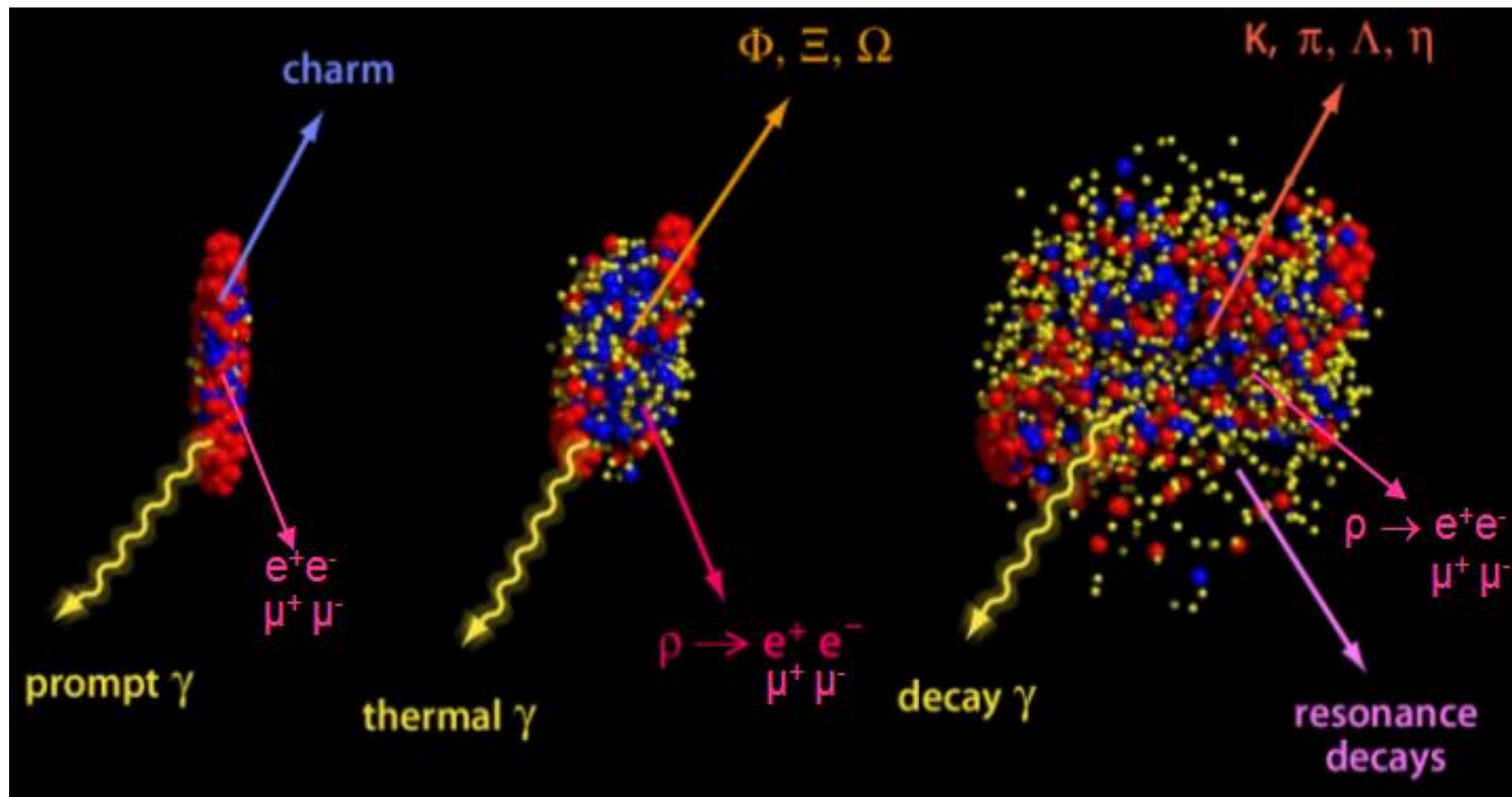


Эксперимент СВМ

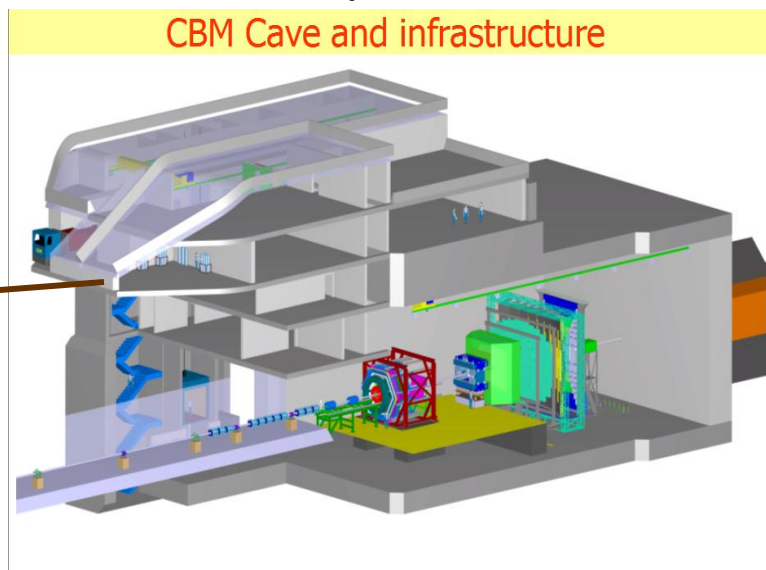
2013 г.



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 **2018-2019** гг. 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)

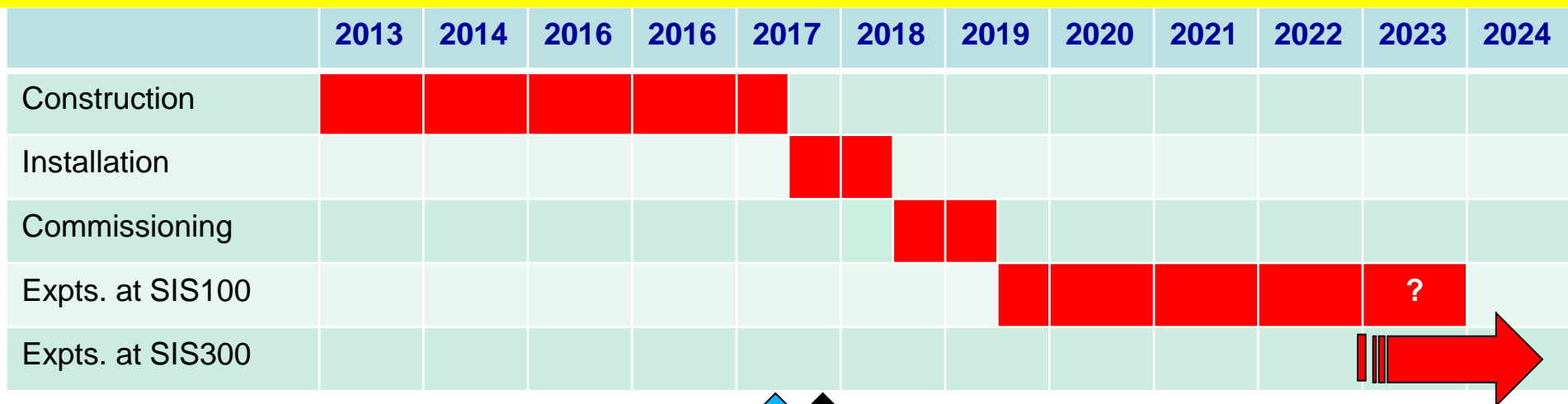
при $E_{кин} = 11 \text{ A GeV}$ $\sqrt{s_{NN}} \approx 5 \text{ GeV}$ (SIS100)

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

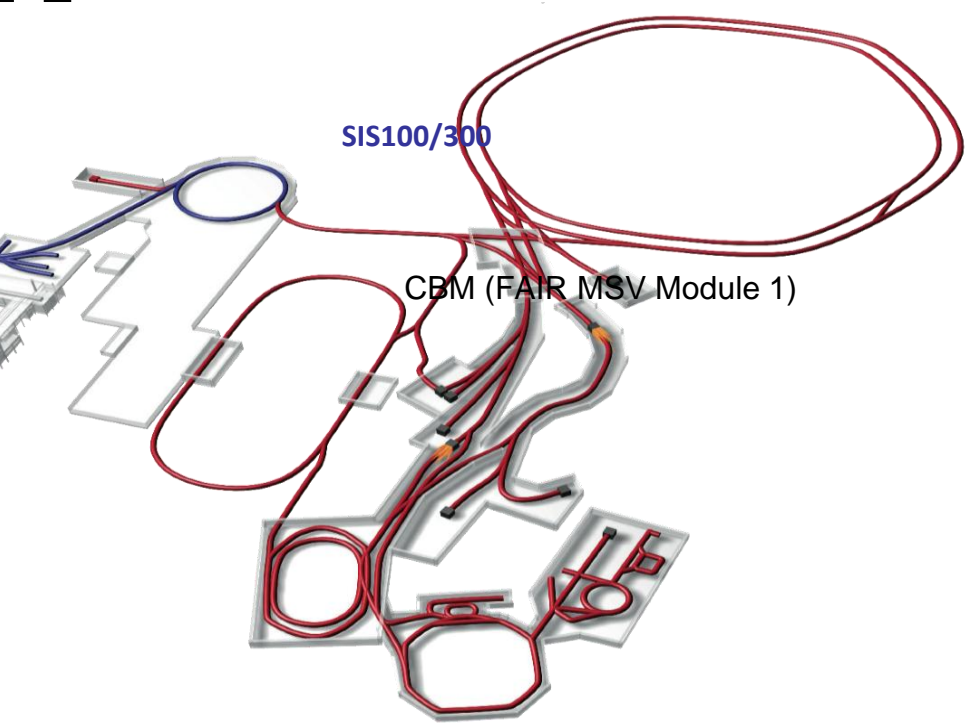
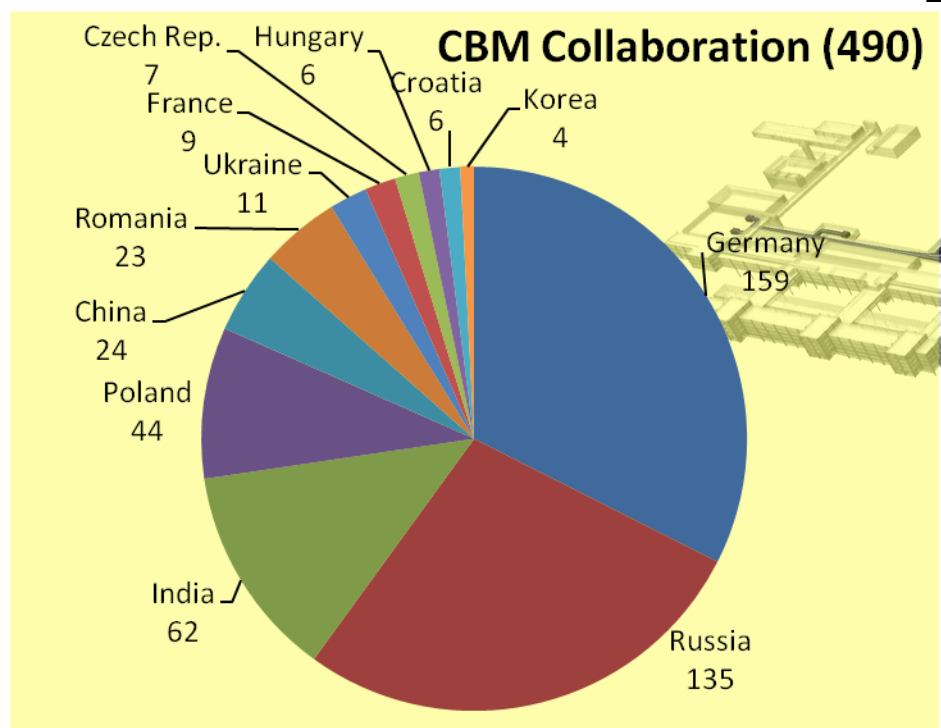
Физическая программа:

