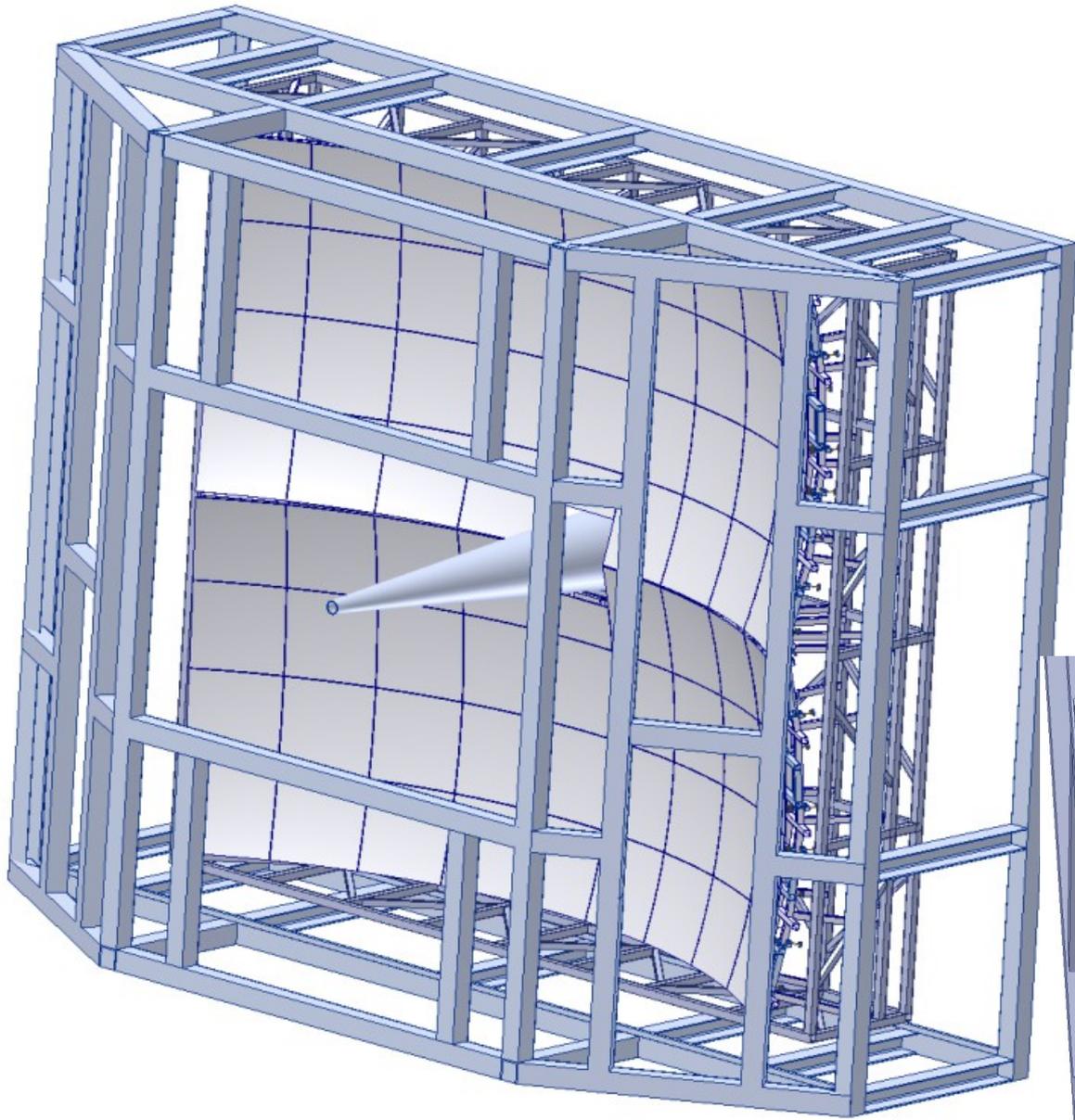
Ферма для поддержки фрагментов зеркала



Поддерживающая ферма



Вид сверху (лево) и сбоку (право)

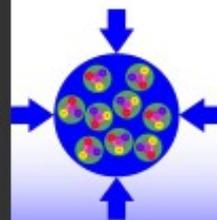


Тесты полномасштабного прототипа продемонстрировали правильность выбранной концепции и найденных технических решений.

