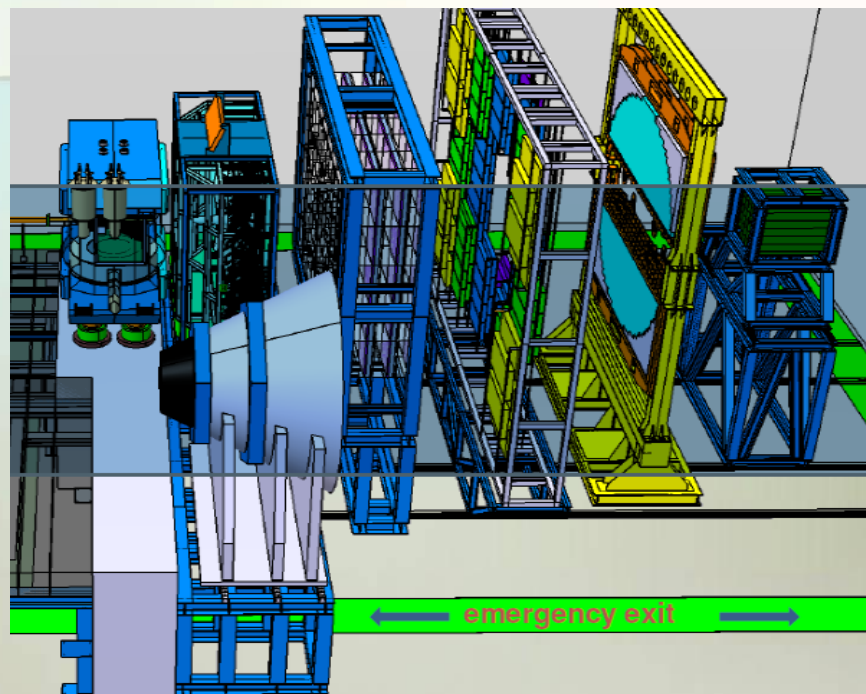
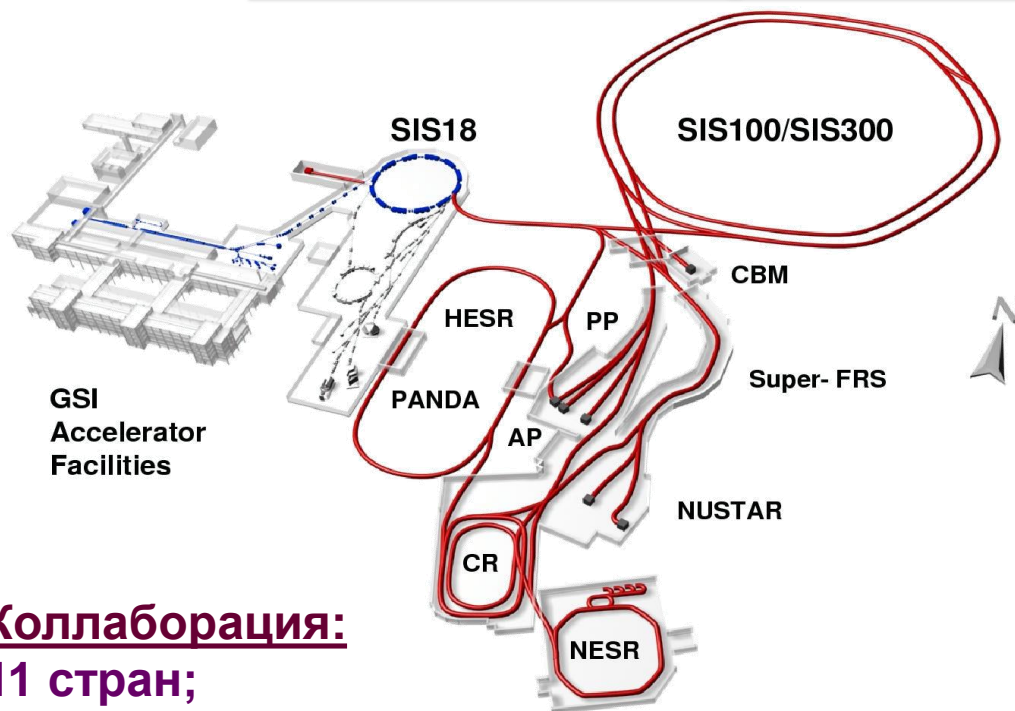


# Детектор RICH эксперимента CBM FAIR.



Ю. Рябов, ЛРЯФ ОФВЭ

# FAIR. Стартовая версия



## Коллаборация:

11 стран;

> 50 институтов (университетов);

> 400 участников.

Большое российское участие,

9 институтов.

## CBM (Compressed Baryonic Matter)

– эксперимент по изучению ядро - ядерных и протон - ядерных взаимодействий на выведенном пучке.

Основная цель эксперимента — исследование сверхплотного барионного состояния материи.

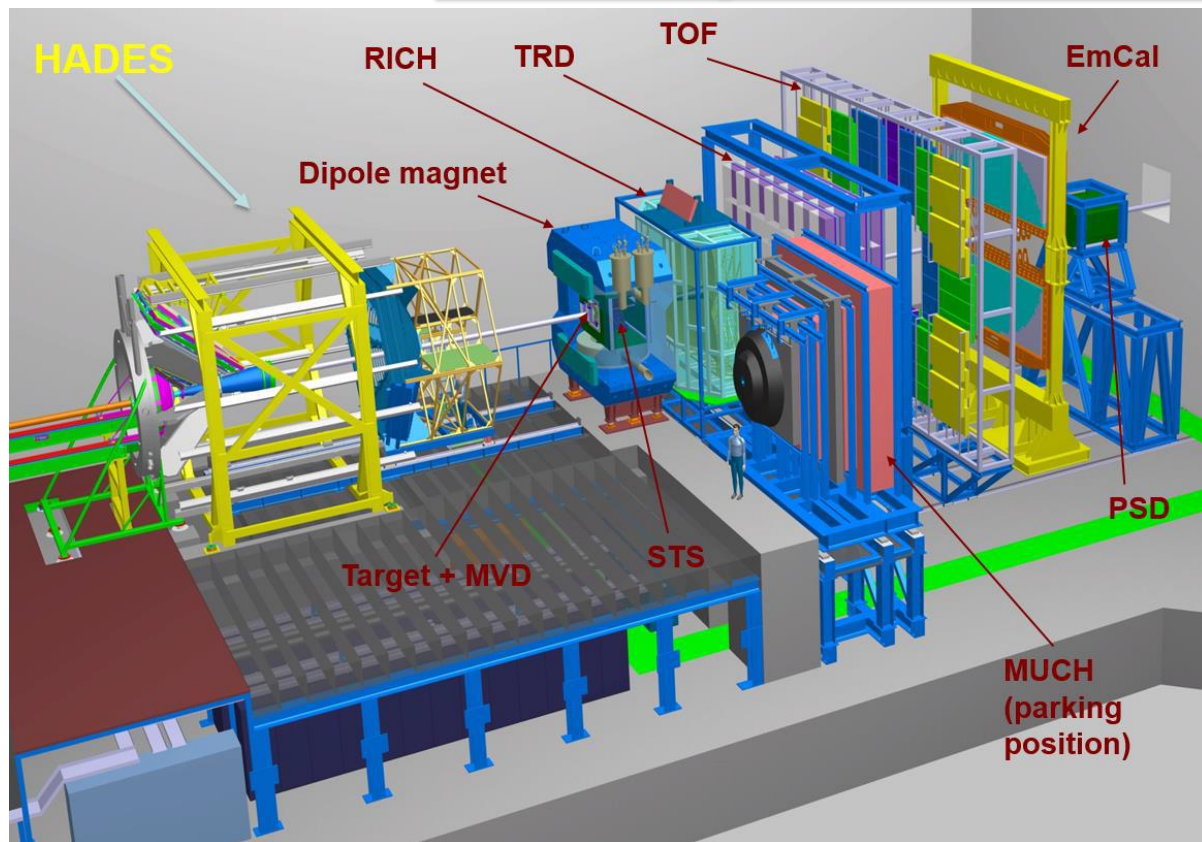
SIS100 в распоряжение **CBM** будет поставлять пучки **Au(Ca)** с энергией до **11(14) АГэВ** и протонов до **29 ГэВ**

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

Высокая интенсивность пучка ( $\sim 10^9$  ядер/с на мишень, что соответствует от  $10^5$  –  $10^7$  взаимодействий/сек. (A+A) до  $10^7$  взаимодействий/сек. (p+A) взаимодействиям)

Высокоскоростная DAQ позволяет обрабатывать всю информацию.

# Эксперимент CBM.



Концепция эксперимента  
– сверхпроводящий  
дипольный магнит,  
трековая система (8  
станций силиконовых  
камер), затем PID.

$dp/p \approx 1.8\%$  ( $p > 1$   
GeV/c, 1 Tm field)

Идентификация лептонов необходима для выполнения программы эксперимента (л.в.м ( $\omega, \rho, \phi$ ),  $J/\Psi$ ,  $\Psi'$ ), ди-лептонный континуум, лептоны от распадов тяжелых ароматов и т.д.).

Необходимо подавление пионов  $> 1/5000$  (сейчас по проекту  $1/10000$ ) (RICH ( $>1/100$  до 7-10 ГэВ/с) + TRD).



# Эксперимент CBM.

## ПИАФ участвует в создании детектора RICH

### Decision XI.19.6:

The Council agrees to the collaboration between FAIR GmbH and the NRC Kurchatov Institute, Gatchina (PNPI) regarding the production of the following components of the detector of the CBM collaboration:

- Mechanical Support Structures including Shielding Box for Camera and Gas System for the Ring Imaging Cherenkov Detector (RICH), (PSP 1.1.1.3.1.2)

This agreement is valid under the assumption that PNPI provides these components for the 2005-price including an inflation correction similar to that for cash contributions, according to FAIR Council Resolution V.10.1, and according to the technical specifications in the approved "Technical Design Report for the CBM Ring Imaging Cherenkov detector (RICH)". The 2005-price for these components shall be considered as Russian contribution to experiments, within the contribution to experiments from the Russian commitment.

A complete collaboration contract including all annexes and technical specifications, according to FAIR Council Resolution III.10.1, is to be concluded.