- 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

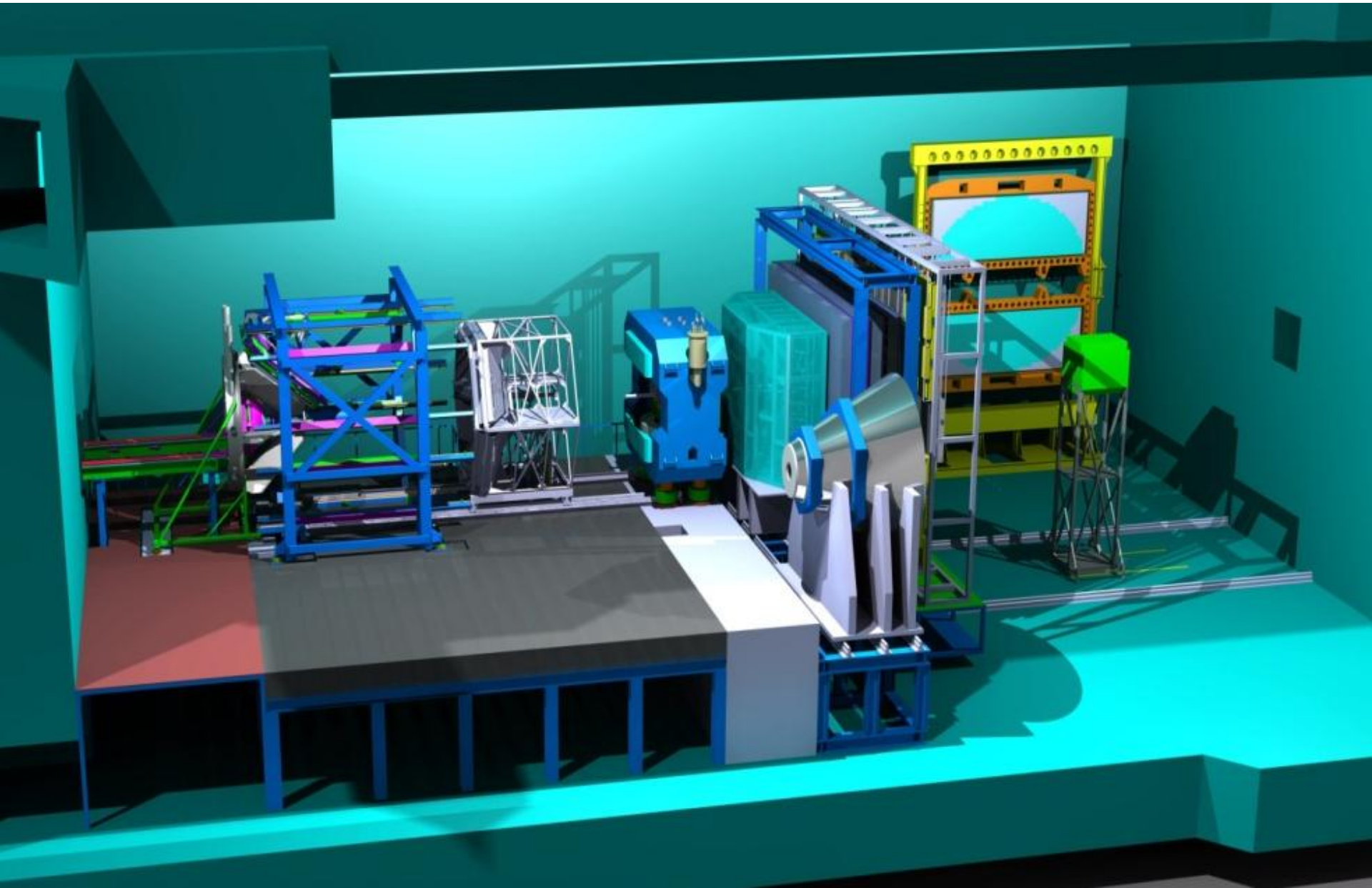
CBM time line



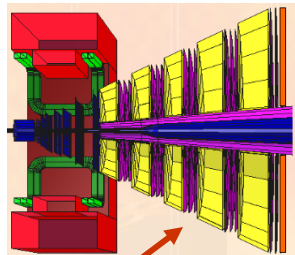
↑ Cave ready
 ↑ SIS100 ready



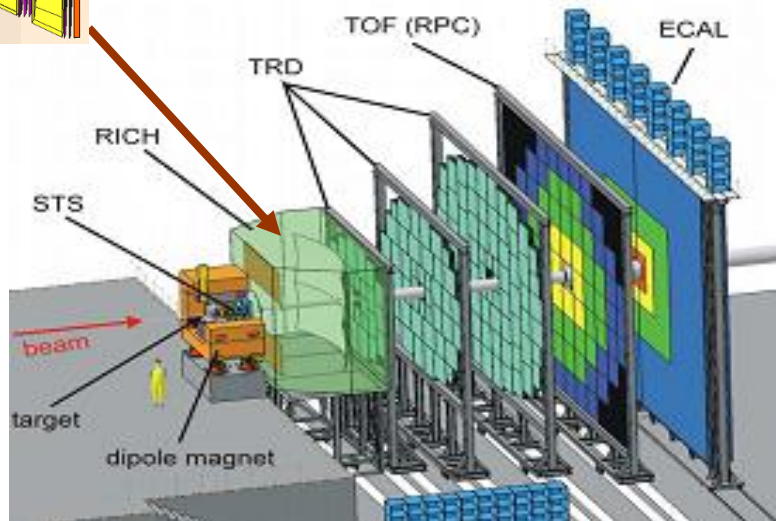
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАЛ ДЛЯ CBM и HADES



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):

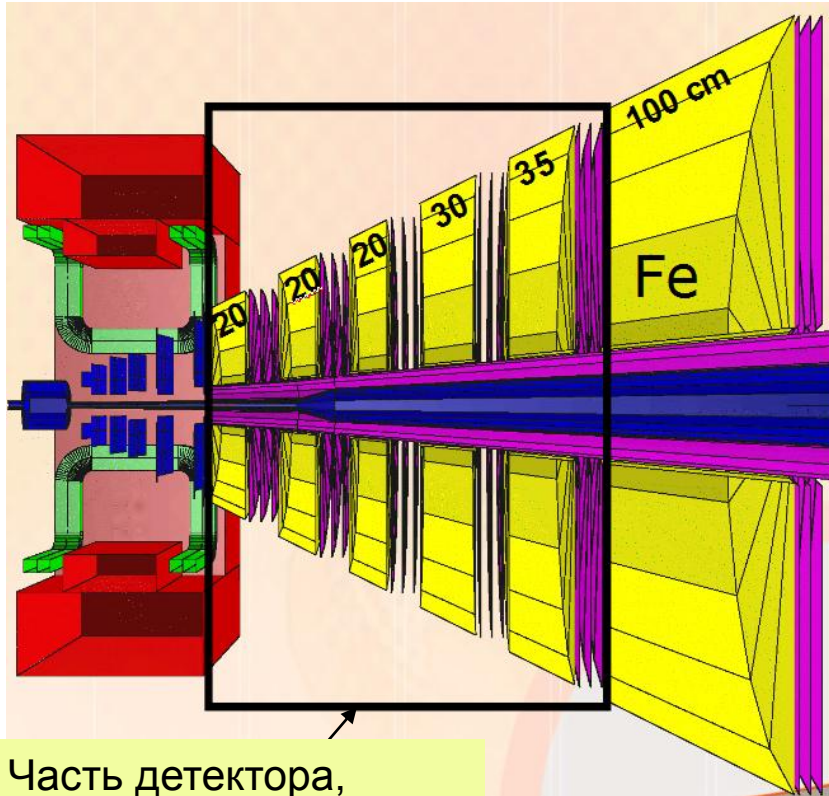
1. MuCh

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

2. RICH

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

Мюонный детектор MuCh (полномасштабный вариант – SIS300)



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

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

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

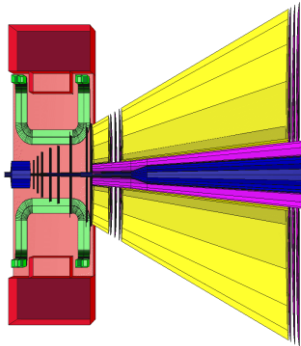
Станции **1,2** – по три камеры в станции,
каждая камера из **3GEM** или **GEM +**
MICROMEGAS

Станции **3,4** – **TGEM**, **5,6** – **straw**

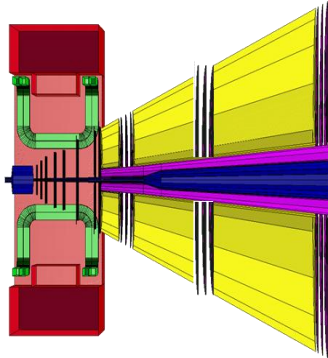
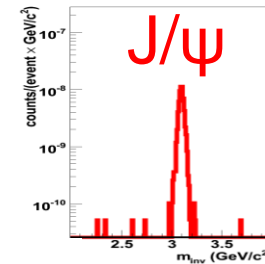
Число каналов электроники $\sim 10^6$

Стратегия – поэтапное создание полномасштабной версии детектора

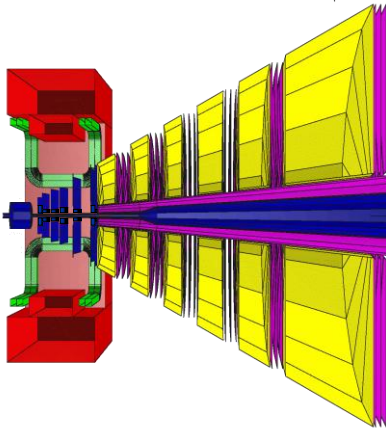
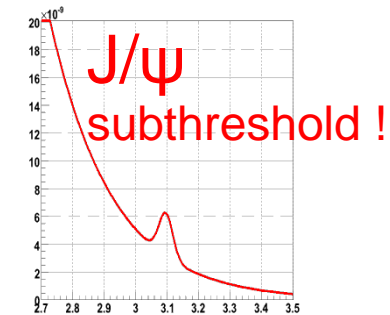
Example for upgrade scenario: Muon detector



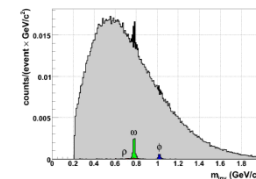
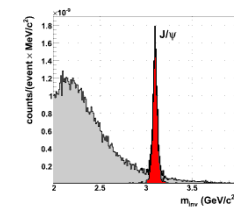
Start version I
25 GeV p+A \rightarrow J/ ψ
Iron absorber: 20+205 cm
2 detector triplets:
GEM + straw tubes