На сегодняшний день имеется начальная версия TDR и ведется активная работа для его завершения.

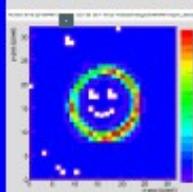
По плану TDR должен поступить на рецензию внешних экспертов в феврале 2013 г.

Одобрение – июнь 2013 г.



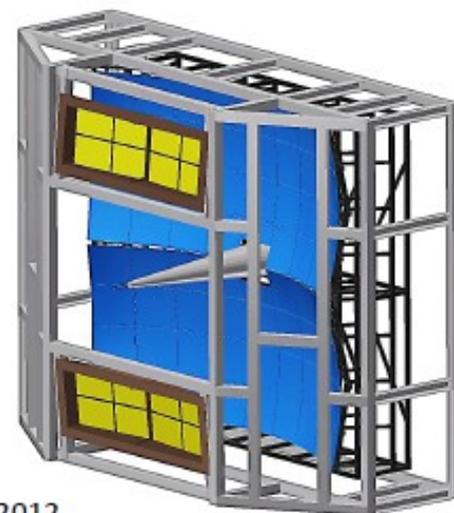
Compressed Baryonic Matter Experiment

Technical Design Report for the CBM



Ring Imaging
Cherenkov (RICH)
Detector

The CBM Collaboration