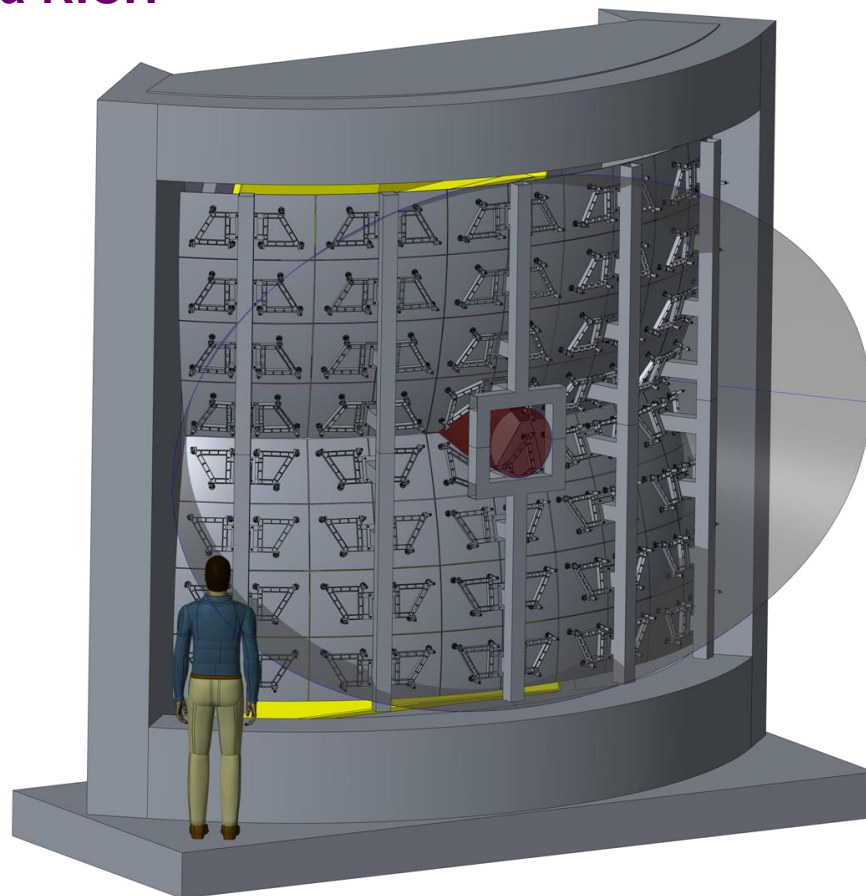
(For information: The total cost-book value of this item amounts to 1,450,000.00 €. The corresponding Collaboration Contract is planned to be ready for signing during the fourth quarter of 2014.)

### Подписан контракт на производство.

### Ответственность ПИАФ – механическая структура + газовая система

### CBM (ПИАФ) (RICH и MuCh)

V. Dobyrn, D. Ivanischev, V. Ivanov, A. Khanzadeev, L. Kochenda, B. Komkov, V. Kozlov, P. Kravtsov, E. Kryshen, L. Kudin, N. Miftakhov, V. Nikulin, E. Rostchin, Yu. Ryabov, V. Samsonov, O. Tarassenkova, S. Volkov, M. Vznuzdaev, M. Zhalov, D. Tyts, M. Malaev, I. Solovyev, A. Solovev, G. Rybakov.



# Детектор RICH.

## Классическая схема с радиатором и сферическим зеркалом.

$$\beta = \frac{v}{c} > \frac{1}{n}$$

Условие возникновения черенковского излучения

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n}$$

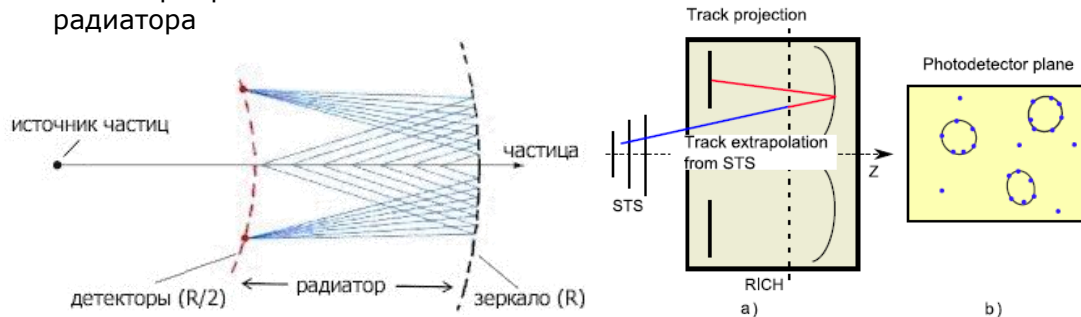
Излучение идет вдоль поверхности конуса (изотропн. среда)

$n$  – коэф. преломления радиатора

$$\beta = \frac{v}{c} \quad m = p \sqrt{1 - \beta^2} / \beta c$$

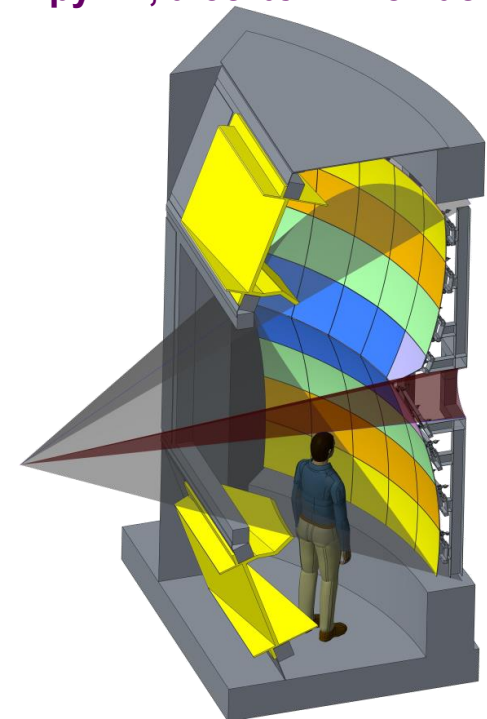
Регистрация черенковского излучения – возникает при движении заряженной частицы в прозрачной среде со скоростью большей скорости света в этой среде.

электроны начинают излучать черенковский свет, имея импульсы, гораздо меньшие, чем даже пионы из-за разницы в массах. Поэтому до определенных значений импульсов заряженных частиц электроны будут выдавать “круги”, а остальные частицы нет.



## Оптимизированная геометрия.

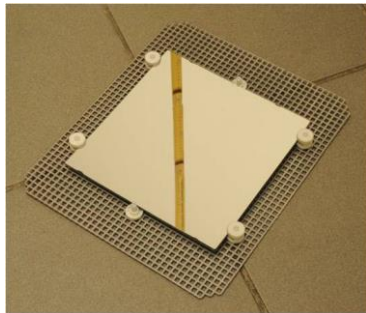
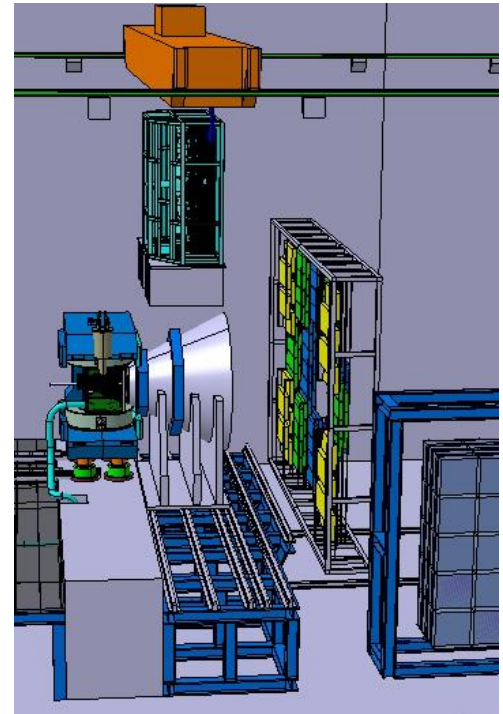
- ❖ Расположен сразу за магнитом;
- ❖ Апертура  $25^\circ$  по вертикали и  $35^\circ$  по горизонтали;
- ❖ Длина вдоль пучка 2 м.;
- ❖ По вертикали зеркало разделено на 2 части;
- ❖ Радиус зеркала 3м;
- ❖ Два фотодетектора (выше и ниже оси пучка);
- ❖ Радиатор –  $\text{CO}_2$  при нормальной  $T$  и  $P$ .
- ❖ 72 плитки стеклянных зеркал (6 мм). Отражающее покрытие – тонкий слой Al.



# Детектор RICH.

## Основные требования к конструкции.

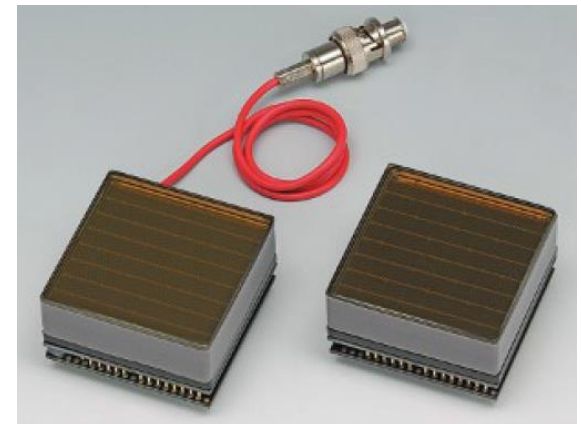
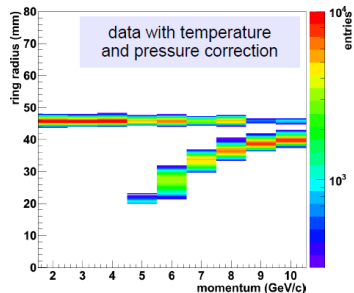
- ❖ Прочности конструкции. Имеем 14 м<sup>2</sup> хрупкого стекла, весом ~ 180 кг.
- ❖ Стабильность оптической системы. (72 зеркальные плитки с 3-4-миллиметровым зазором) при транспортировке краном;
- ❖ Радиационная прозрачность;
- ❖ Защита фотомножителей от магнитного поля;
- ❖ Должно соответствовать доступному бюджету.



Стеклое зеркало. Отражающее покрытие – тонкий слой Al

Дополнительная защита (от коррозии) – MnF<sub>2</sub>.