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

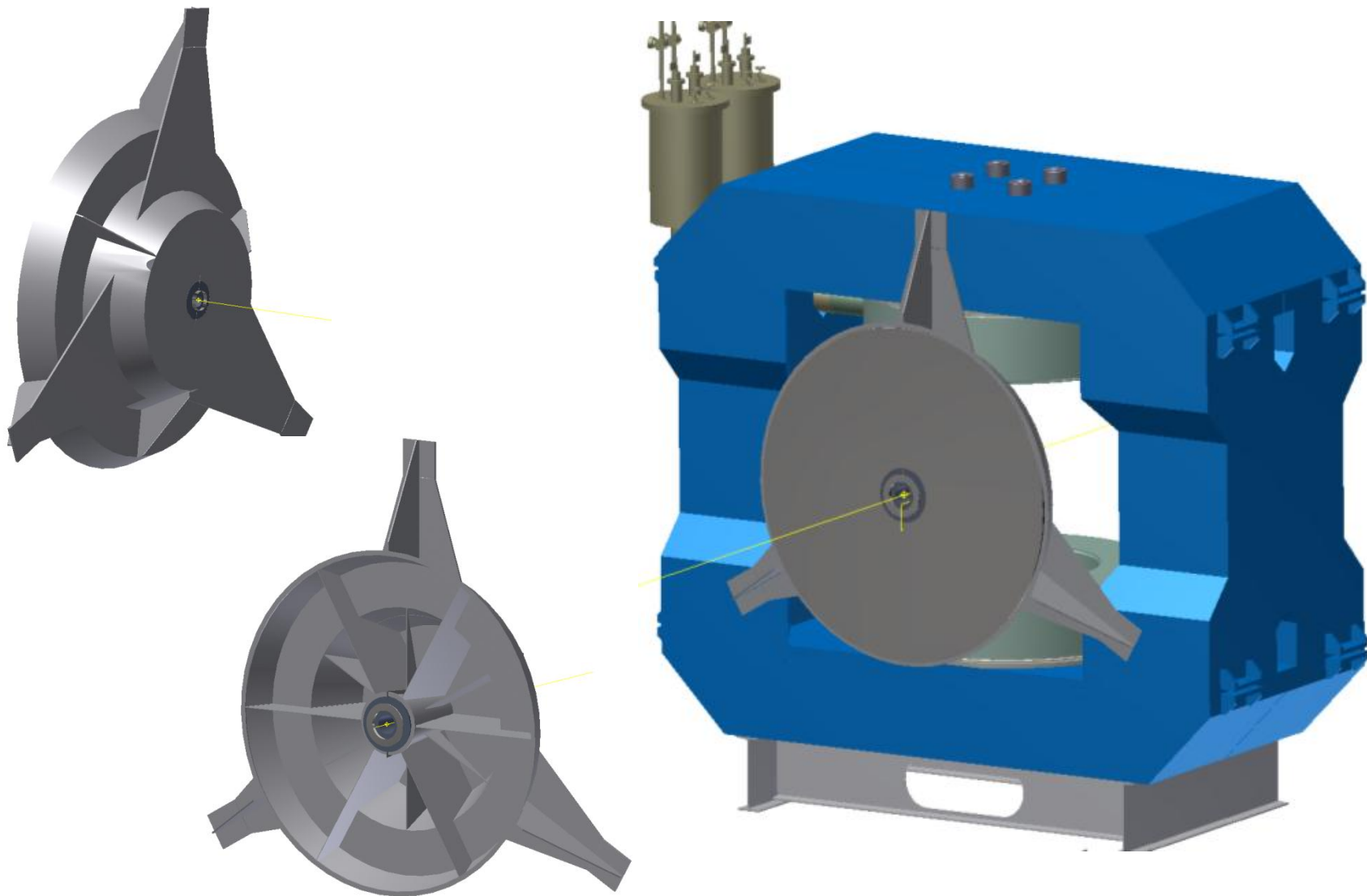
Заявка ПИЯФ на участие в MuCh, согласованная с немцами и индусами

1. Абсорберы, включая механику поддержки
2. Конструкция для размещения трековой системы
3. Система юстировки
4. Газовая система
5. Детекторы трековой системы на основе GEM (или гибрид Micromegas+GEM), TGEM
6. Система подачи высокого напряжения ? ? ?
7. Система низковольтного питания ? ? ?

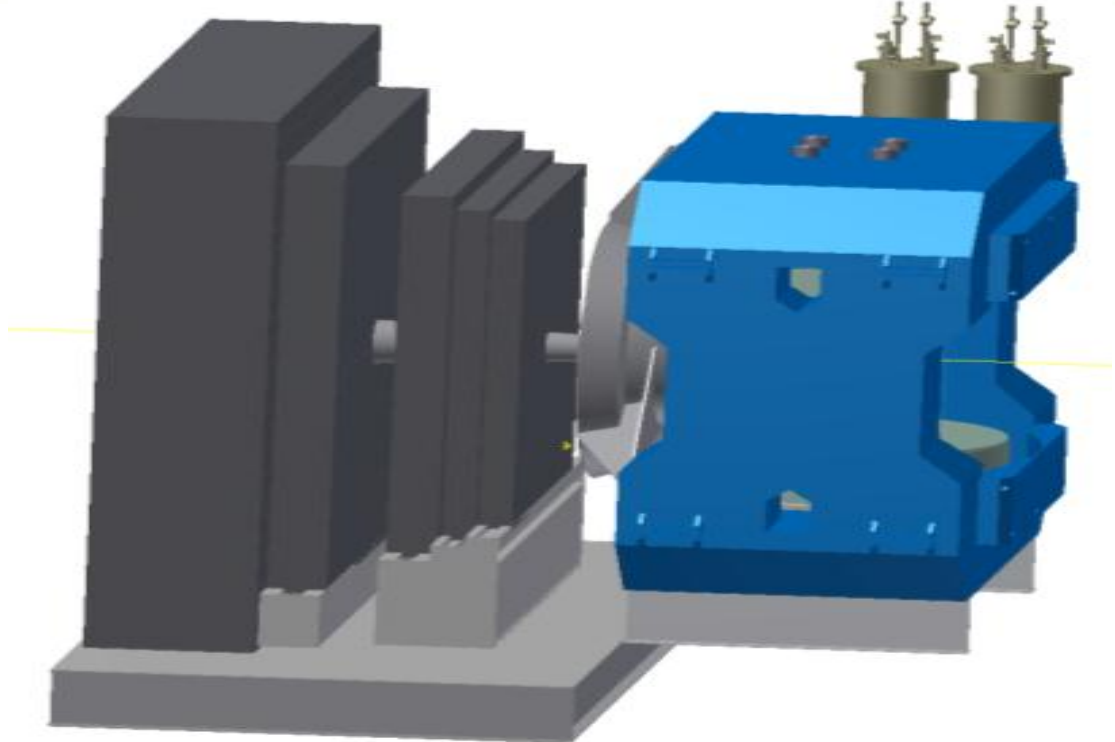
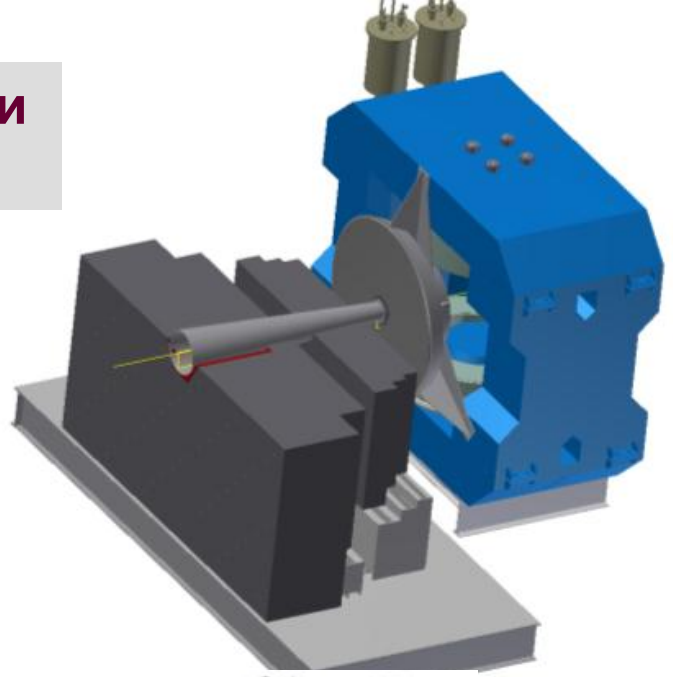
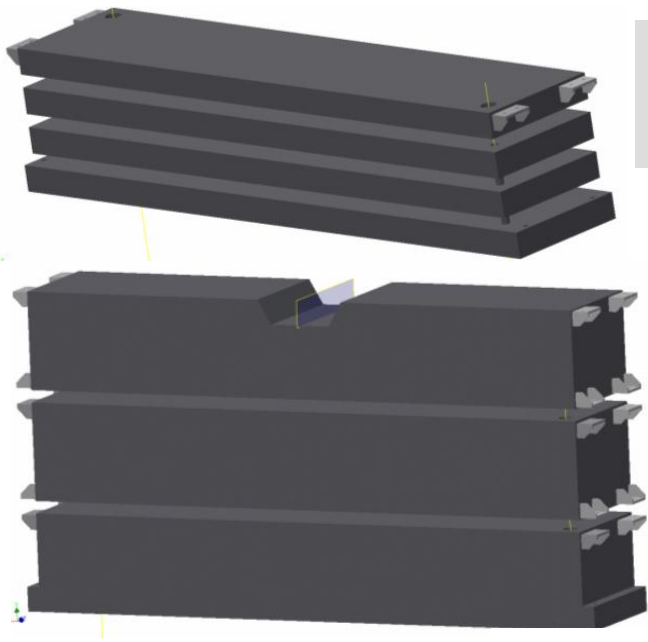
На сумму 5.6 М€ ???

Абсорбер 1

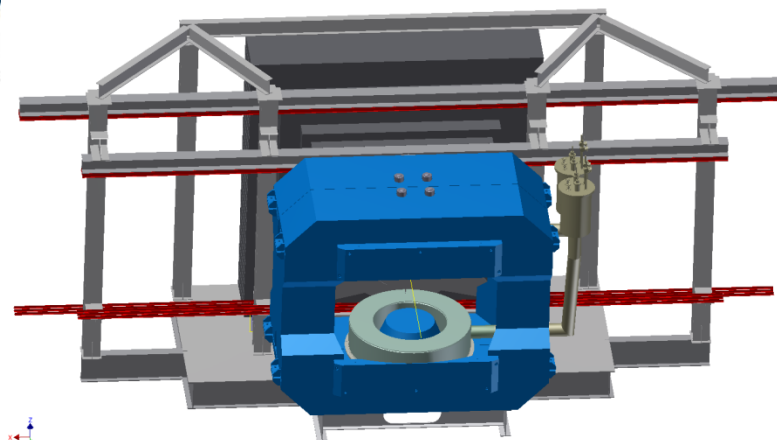
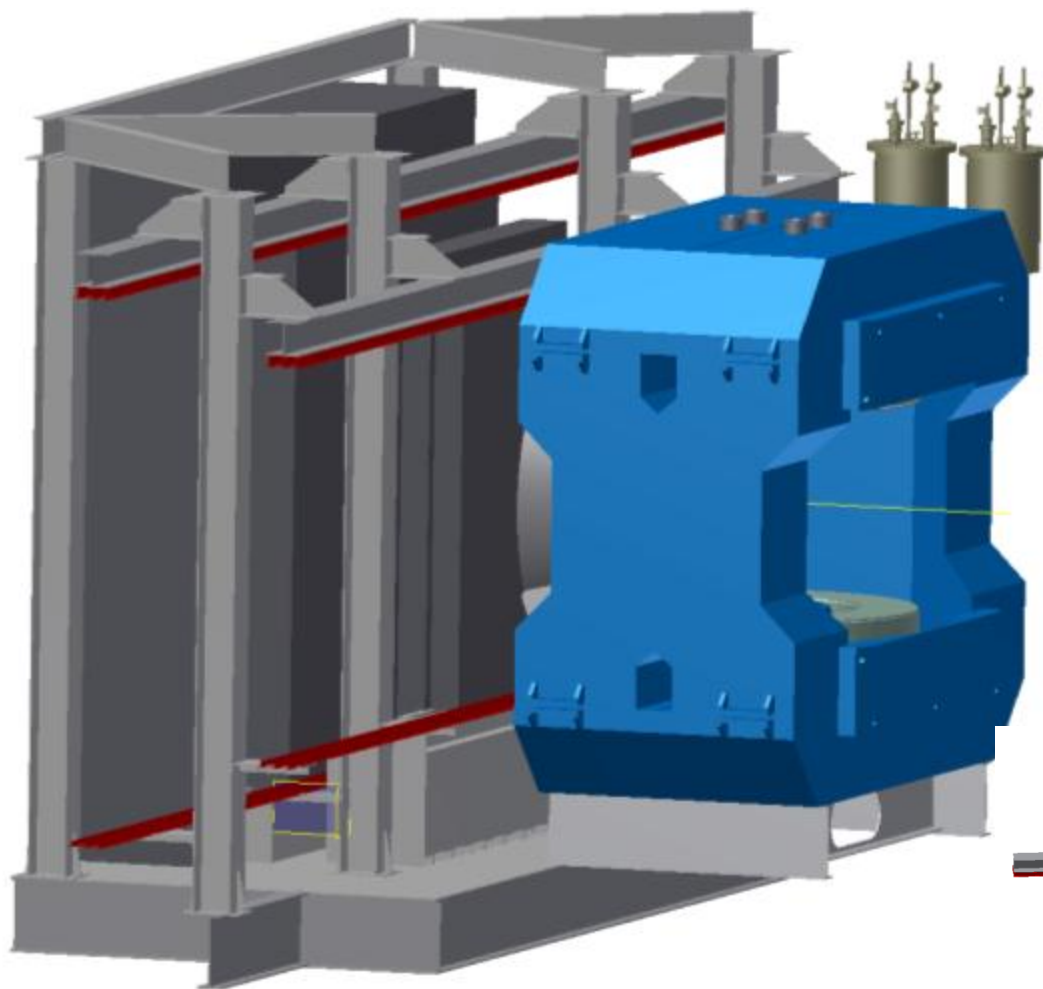
Свинец $3^\circ - 5.8^\circ$, Углерод $5.8^\circ - 25^\circ$, вакуумный тракт внутри