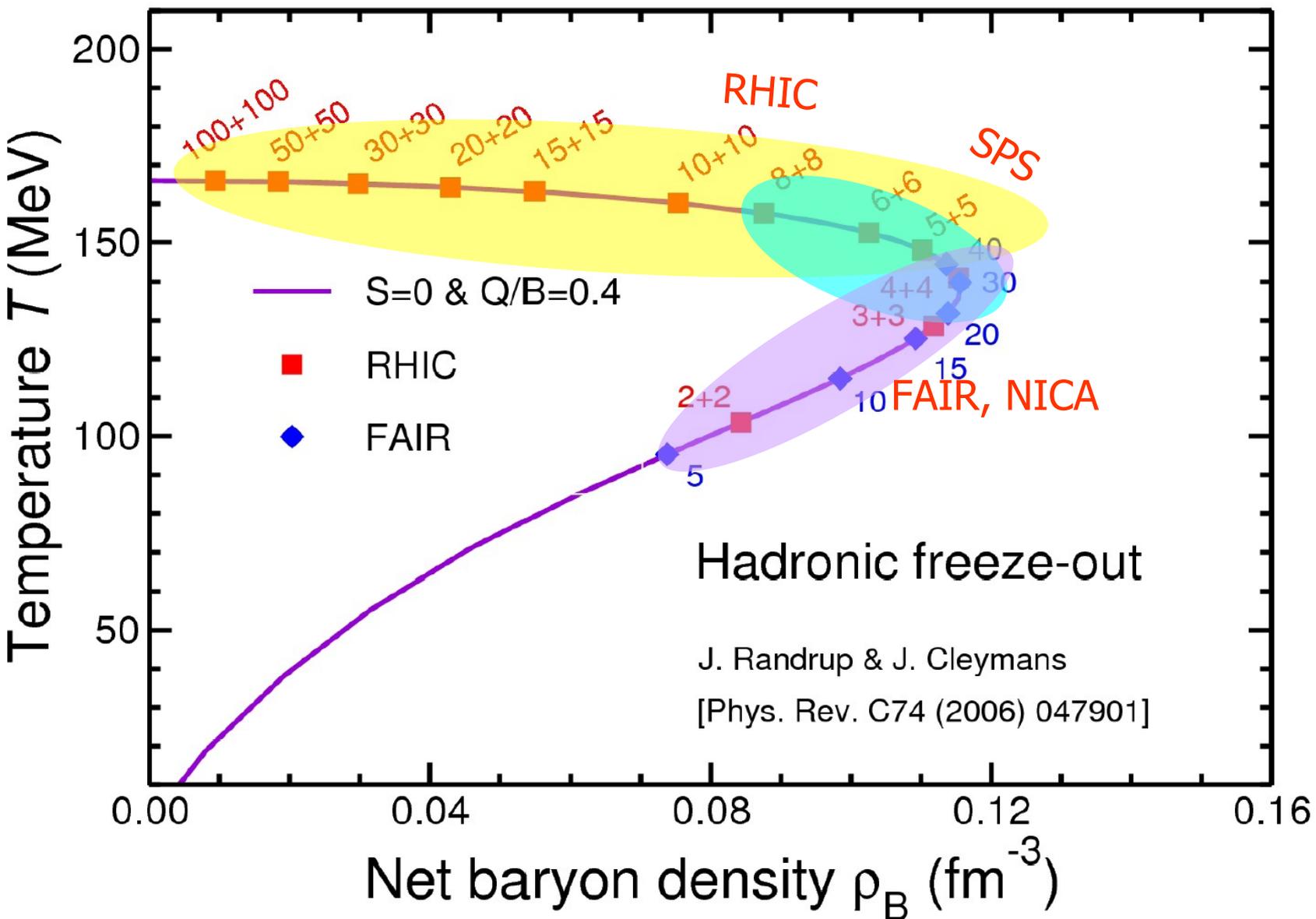


November 2012

Благодарю за внимание

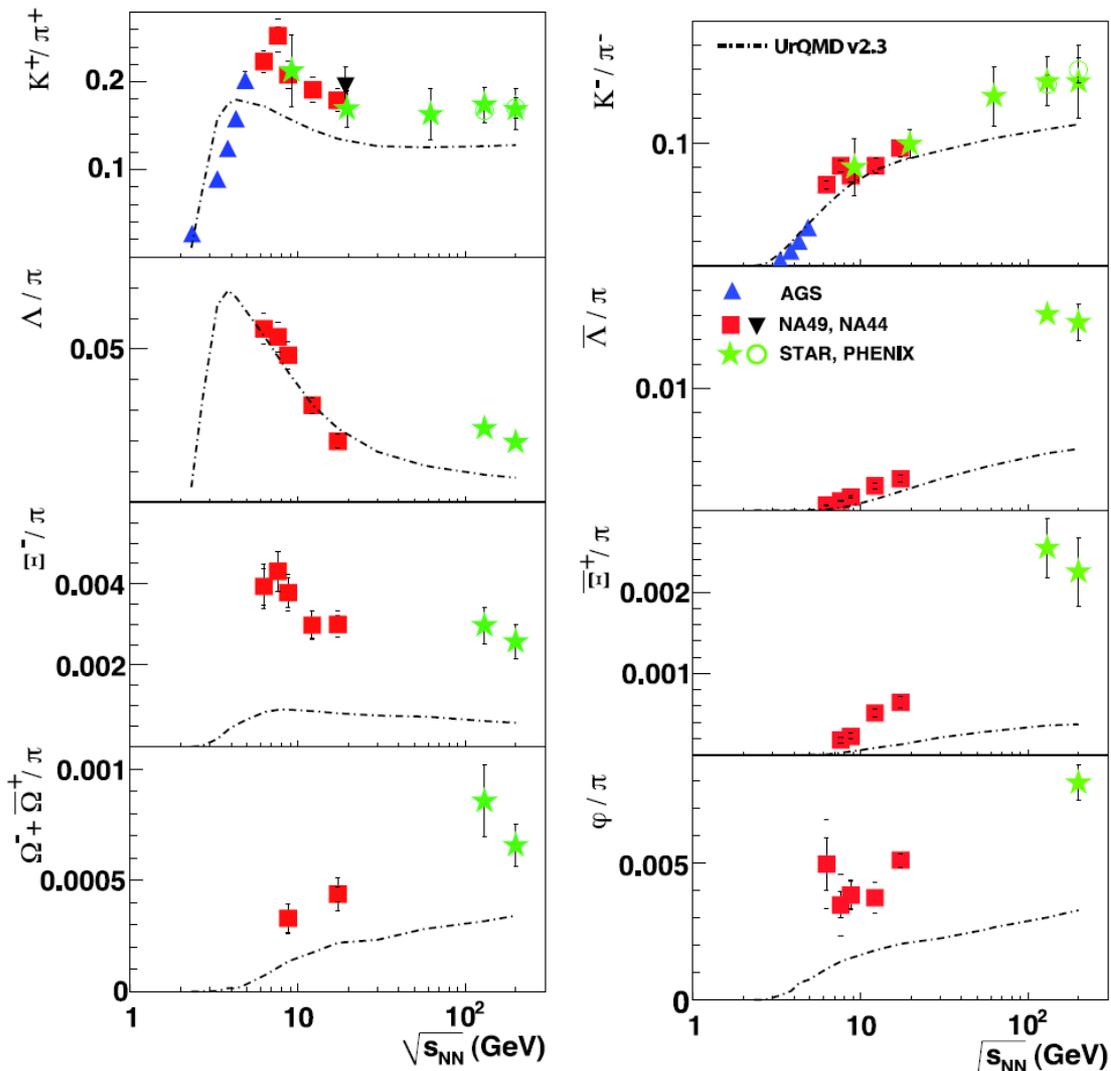
BACK UP

Freeze-out conditions



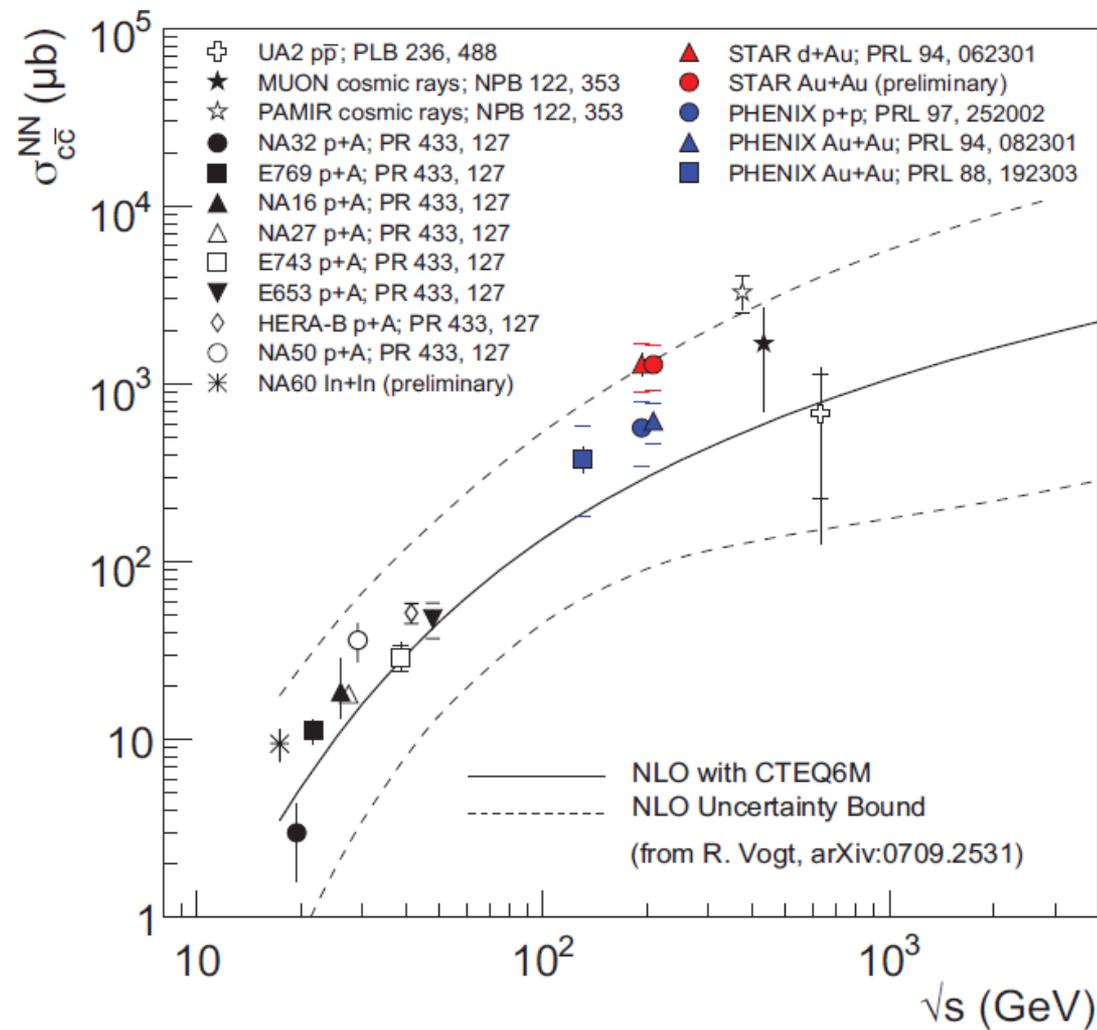
Results of a pioneering experiment (NA49)