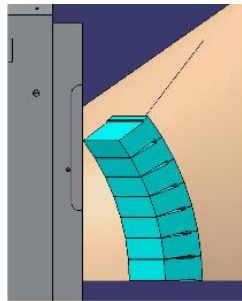
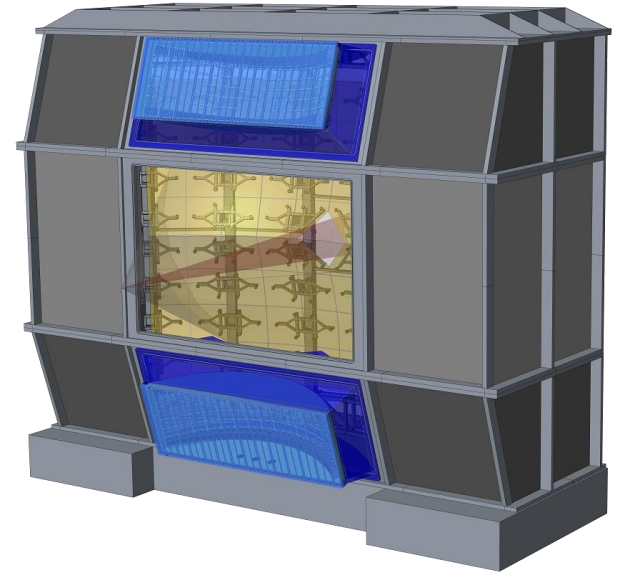
Размер 6.0 x 6.0 мм<sup>2</sup> позволяет различать радиусы и доводить разделение электронов и пионов до 8-10 ГэВ/с по импульсу.



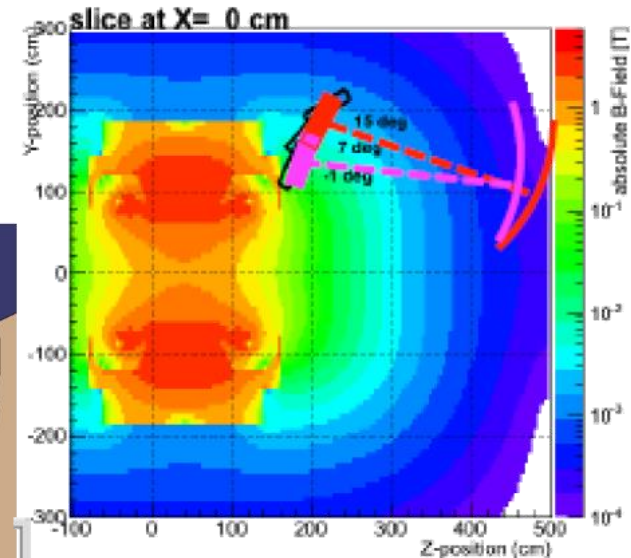
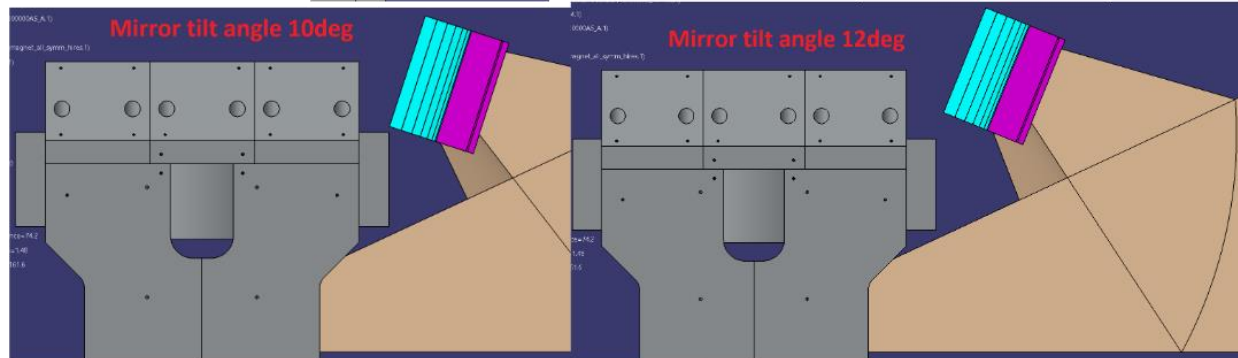
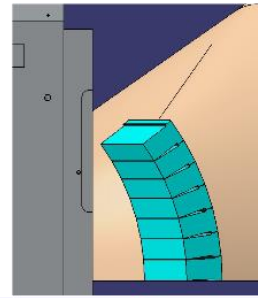
**H8500 C/D**  
64ch, 52x52mm<sup>2</sup>

# Детектор RICH.

- ❖ Технические параметры не определены;
- ❖ Для RICH проблема с финальной геометрией;
- ❖ Магнитное поле влияет на работу ФЭУ – защита;
- ❖ Идея – сместить положение фотодетектора в область с меньшим магнитным полем;



More space for installation, maintenance, potential possibility to lift RICH, smaller stray field (see next slide).

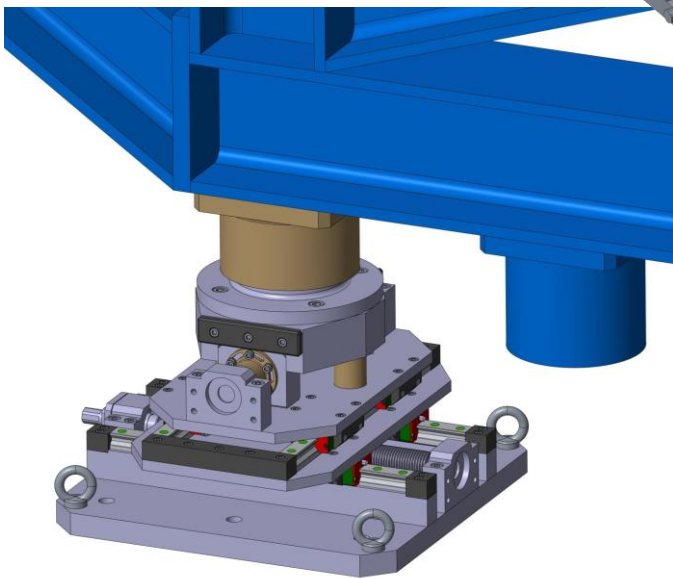
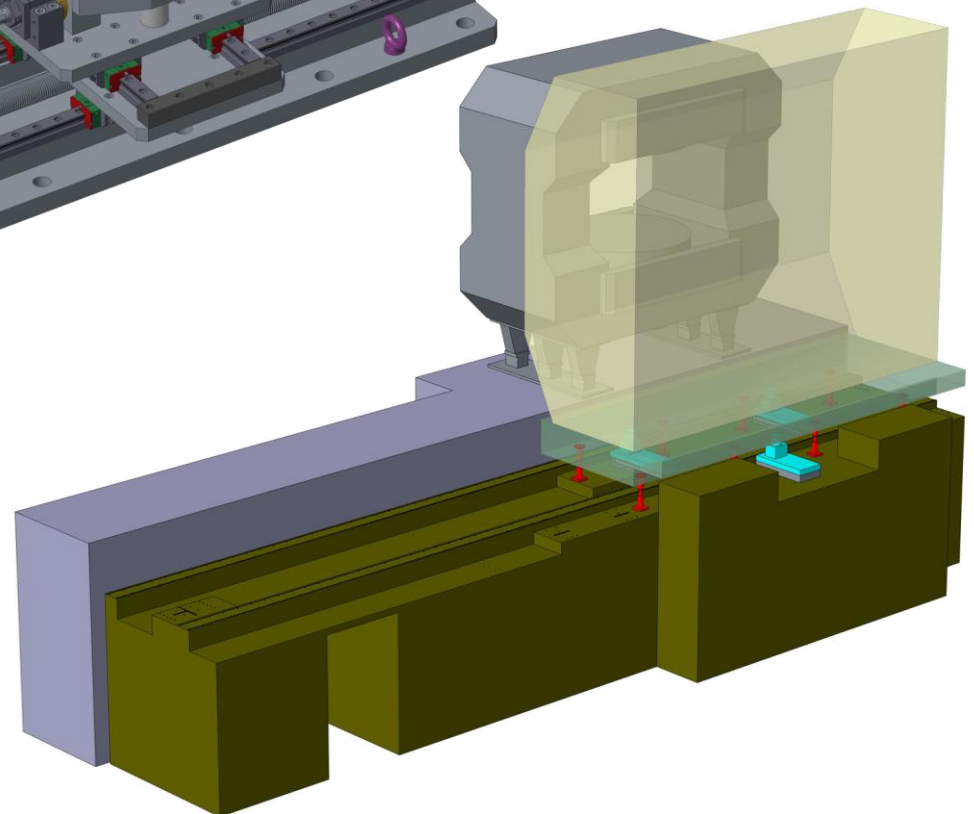
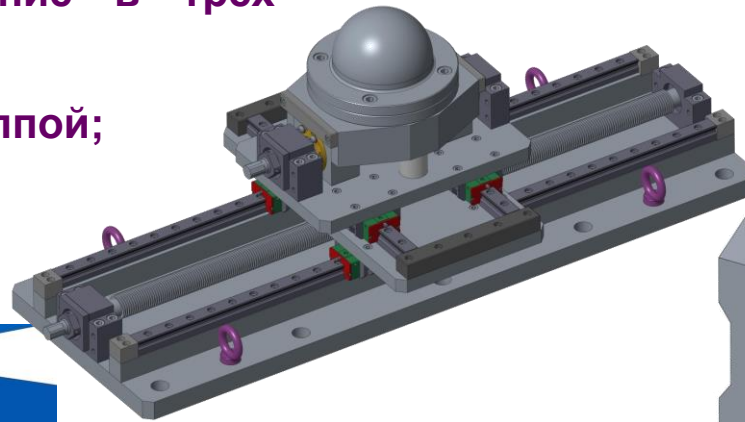




# Детектор RCH.

## Конструкция.

- ❖ Работа над конструкцией основания детектора;
- ❖ Подходит для любого варианта защитных боксов;
- ❖ Обеспечивает перемещение в трех направлениях;
- ❖ Согласование с MuCh группой;





# Детектор РСН.

- ❖ Выбран один вариант, как базовый (тонкостенный алюминиевый столб, поддерживающий 2 ряда зеркал).
- ❖ В соответствии с контрактом был спроектирован и произведен прототипа конструкции для поддержки зеркал, включая систему подвеса зеркальных плиток.

Цель – подтверждение работоспособности конструкции, тактика сборки, приспособления, возможности юстировки.