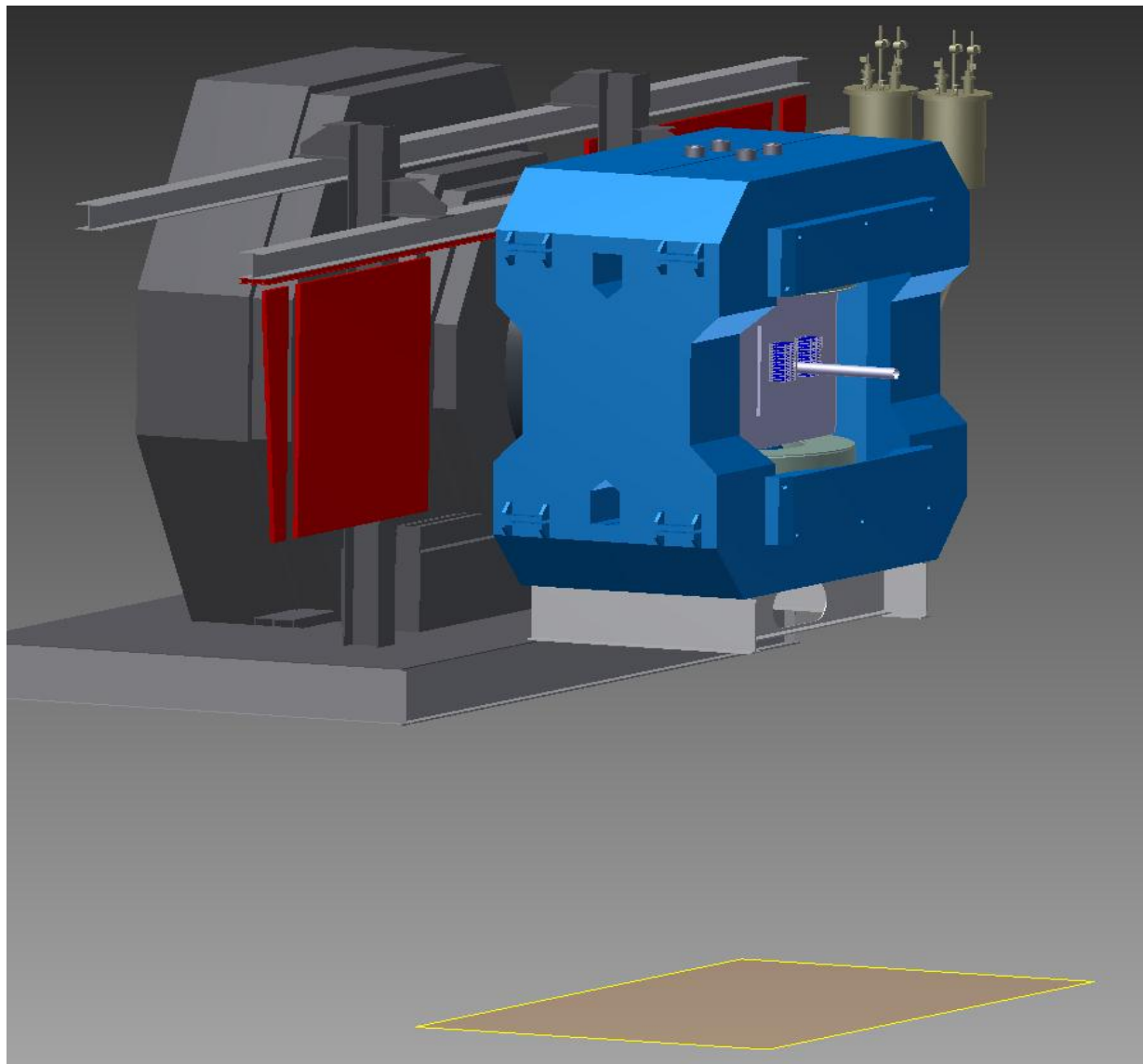


Концепция сборки абсорбера



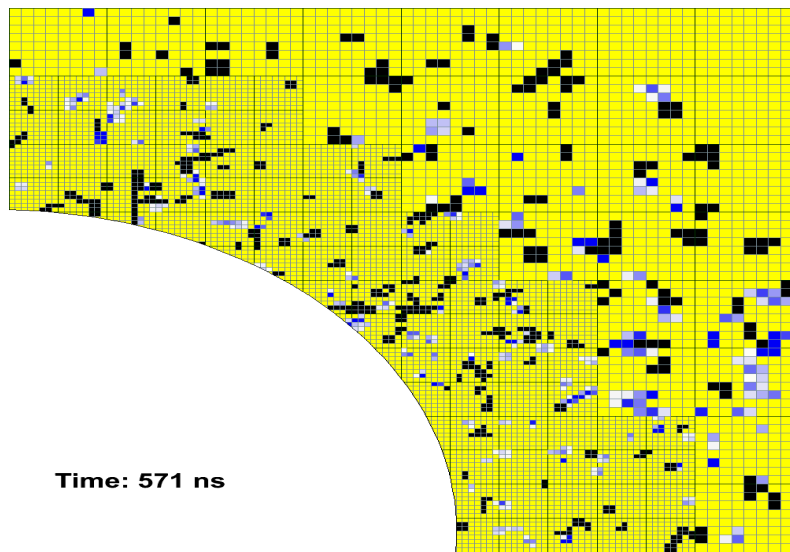
**Абсорбер + структура
поддержки камер**



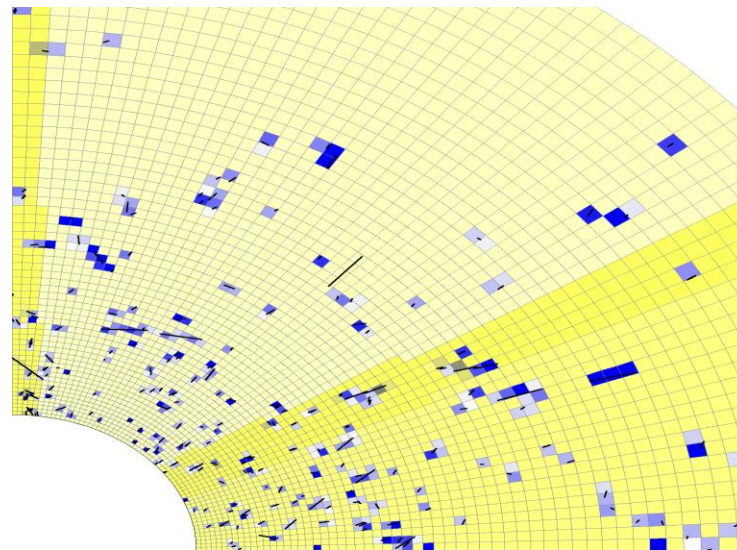


**Абсорбер + структура
поддержки камер +
половина камеры в
сервисном положении**

Продолжается МС моделирование с целью оптимизации трековых станций



Модульная структура



Секторная структура

В процессе моделирования используются созданные нашими сотрудниками комплекс программ и компьютерная модель детектирующих элементов. Справедливость модели подтверждена в тестовом сеансе на ускорителе в ЦЕРНе (2011 г.)

R&D – выбор базовых детекторов для трековой системы

- станции 1,2 – GEM, MICROMEGAS или GEM+MICROMEGAS
- станции 3,4 – TGEM
- станции 5,6 – straw

Загрузки в СВМ до 10^7 с⁻¹

Тестовый пучок:
интенсивность 10^5 - 10^9 см⁻²с⁻¹
растяжка ~40%

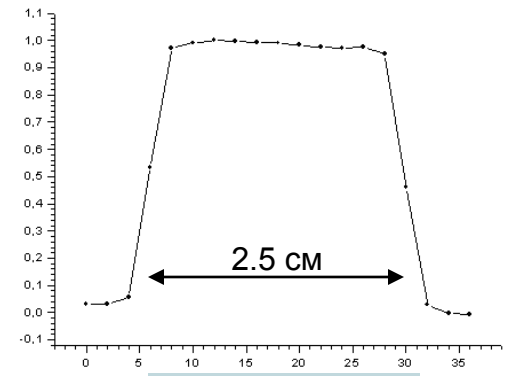
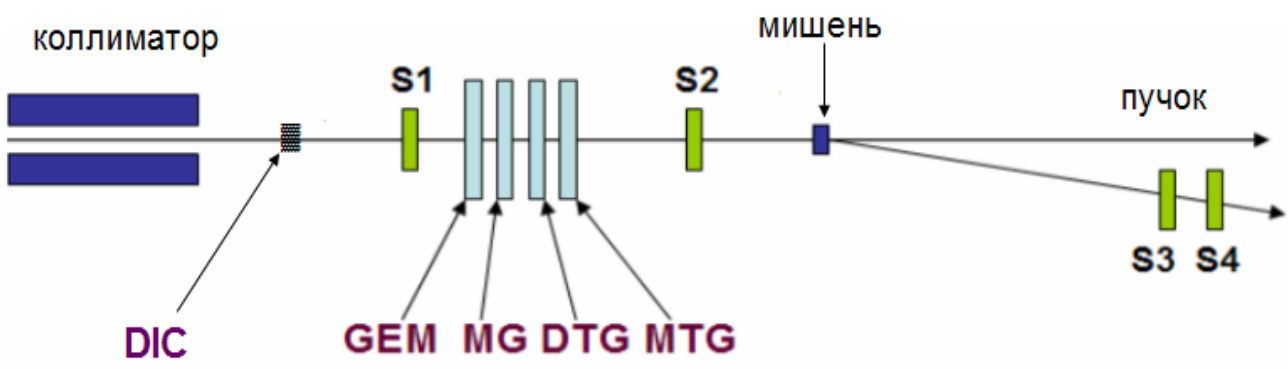
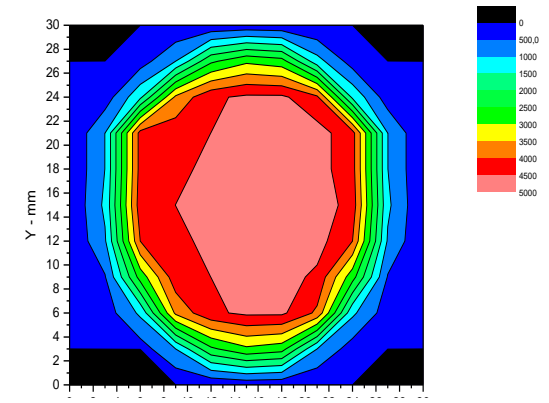
В 2012 - 2013 гг. – проверка на тестовом пучке ПИЯФ подготовленных и испытанных с помощью источников ⁵⁵Fe и ⁹⁰Sr 4-х детекторов:

GEM – двойной GEM,

MG – Micromegas+GEM,

DTG – двойной TGEM,

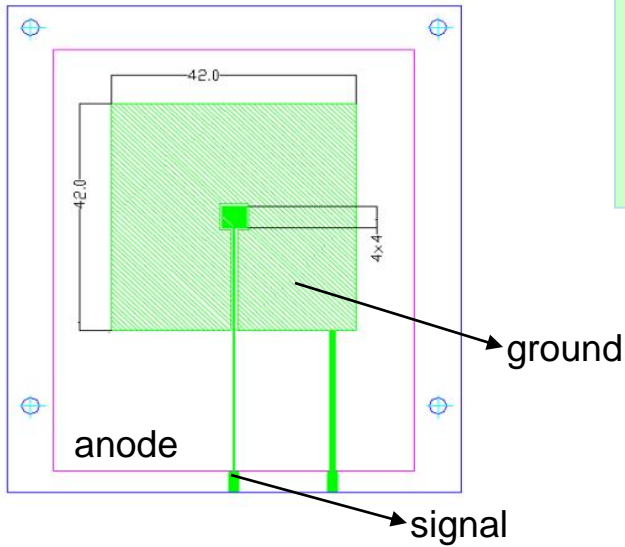
MTG – монолит. TGEM



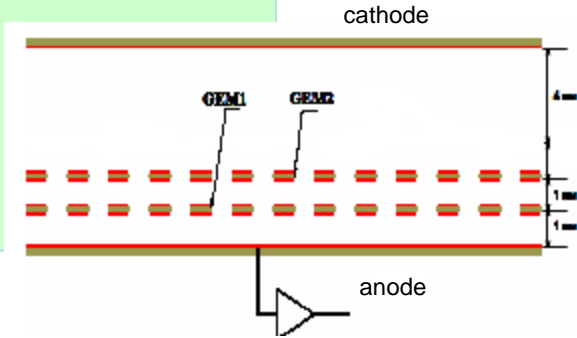
Пучок на S1

Основная задача теста – зависимость эффективности от интенсивности пучка для рабочих газов на основе аргона и гелия

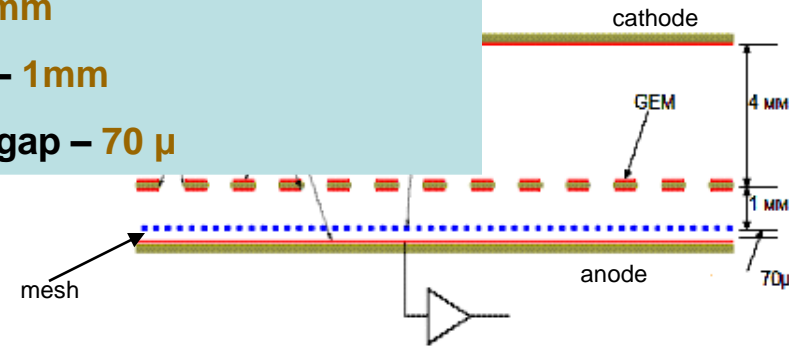
Prototypes under test



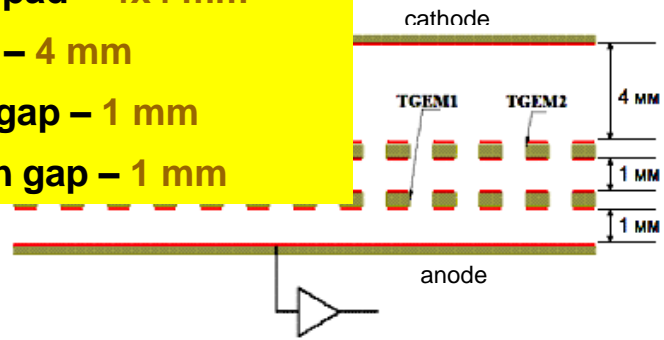
- Double GEM prototype (DG):**
- readout pad – 4x4 mm²
 - drift gap – 4 mm
 - transfer gap – 1 mm
 - induction gap – 1 mm



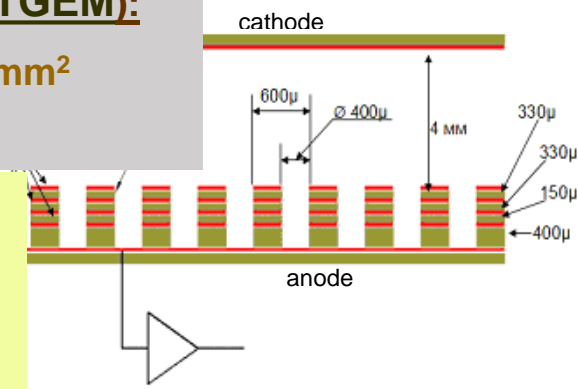
- MICROMEKAS + GEM prototype (MG):**
- readout pad – 4x4 mm²
 - drift gap – 4 mm
 - transfer gap – 1 mm
 - anode-mesh gap – 70 μ



- Double TGEM (DTG):**
- readout pad – 4x4 mm²
 - drift gap – 4 mm
 - transfer gap – 1 mm
 - induction gap – 1 mm

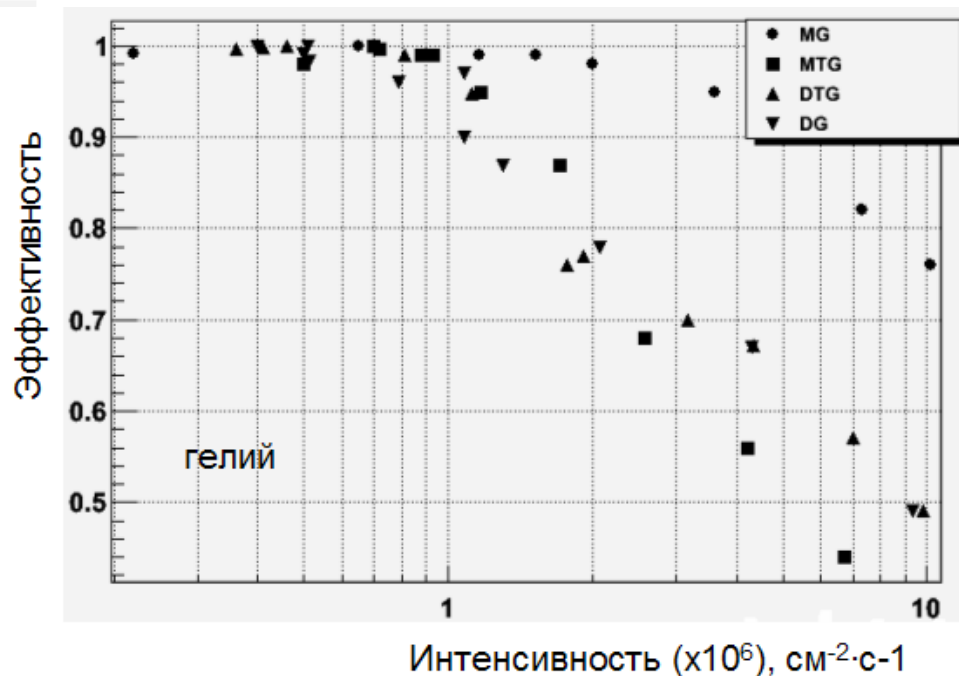
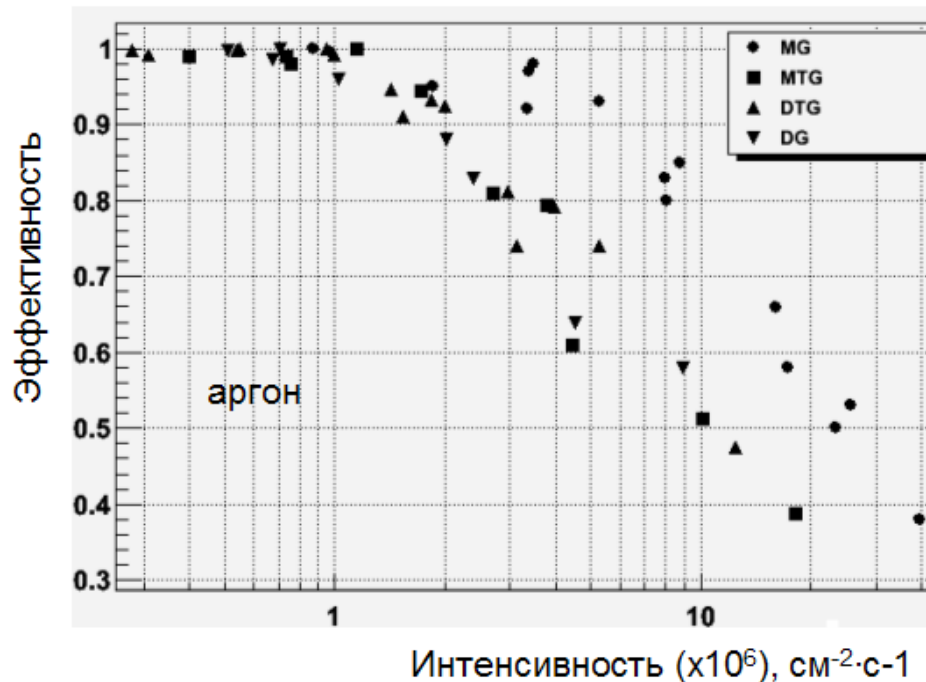


- Monolithic TGEM (MTGEM):**
- readout pad – 4x4 mm²
 - drift gap – 4 mm



Каждый прототип снабжен: считывающим электродом 4x4 мм², быстрым каналом для измерения эффективности, спектрометрическим каналом для измерения энергетических потерь и выбора рабочих режимов

Зависимость эффективности от интенсивности падающего пучка

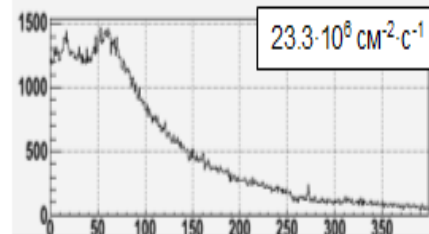
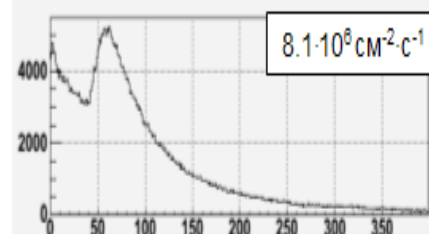
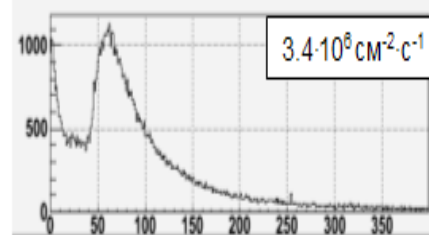
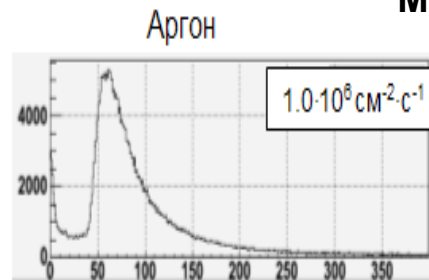


DoubleGEM, DoubleThickGEM и MonolithicThickGEM сохраняли эффективность на уровне **95-100%** при интенсивности пучка до **$1-2 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$** .