Total number of central Pb+Pb collisions at 20, 30, 40 A GeV: ~ 700000 events per energy



CBM: 1 min

Data on total charm production



Заявка ПИЯФ на участие в MuCh, согласованная с немцами и индусами

Вид работ		Разбивка объёмов работ по годам (млн. Евро)							Всего
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
1. Создание мюонного детектора MuCh* (Muon detection system, PSP – 1.1.1.11)									
1.1. Абсорберы, включая механику поддержки (absorbers including support)	НИОКР	0.02	0.04	0.02					0.08
	Изготовление и доставка			0.2	0.2	0.3	0.17		0.87
	Монтаж на месте CBM						0.04	0.04	0.08
1.2. Детекторы трековой системы на основе straw tubes и GEM (fast micro-pattern detectors and straw tubes detectors)	НИОКР	0.04	0.03						0.07
	Изготовление и доставка			0.2	0.37	0.37	0.15		1.09
	Установка и настройка						0.06	0.06	0.12
	Доп. оборудование	0.03	0.02	0.01					0.06
1.3. Система подачи высокого напряжения (HV system)	НИОКР	0.02	0.02						0.04
	Изготовление и доставка			0.11	0.22	0.22	0.12		0.67
	Установка и настройка						0.02	0.03	0.05
1.4. Система низковольтного питания (LV system)	НИОКР	0.02	0.01						0.03
	Изготовление и доставка			0.07	0.08	0.11	0.08		0.34
	Установка и настройка						0.02	0.03	0.05
1.5. Система газообеспечения (gas supply system including controls)	НИОКР	0.02	0.01						0.03
	Изготовление и доставка			0.05	0.15	0.31	0.12		0.63
	Установка и настройка						0.02	0.03	0.05
1.6. Конструкция для размещения трековой системы (detector mechanics, mainframe)	НИОКР	0.03	0.02						0.05
	Изготовление и доставка			0.2	0.2	0.3	0.14		0.84
	Установка и настройка						0.03	0.04	0.07
1.7. Система юстировки и геометрических измерений (alignment)	НИОКР	0.03	0.03						0.06
	Изготовление и доставка			0.05	0.05	0.7	0.04		0.21
	Установка и настройка						0.03	0.05	0.08
	Доп. оборудование	0.01	0.01	0.01					0.03
Итого:		0.22	0.19	0.92	1.27	1.68	1.04	0.28	5.6