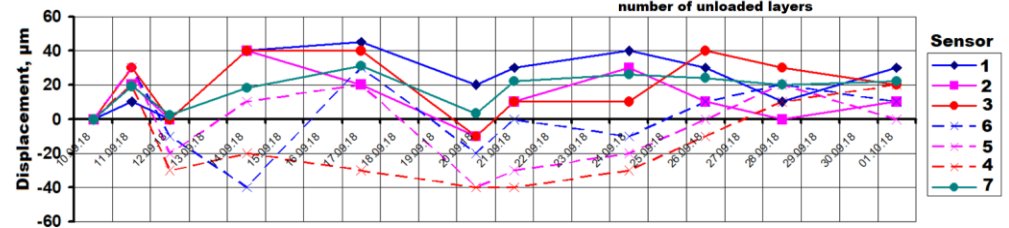
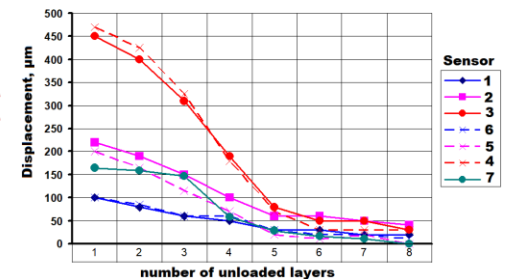
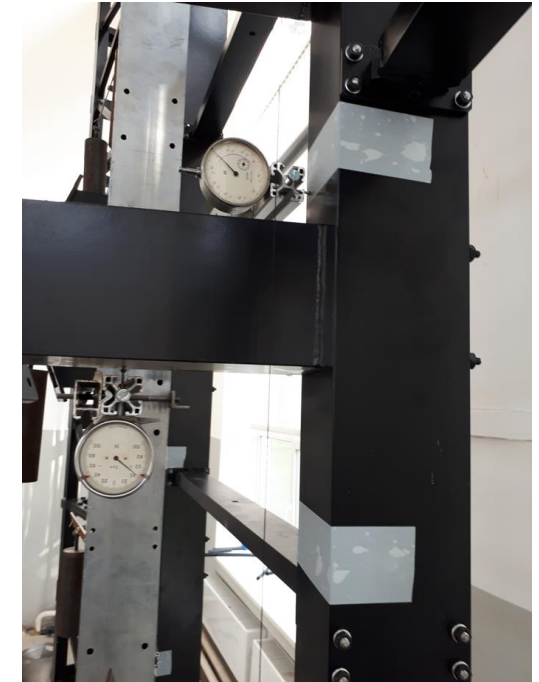
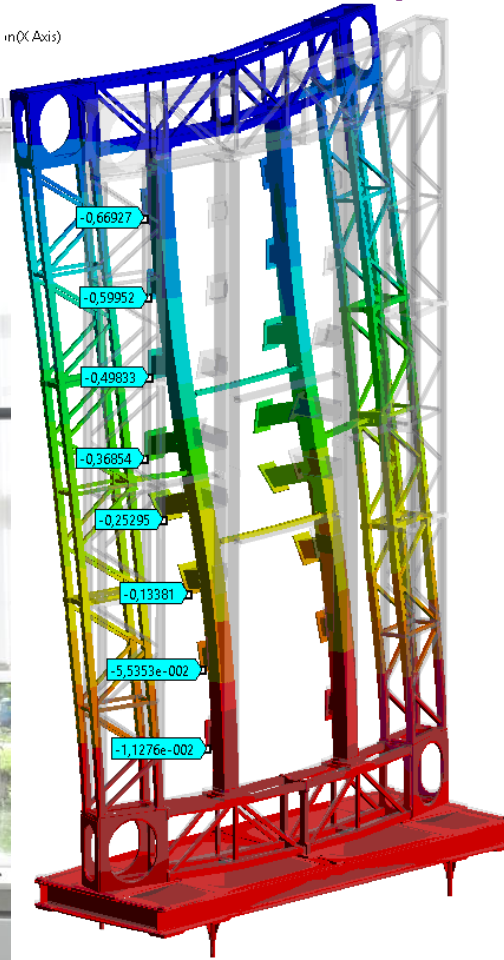


# Детектор РСН.

Проведены измерения деформаций и поведения во времени.

Показатели в расчетных пределах.

m(X Axis)



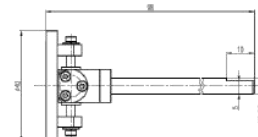
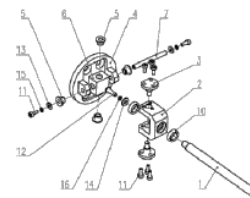
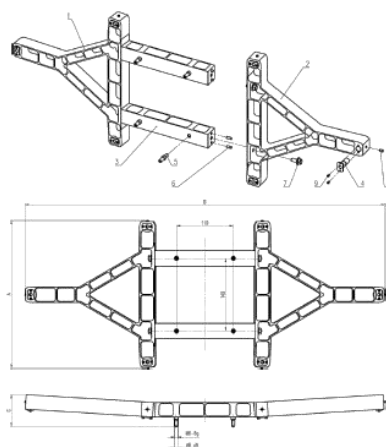
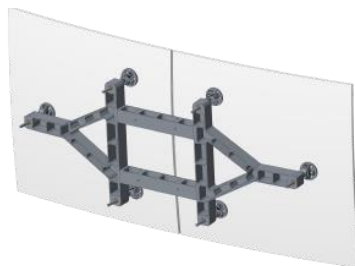


# Детектор РСН.



❖ Сборка и разборка для оптимизации процесса сборки;

❖ Спроектированы, произведены и собраны четыре рамки (разных типов) для крепления зеркальных плиток;



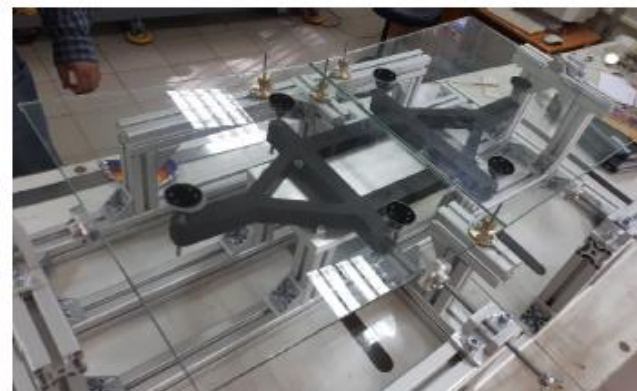
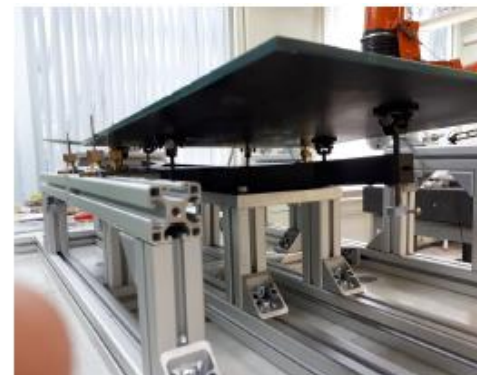
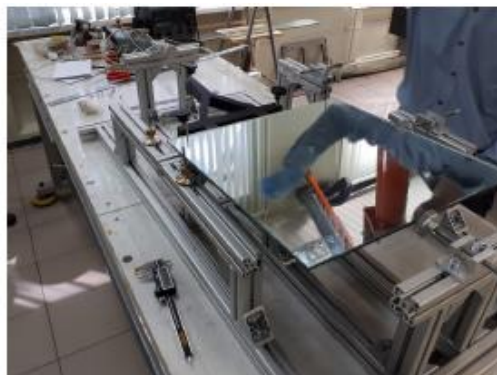
1 - для размера для монтажа

РИС-П10.07.00005	
Исполн.	А.С.Т.А.С.О.Р.
Провер.	Общественный контроль
Дата	



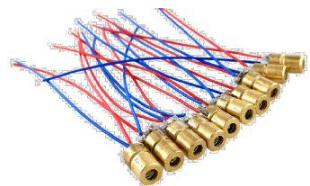


# Детектор RICH.

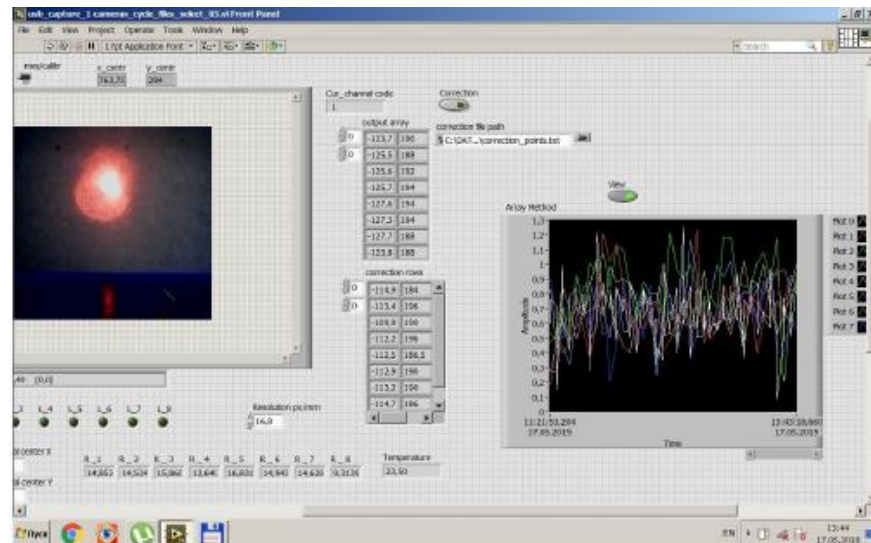


- ❖ Спроектирована, произведена и собрана установка для приклейки плиток;
- ❖ Приклеены тестовые плоские плитки (2 зеркальные и 2 прозрачные);

# Детектор RICH.



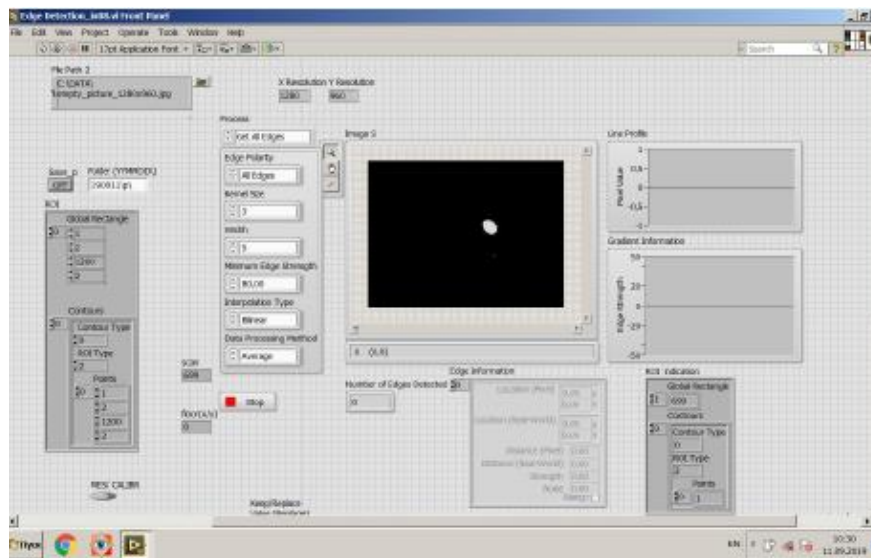
650nm, 5 MBт, red point, focusing lens



7 mm waterproof Endoscope. 720p

❖ Создана новая измерительная система на основе лазеров и LabView;