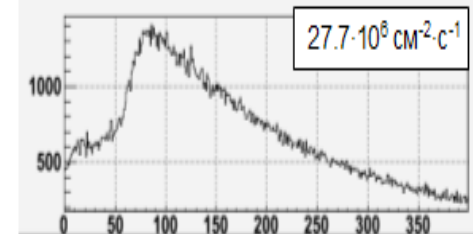
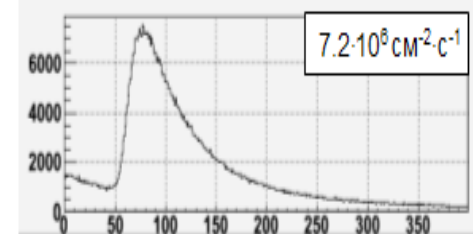
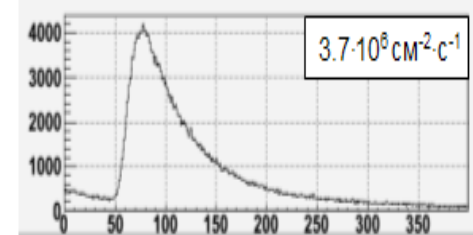
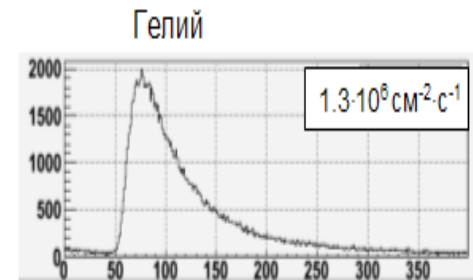
Для **MicromegasGEM** эффективность **95-100%** сохранялась до **$3-4 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$**

Модификация амплитудных спектров с ростом интенсивности может служить полезным качественным критерием при сравнении различных детекторов для работы при высоких нагрузках

MG

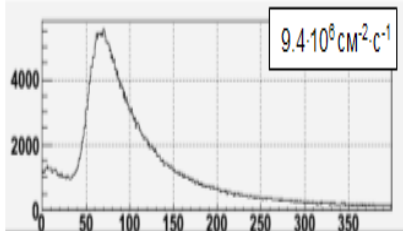
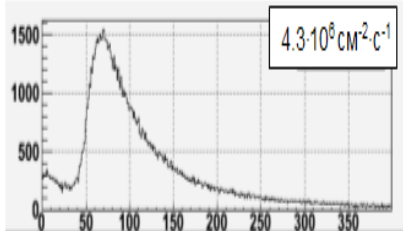
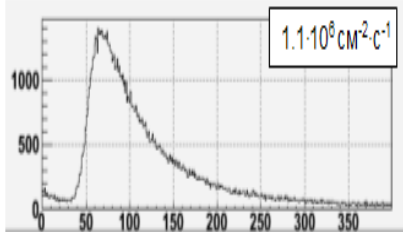
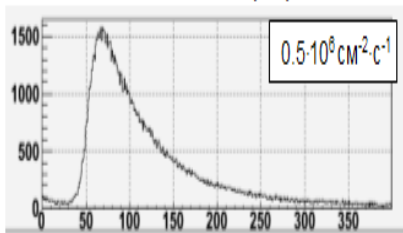


Амплитуда, каналы АЦП



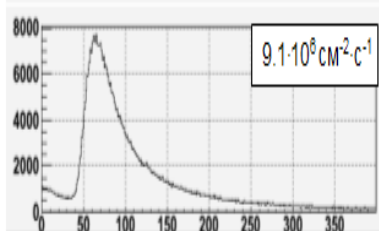
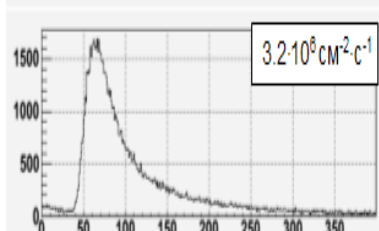
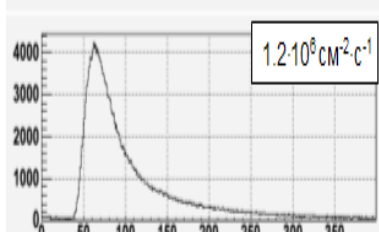
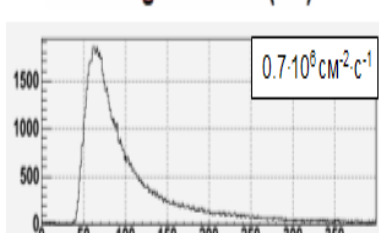
Амплитуда, каналы АЦП

Double GEM (He)



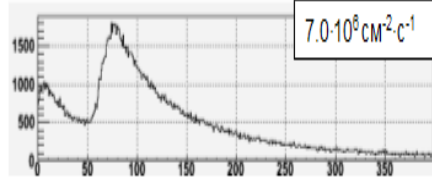
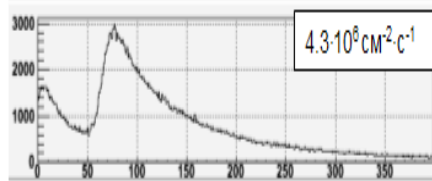
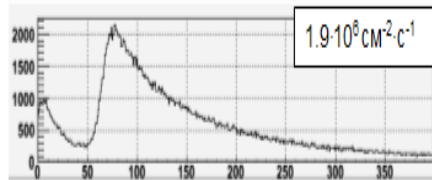
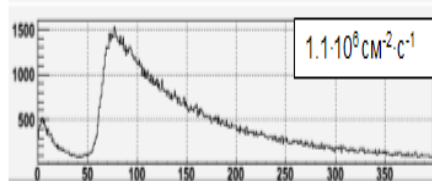
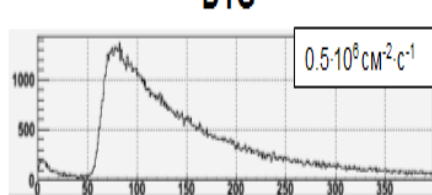
Амплитуда, каналы АЦП

Micromegas + GEM (He)



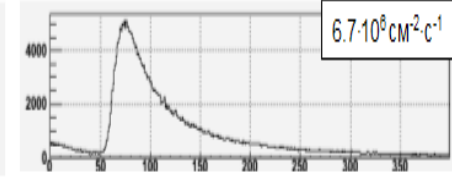
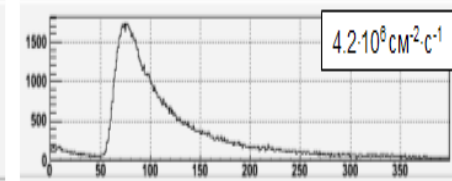
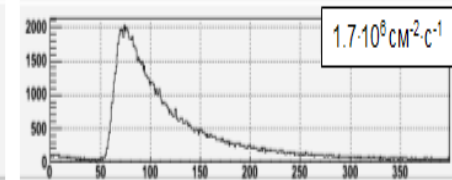
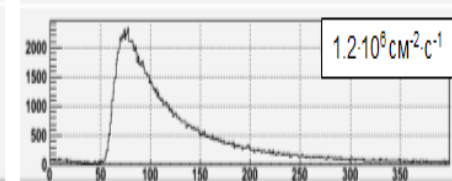
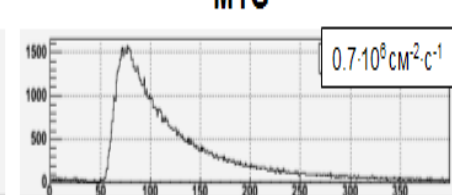
Амплитуда, каналы АЦП

DTG



Амплитуда, каналы АЦП

MTG



Амплитуда, каналы АЦП

Подготовлен и прошел первую стадию экспертизы TDR, в котором 5 параграфов написаны нашими сотрудниками



Technical Design Report for the CBM

Muon Chamber (MUCH)

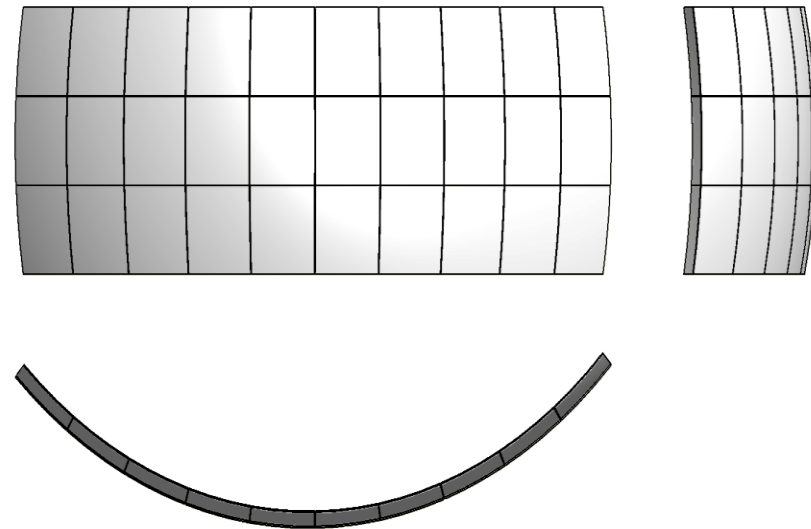
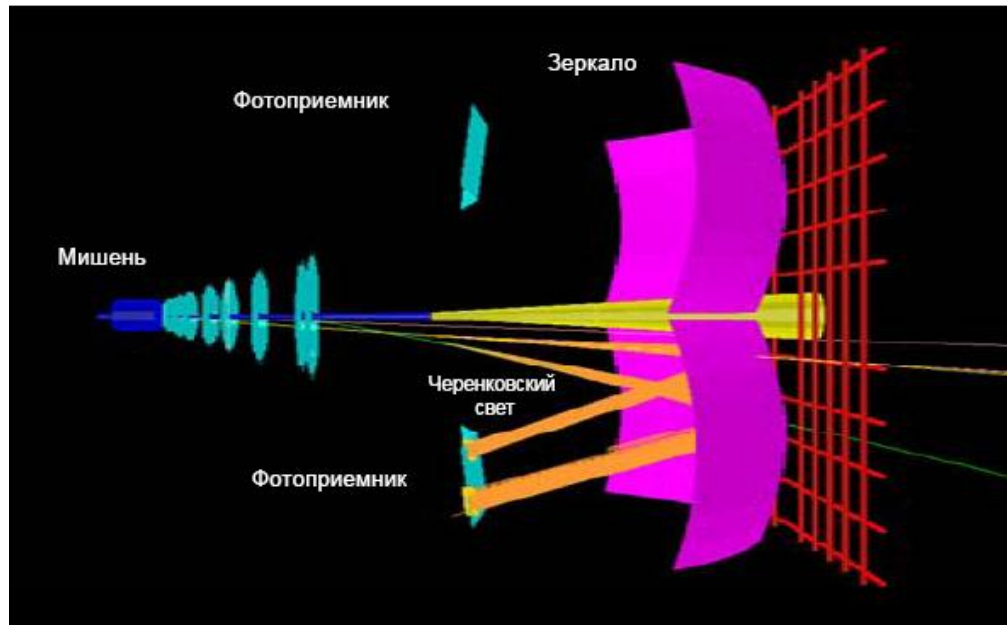
The CBM Collaboration