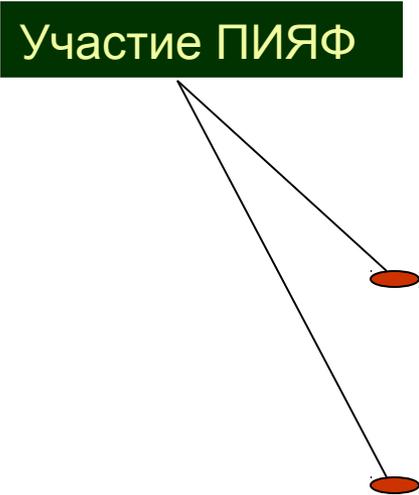
SIS300 – далекая перспектива

Принятая стратегия – поэтапное создание детектора в полной версии при начале работы на **SIS100** в стартовой конфигурации

Table 2: Costs and expected funding of the CBM start version at SIS100

Detector or Subsystem	Costs		expected funding for CBM start version	
	CBM full version at SIS300	CBM start version at SIS100	Germany (until 2018) §	international partners
	Construction cost Mio € (2009)	Construction cost Mio € (2009)	only investment for Construction Mio € (2009)	only investment for Construction Mio € (2009)
MVD	2.1	2.1	2.0	0.1
STS	9.6	9.6	6.0	3.6
TRD*	9.2	4.0	2.5	1.5
RICH	5.9	5.9	3.0	2.0
TOF	7.4	7.4	2.3	5.1
DAQ*	3.7	3.0	1.5	0.9
FLES*	6.0	3.0	1.0	0
Magnet	4.0	4.0	0	4.0
MuCh*	10.6	4.0	0	4.0
PSD	1.1	1.1	0	1.0
Infrastructure	5.0	5.0	5.0	0
ECAL*	10.6	3.0	0	3.0
Sum	75.7	52.1	23.3	25.2

Участие ПИЯФ



TDR*, DAQ*, FLES*, MuCh* and ECAL* will have a reduced layout for the CBM Start version at SIS100

§ There will applications to the German BMBF after 2018 for further funding

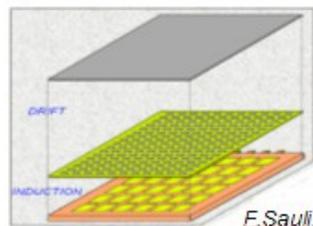
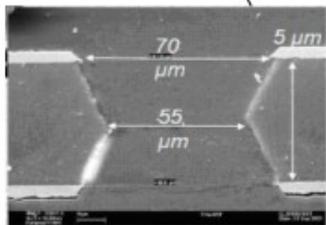
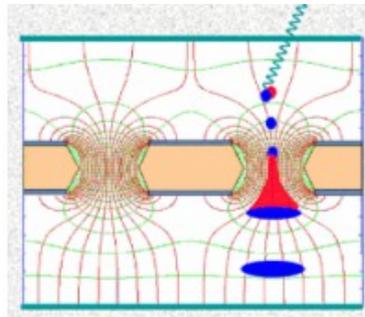
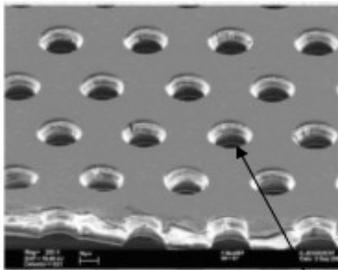
R&D – выбор базовых детекторов трековой системы MuCh

Требования СВМ :