❖ Два вида измерений;

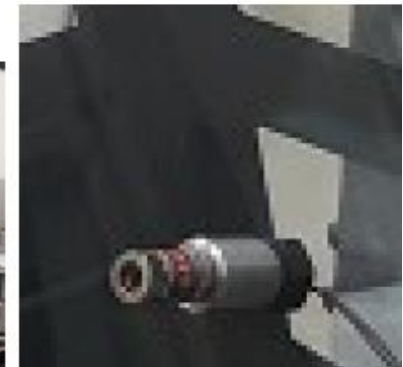
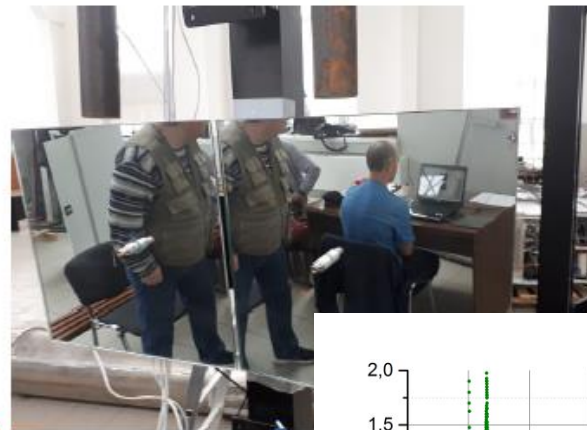


Сессия ОФВЭ, 26 декабря 2019

эксперимент СВМ



# Детектор RICH.

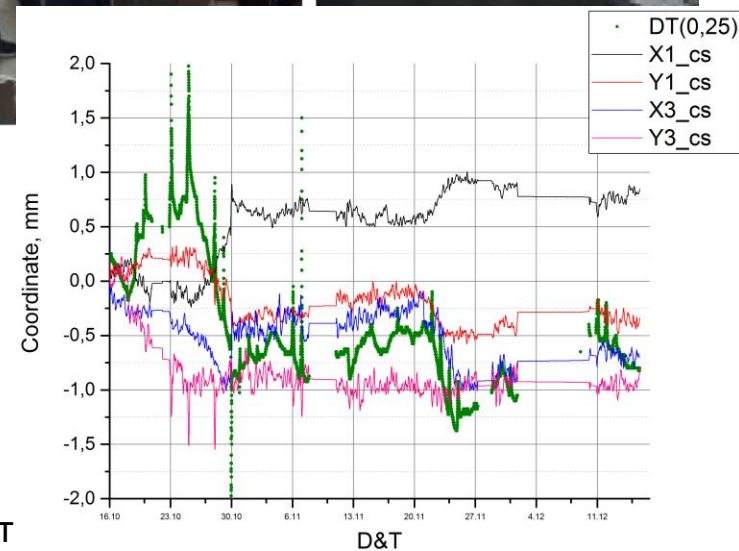


❖ Две рамки (4 плитки) установлены в ферму;

❖ Долгосрочные измерения (> 2 месяцев);

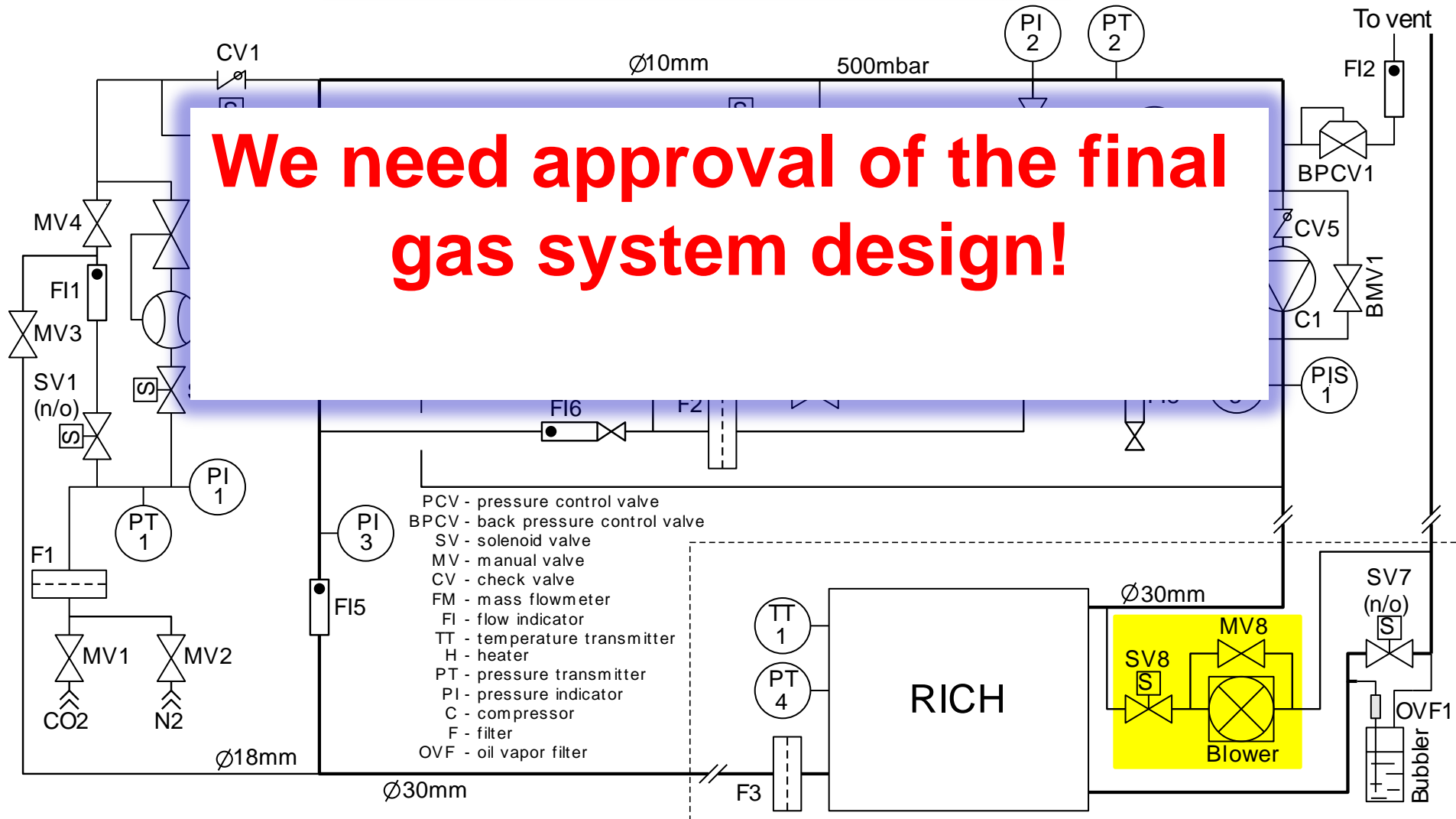
Сессия ОФВЭ, 26 декабря 2019

эксперимент





# Gas system final design



The design is based on well-proven solutions (PHENIX and STAR experiments, > 10 years)

# Доклады и публикации.

2 доклада на двух коллаборационных совещаниях + доклады на рабочих группах.

**Event reconstruction of free-streaming data for the RICH detector in the CBM experiment**

J. Adamczewski-Musch (Darmstadt, GSI) et al.. 2019. 7 pp.  
Published in EPJ Web Conf. 214 (2019) 01043

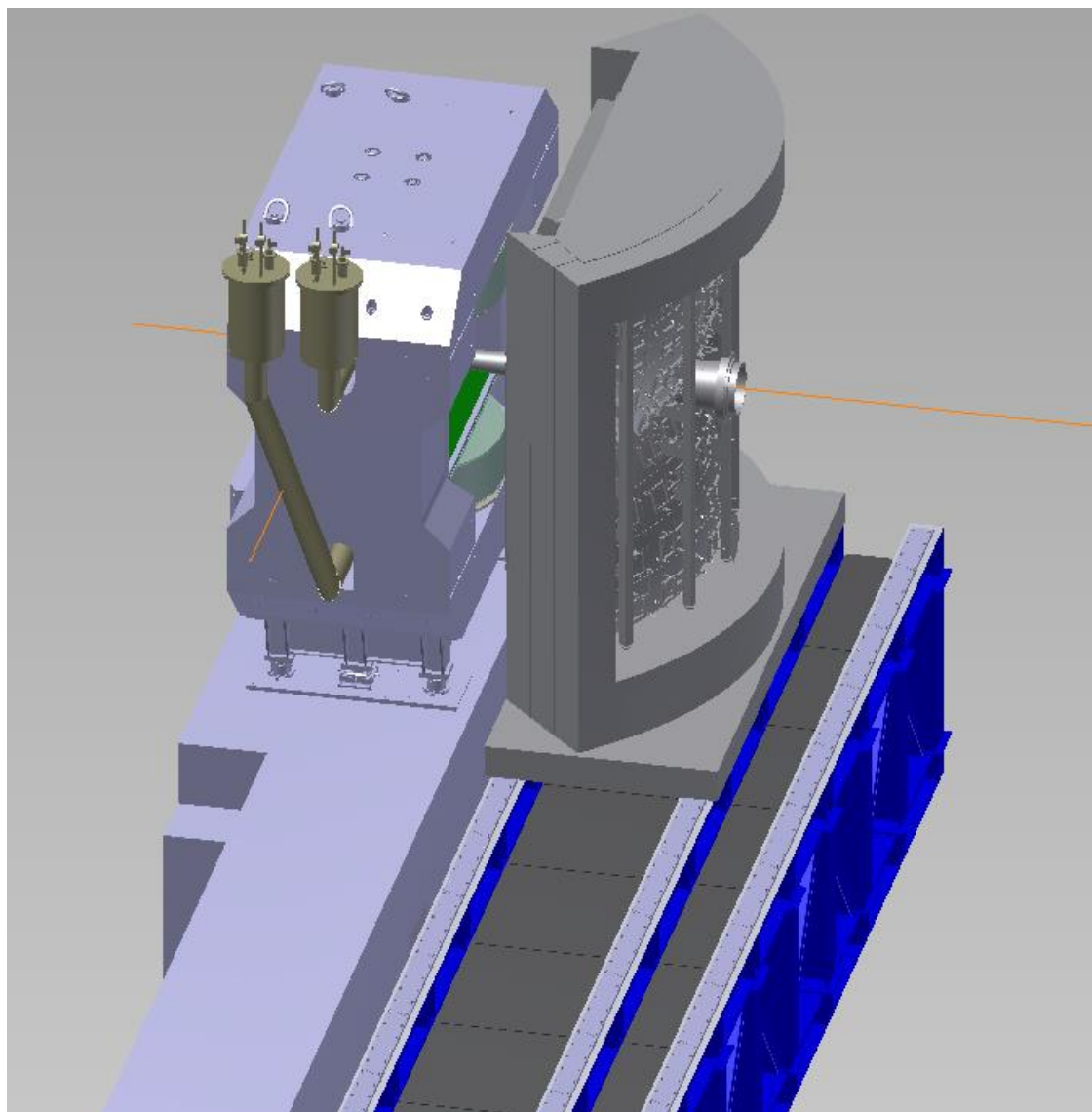
**Final design of a monitoring system and software correction cycle for the mirror alignment of the CBM RICH detector**  
NIM Section A, 2019, 161799

## Планы на 2019 год.

Выполнение контрактных обязательств по созданию детектора RICH эксперимента CBM в соответствии с план-графиками.