December 2013

Compressed Baryonic Matter Experiment

Черенковский детектор RICH



Механика

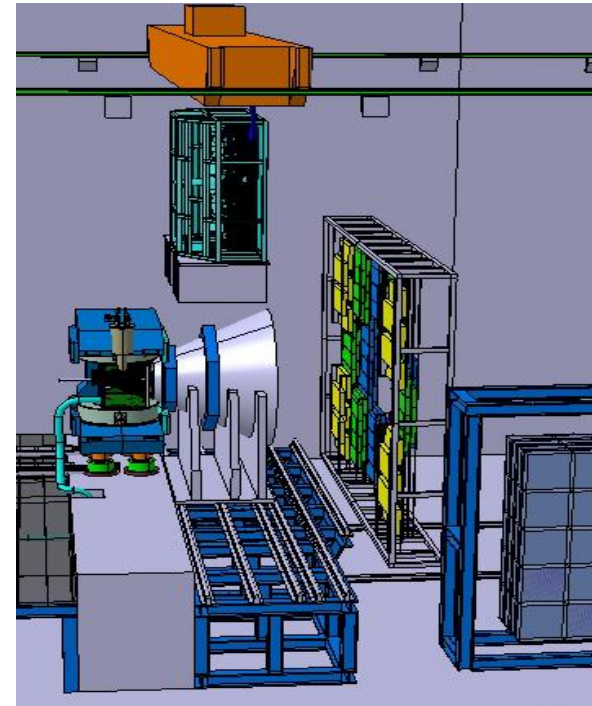
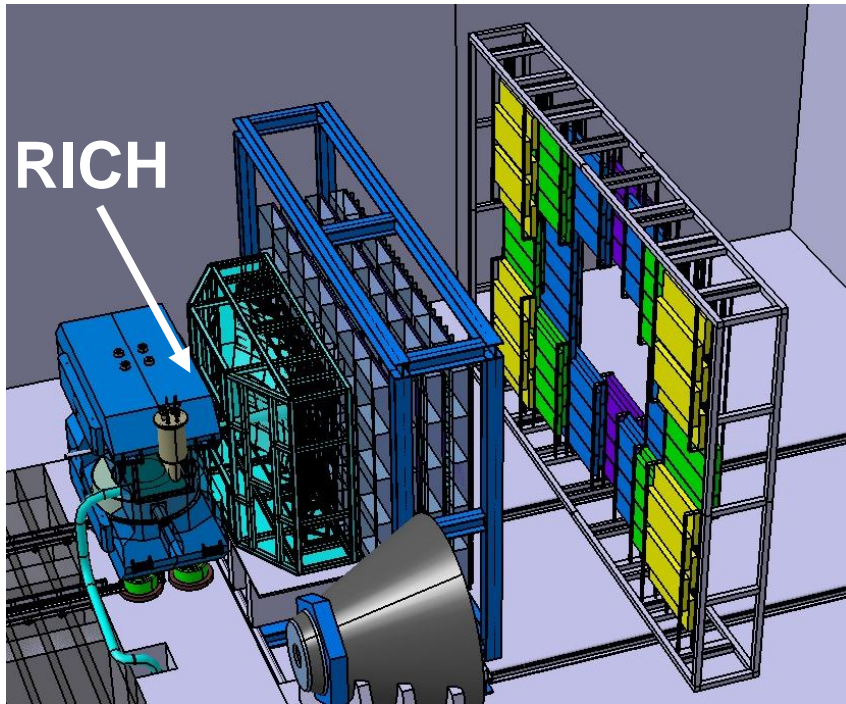
- Структура поддержки зеркал
- Корпус газового объема с несущей рамой
- Структура поддержки ФЭУ

Газовая система

На сумму **1.67 М€**

Ответственность ПИЯФ

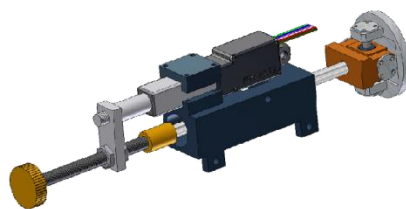
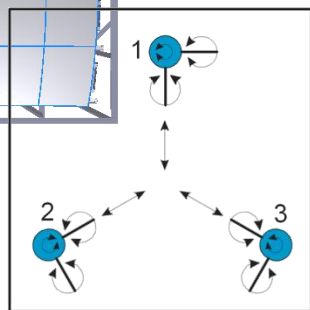
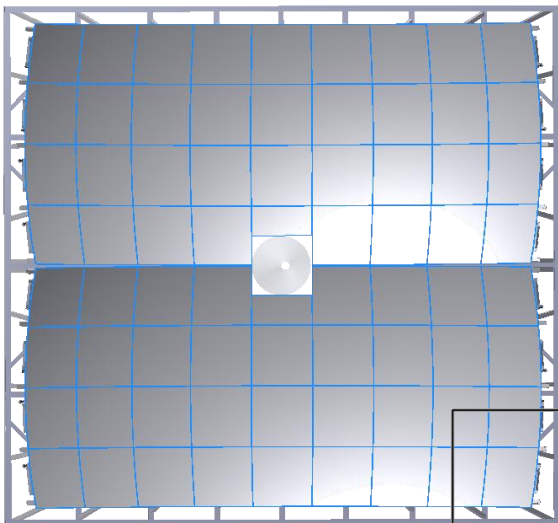




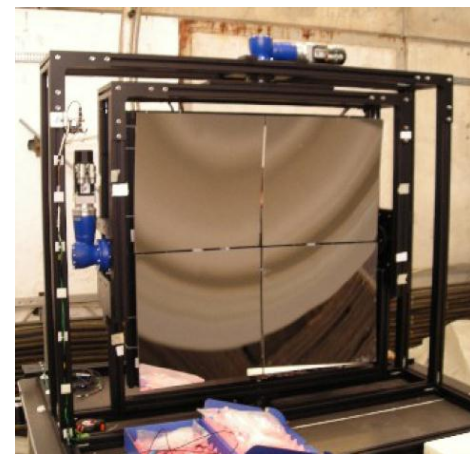
- Длина по Z ~ 2 м
- Апертура – 25° по вертикали и 35° по горизонтали
- Радиус зеркала – 3 м
- Зеркало разделено по горизонтали на две половины
- Фотодетекторы расположены выше и ниже оси пучка
- Газ – CO_2 при нормальных T и P

Зеркальная поверхность

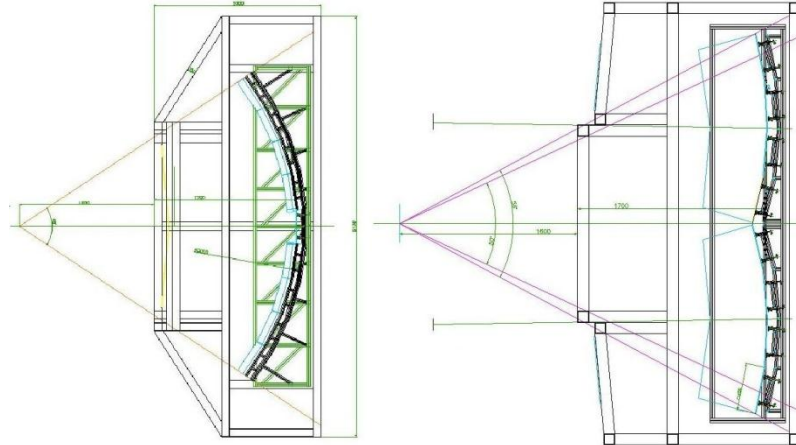
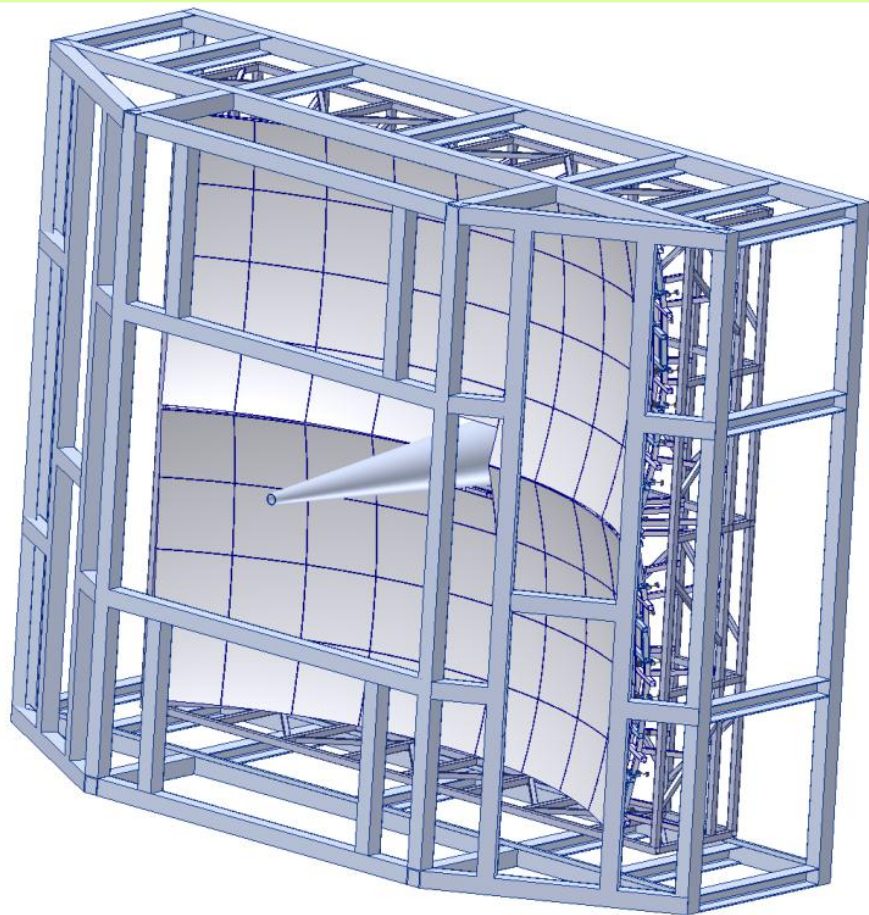
- 72 зеркала (по 36 в одной половине) каждое размером ~ 43x43 см²
- отражающая поверхность ~6.5 м²



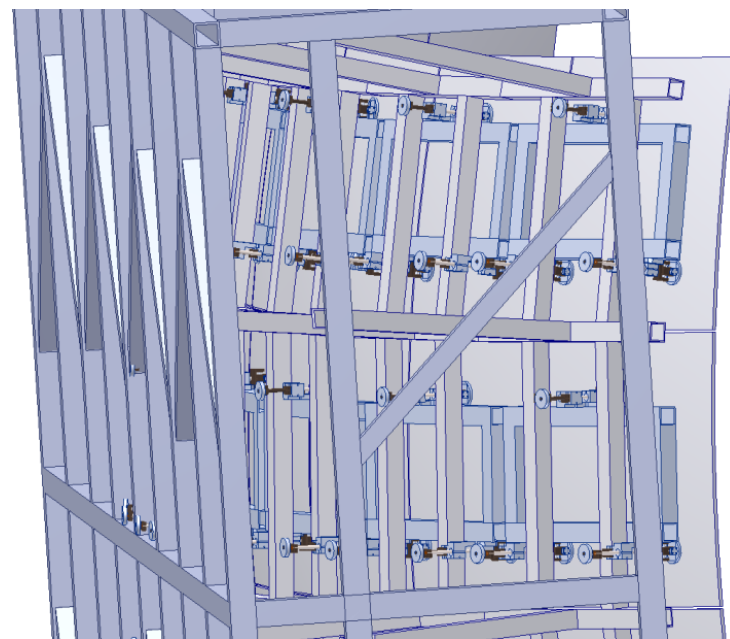
Вариант крепления и юстировки зеркал отработан в полномасштабном прототипе



**Ферма из алюминиевого профиля
(размером 30x30 мм²) для крепления
зеркал**



Вид сверху (лево) и сбоку (право)