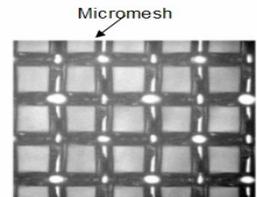
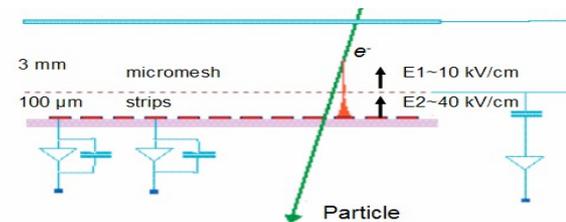
- до 10^7 событий/с, каждое из событий содержит до **1000** треков заряженных частиц
- разумное пространственное разрешение → $\sigma \sim 600\mu$
- низкая вероятность разрядов
- радиационная стойкость

Кандидаты:

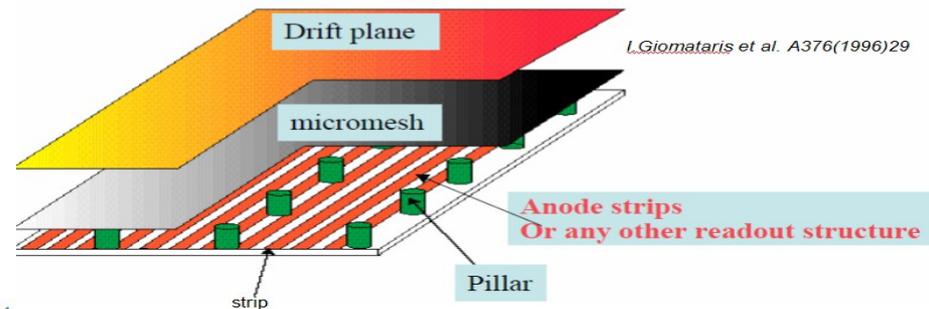
- **центральная область** – детекторы на основе **GEM, MICROMEGAS** или их комбинации
- **периферия** – **TGEM**

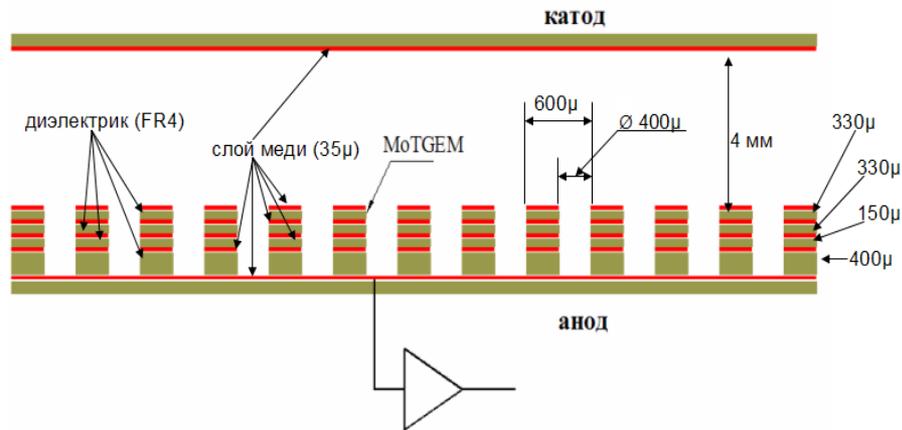


E. Sauli, NIM A386(1997)531



L. Giomataris et al. A376(1996)29





По сути это многослойная печатная плата, в которой сверлятся отверстия. При этом специальная технологическая операция прецизионного травления меди вокруг отверстий, как это делается в случае традиционного Thick GEM детектора, не осуществляется. Привлекательность такой структуры для создания крупномасштабных детектирующих систем очевидна. Испытывались образцы с различной толщиной и материалом диэлектрика в слоях, с различными диаметрами отверстий и различным шагом между отверстиями.