# Благодарю за внимание !

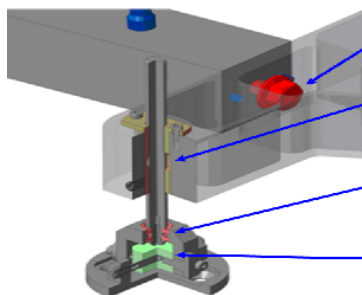
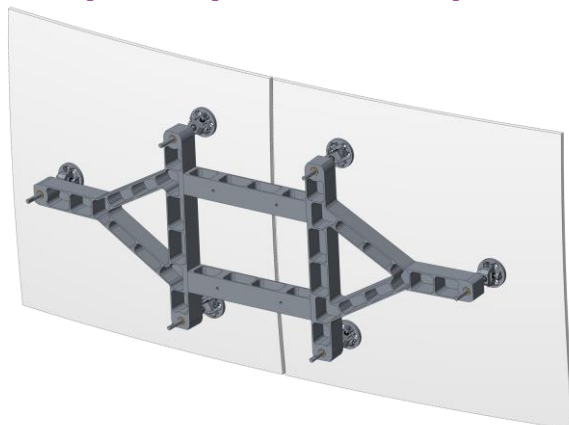
# Backups





# Детектор RCH.

Модернизированы и произведены и испытаны рамки и подвесы для крепления плиток.

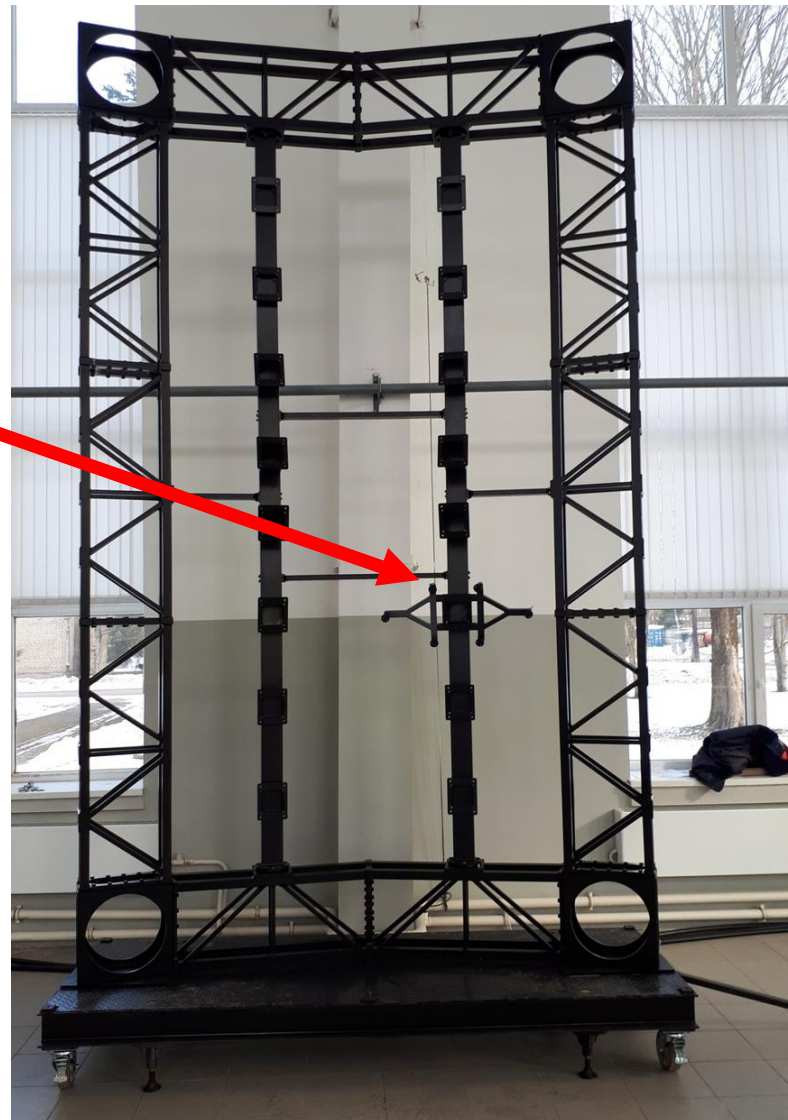
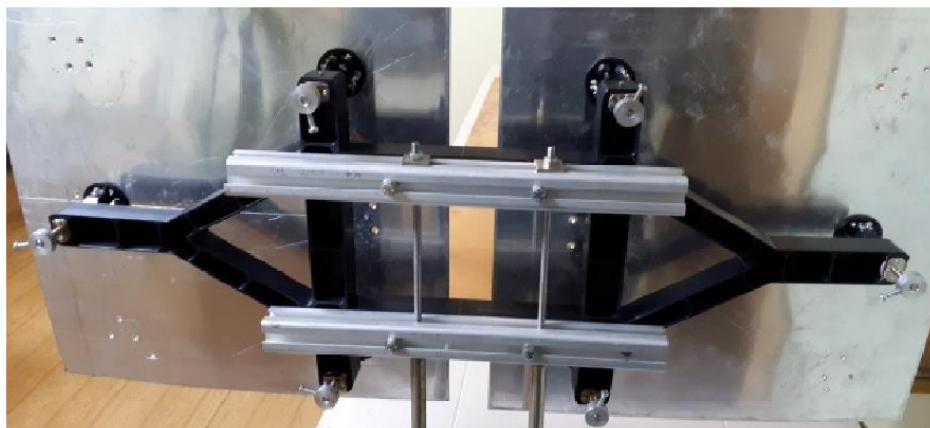


The bolt for connecting the screeds and trim to the frame is screwed on the frame side - there is more room for the key and the force of the latch can be controlled.

The bushing for the screw of the mount is made of a collet with a hole in the center and a slot. This design allows to get rid of the loopholes in the thread with a slight tightening of the locking screw, and securely fix the position of the lead screw with a stronger clamping of the locking screw.

To complete eliminate loopholes in place of fixing the spindle and fork, two bearings are used, pulled together. The spring washer provides a pulling force on the bearings and prevents the tightening screw from self-loosening.

The design of the biscuit in the hinge unit is changed. Removed plastic sleeves, which did not provide ease movement and reliable elimination of backlashes. It was needed to fit and complicate the design. Now the biscuit is made of bronze. Minimization of backlashes is ensured by precise planing and selection of pairs of biscuits and axles.



# Детектор RCH.

## Классическая схема с радиатором и сферическим зеркалом.

$$\beta = \frac{v}{c} > \frac{1}{n}$$

Условие возникновения черенковского излучения

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n}$$

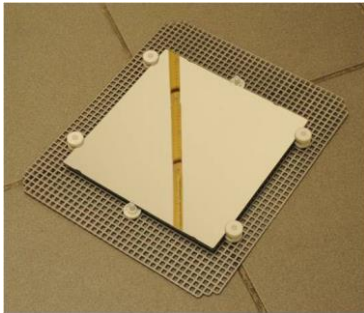
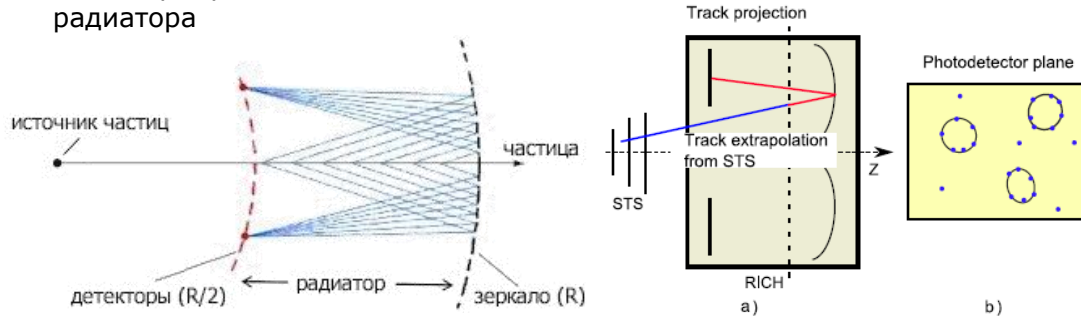
Излучение идет вдоль поверхности конуса (изотропн. среда)

$n$  – коэф. преломления радиатора

$$\beta = \frac{v}{c} \quad m = p \sqrt{1 - \beta^2} / \beta c$$

Регистрация черенковского излучения – возникает при движении заряженной частицы в прозрачной среде со скоростью большей скорости света в этой среде.

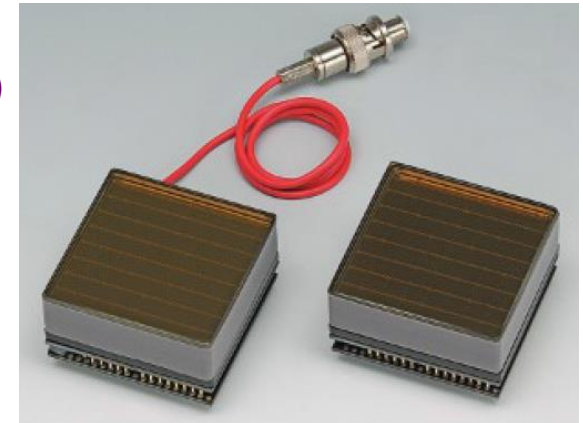
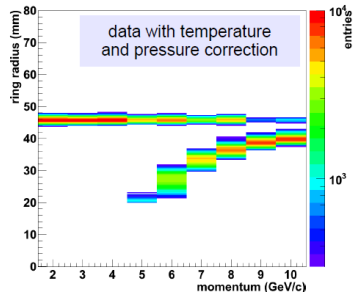
электроны начинают излучать черенковский свет, имея импульсы, гораздо меньшие, чем даже пионы из-за разницы в массах. Поэтому до определенных значений импульсов заряженных частиц электроны будут выдавать “круги”, а остальные частицы нет.