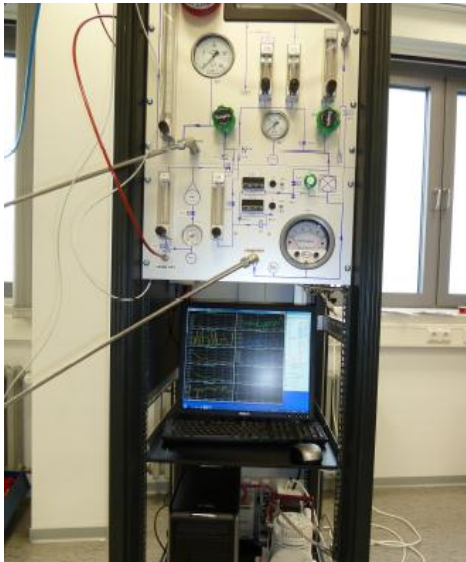
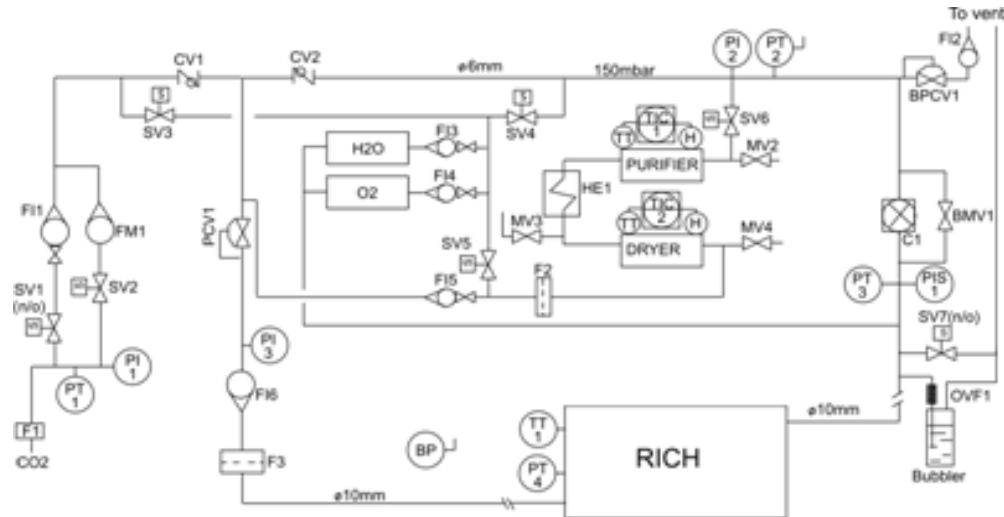


В настоящее время создается полномасштабный прототип фермы для размещения зеркал, на котором будет отработана технология сборки, проверены прочностные и деформационные характеристики

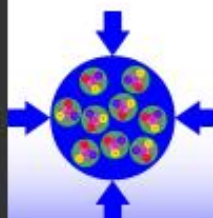
Газовая система

Для прототипа спроектирована и реализована газовая система

С небольшими изменениями такая система годится и для реального детектора

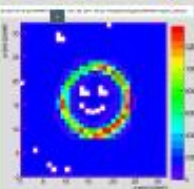


Подготовлен и прошел первую стадию экспертизы TDR, в котором 2 параграфа написаны нашими сотрудниками



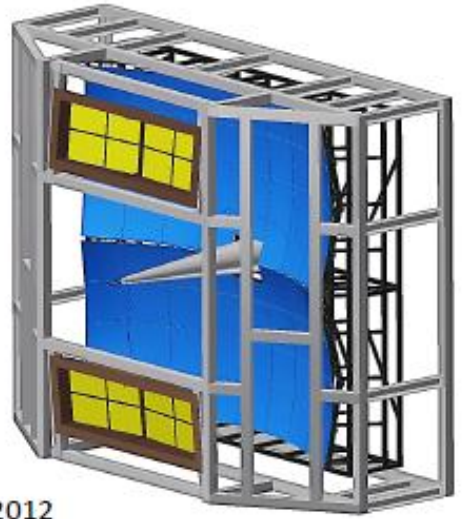
Technical Design Report for the CBM

Compressed Baryonic Matter Experiment



Ring Imaging Cherenkov (RICH) Detector

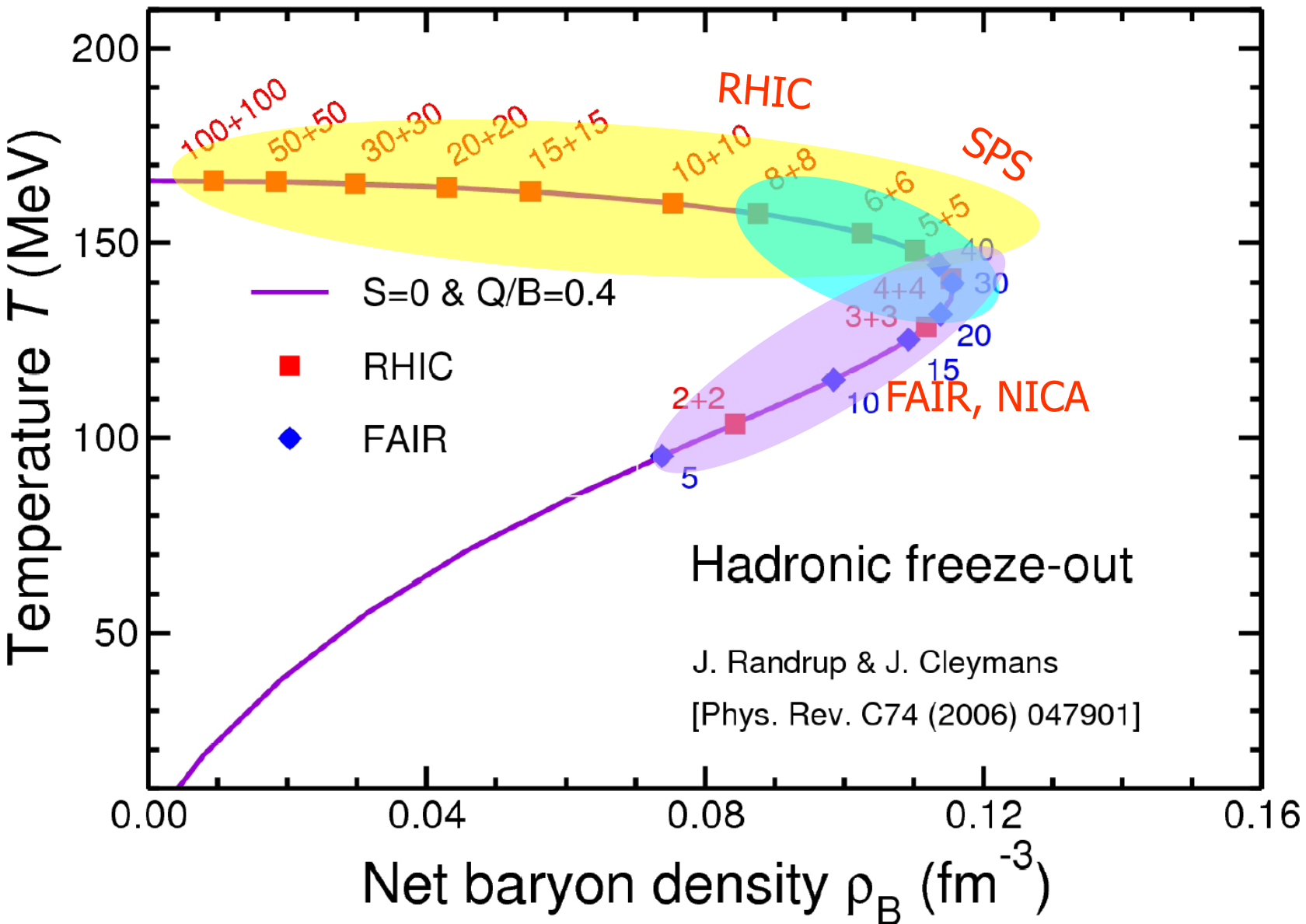
The CBM Collaboration



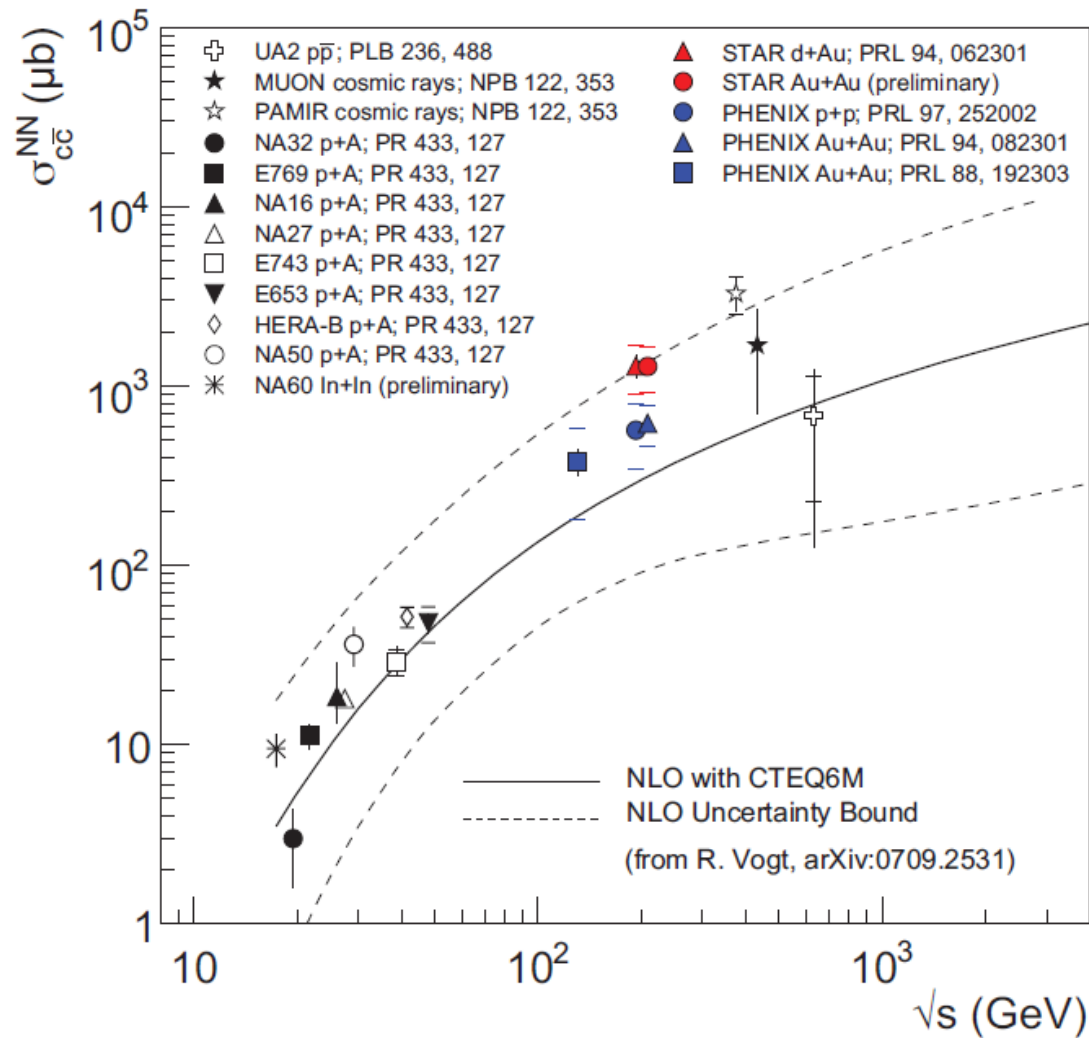
November 2012

Благодарю за внимание

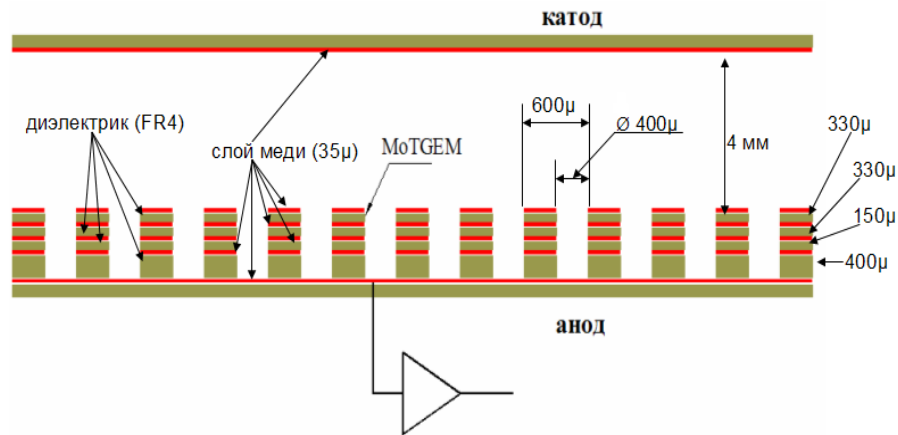
Freeze-out conditions



Data on total charm production



A. Frawley, T. Ulrich, R. Vogt, Phys.Rept.462:125-175,2008



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.