Стеклянное зеркало. Отражающее покрытие – тонкий слой Al

Дополнительная защита (от коррозии) –  $MnF_2$ .

Размер 6.5 x 6.5 мм<sup>2</sup> позволяет различать радиусы и доводить разделение электронов и пионов до 8-10 ГэВ/с по импульсу.



**H8500 C/D**  
64ch, 52x52mm<sup>2</sup>

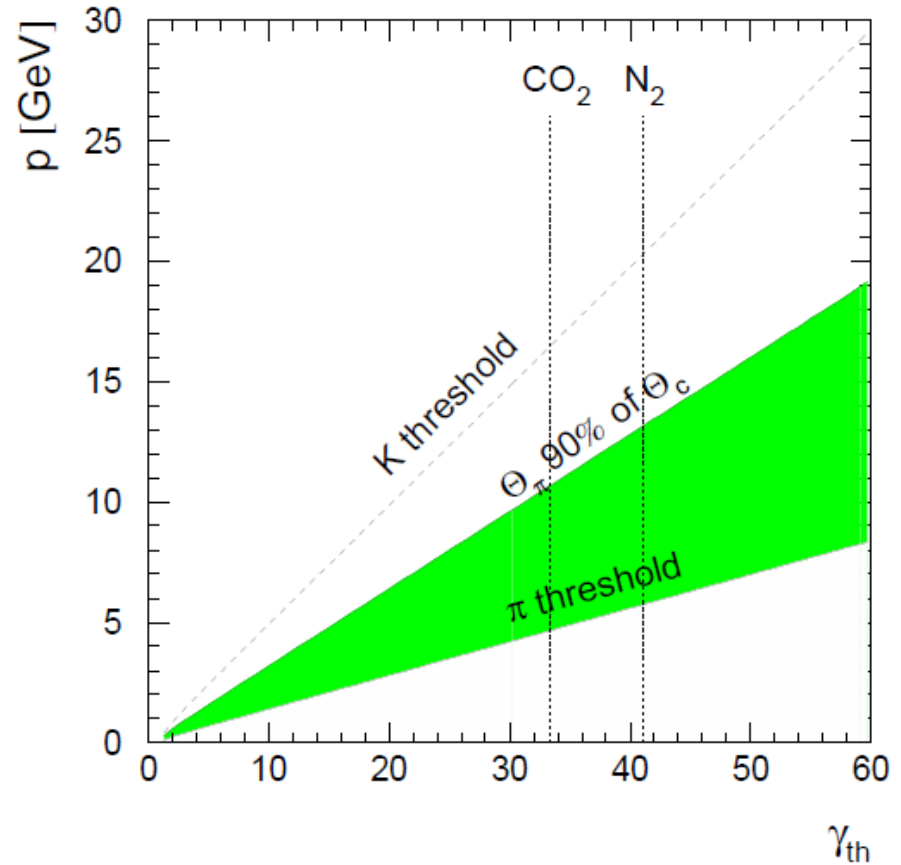
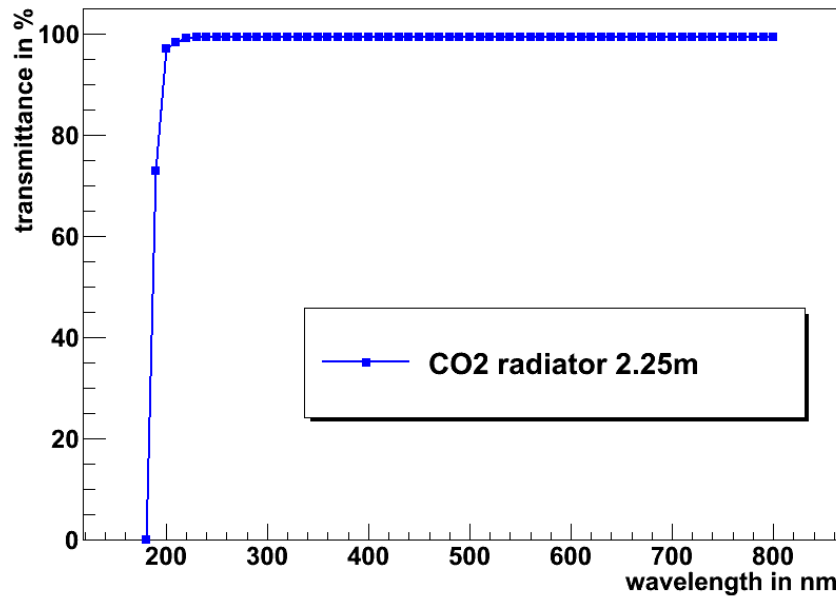
# Радиатор.

Классическая схема. В качестве радиатора – CO<sub>2</sub>

$$n=1.00045, \gamma_{th}=33.3 \quad \gamma_{th} = 1/\sqrt{1-1/n^2}$$

$$p_{th}(\text{пион})=4.65 \text{ GeV}/c$$

1.7 m – средняя длина пути в радиаторе  
(Nhits ≥ 20 (electron rings))





# Эксперимент CBM.

## ПИАФ участвует в создании двух детекторов лептонной идентификации RICH и MuCh.

### Decision XI.19.6:

The Council agrees to the collaboration between FAIR GmbH and the NRC Kurchatov Institute, Gatchina (PNPI) regarding the production of the following components of the detector of the CBM collaboration:

- Mechanical Support Structures including Shielding Box for Camera and Gas System for the Ring Imaging Cherenkov Detector (RICH), (PSP 1.1.1.3.1.2)

This agreement is valid under the assumption that PNPI provides these components for the 2005-price including an inflation correction similar to that for cash contributions, according to FAIR Council Resolution V.10.1, and according to the technical specifications in the approved “Technical Design Report for the CBM Ring Imaging Cherenkov detector (RICH)”. The 2005-price for these components shall be considered as Russian contribution to experiments, within the contribution to experiments from the Russian commitment.

A complete collaboration contract including all annexes and technical specifications, according to FAIR Council Resolution III.10.1, is to be concluded.

(For information: The total cost-book value of this item amounts to 1,450,000.00 €. The corresponding Collaboration Contract is planned to be ready for signing during the fourth quarter of 2014.)

### Decision XVI.12.4

The Council agrees to the collaboration between FAIR GmbH and the NRC Kurchatov Institute (PNPI), Gatchina regarding the production of the following components of the detector of the CBM collaboration:

- Absorbers, Mechanical Structures, Gas System and contribution to LV, HV, Safety, Spare Parts, Alignment, Transport, Infrastructure and Installation for the Muon Chamber System (MUCH) (PSP 1.1.1.3.2.3)

This agreement is valid under the assumption that PNPI provides these components for the 2005-price including an inflation correction similar to that for cash contributions, according to FAIR Council Resolution V.10.1, and according to the technical specifications in the approved “Technical Design Report for the CBM Muon Chamber System (MUCH)”. The 2005-price for these components shall be considered as Russian contribution to experiments.

A complete collaboration contract including all annexes and technical specifications, according to FAIR Council Resolution III.10.1, is to be concluded.

For information:

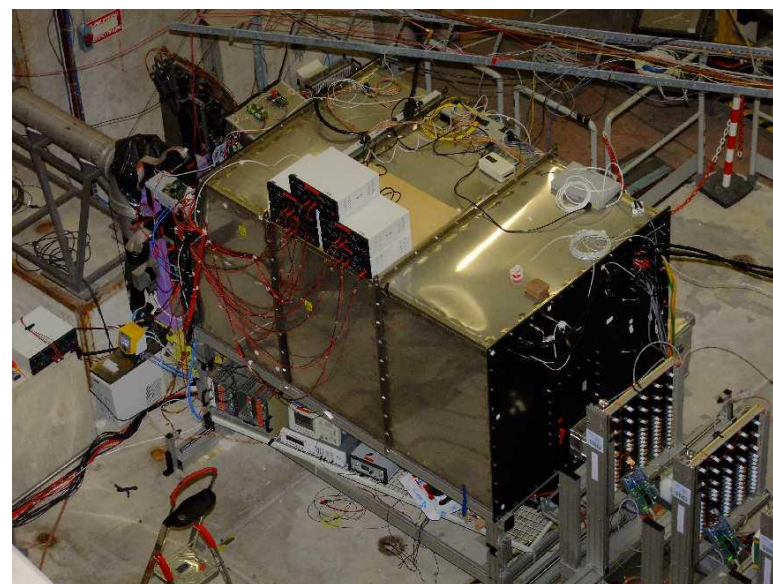
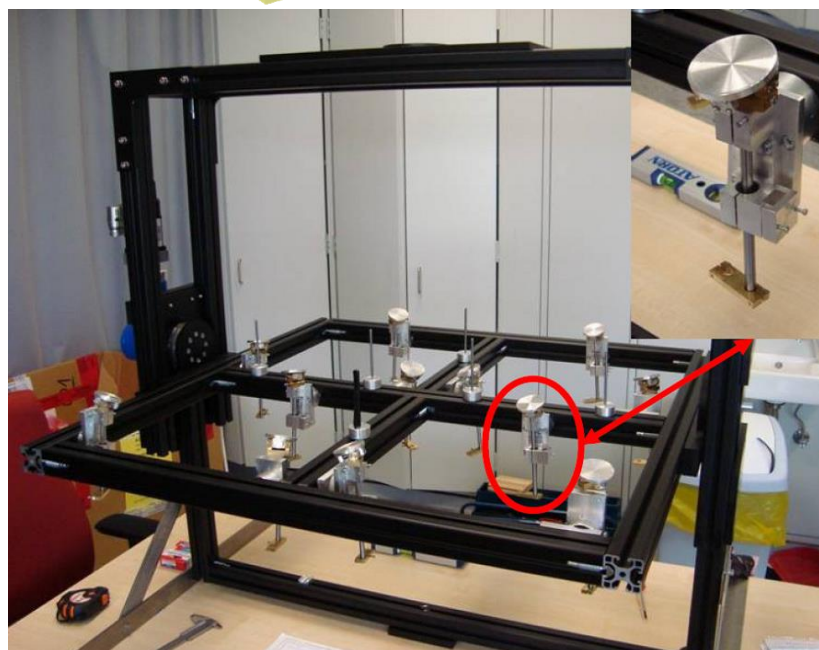
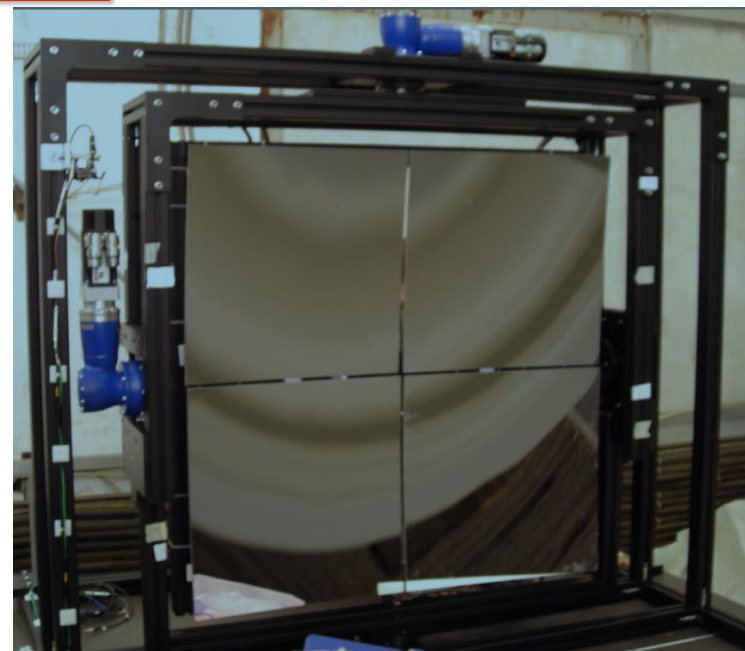
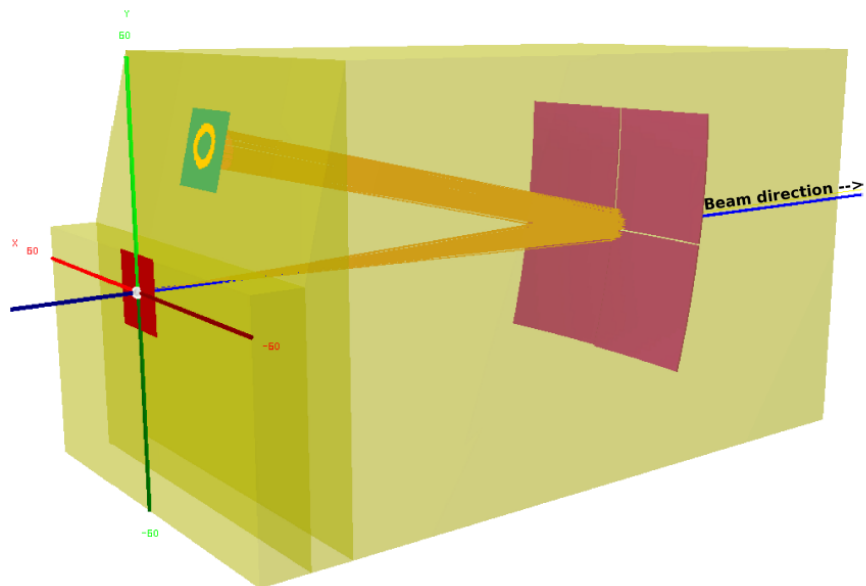
The total cost-book value of this item amounts to 3,022,000.00 €. This project is one out of four summarised in the CB work package: Muon Detector (MUCH), PSP code 1.1.1.3.2, with a full cost-book value of 7,677,700.00 €. The corresponding Collaboration Contract is planned to be ready for signing during the fourth quarter of 2015.

## Подписаны контракты на производство обоих детекторов. Ответственность ПИАФ – механическая структура + газовая система

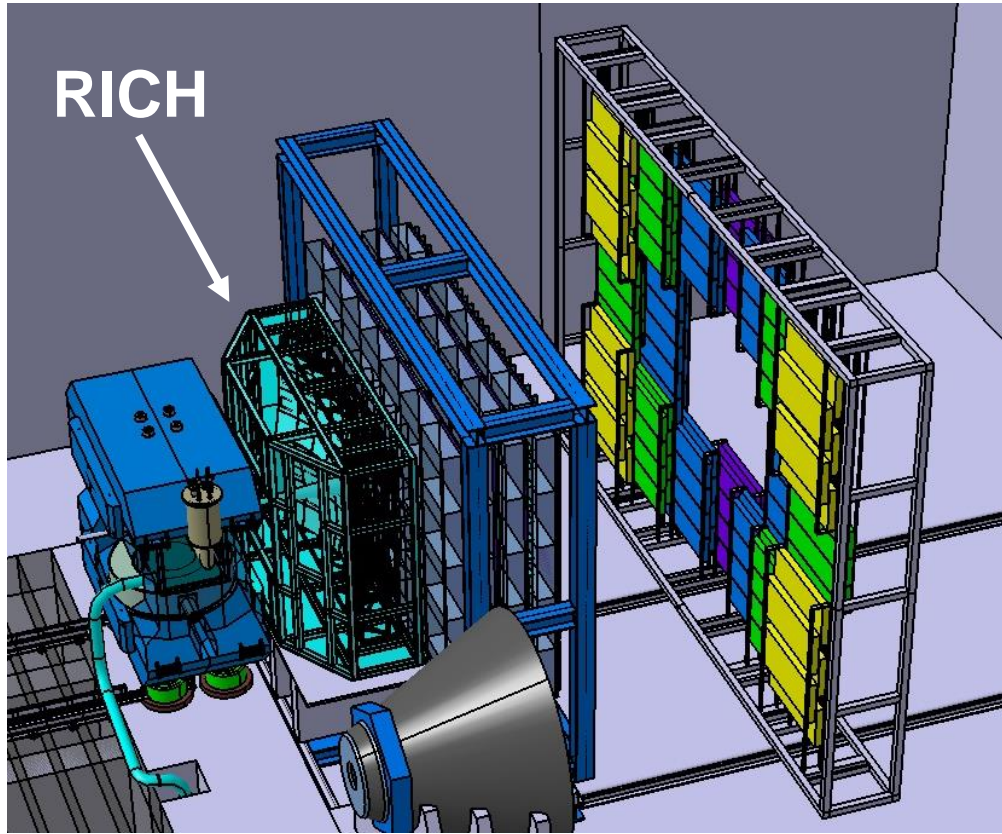
### CBM (ПИАФ) (RICH и MuCh)

**V. Dobyrn, D. Ivanischev, V. Ivanov, A. Khanzadeev, L. Kochenda, B. Komkov, V. Kozlov, P. Kravtsov, E. Kryshen, L. Kudin, N. Miftakhov, V. Nikulin, E. Rostchin, Yu. Ryabov, V. Samsonov, O. Tarassenkova, S. Volkov, M. Vznuzdaev, M. Zhalov, D. Tyts, M. Malaev, I. Solovyev, A. Solovev, G. Rybakov.**

# Прототип.



# Design requirements



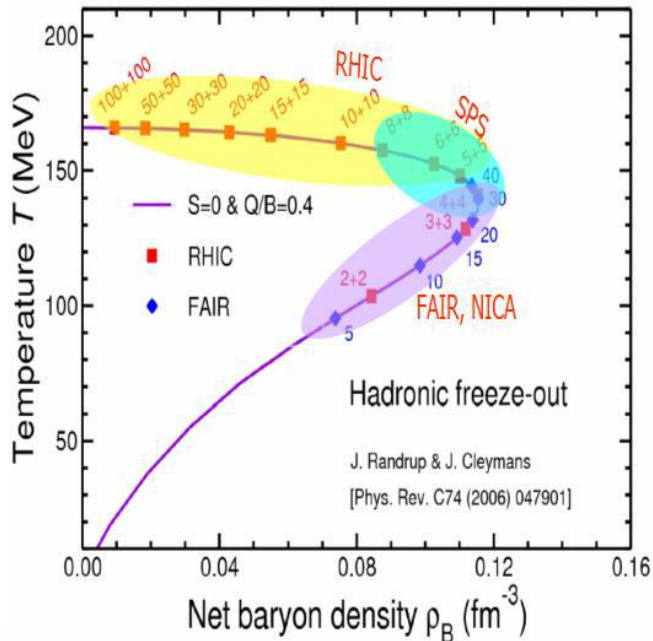
- ❖ Right behind the magnet.
- ❖ Total length along Z is ~ 2 m.
- ❖ Cover 25° in vertical plane and 35° in horizontal plane.
- ❖ Mirror plane is horizontally divided in two halves with radius - 3 m.
- ❖ Photodetectors are above and below the beam axis.
- ❖ Slope angle of each mirror half is one degree.
- ❖ Operated at normal T and p.

## Gas system:

- ❖ CO<sub>2</sub> as radiator with length ~ 170 cm.
- ❖ Differential pressure stability ( $2 \pm 0.1$  mBar)
- ❖ Contaminations: oxygen content < 100 ppm, water content < 100 ppm



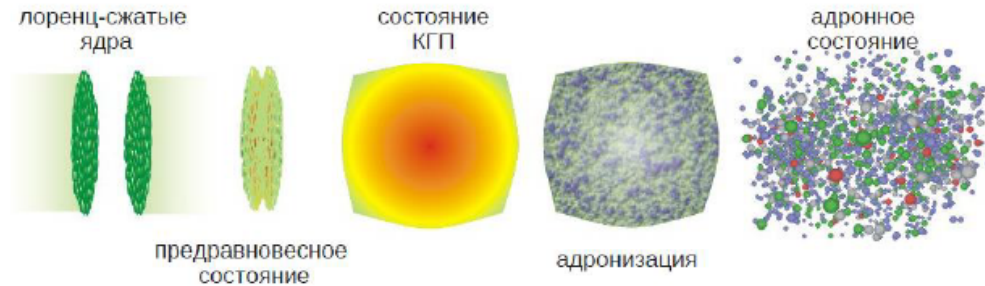
# Эксперимент CBM.



# Эксперимент CBM.

## Физическая программа CBM (SIS100)

- Уравнение состояния КХД материи, проявления ненуклонных степеней свободы при больших барионных плотностях
- Существование фазового перехода от адронной к кварк-глюонной материи, а также возможное существование экзотических КХД фаз, подобных кваркониевой материи
- Модификация свойств адронов в плотной барионной материи, возможное проявление сигналов восстановления киральной симметрии
- Существование материи в форме тяжелых мульти-странных объектов



# Эксперимент CBM.

Наблюдаемые для широкого набора ядер и энергий с достаточной статистикой

## Уравнение состояния ядерной материи при плотностях кора нейтронных звезд

- Коллективные потоки адронов (обусловлены распределением давления в среде на ранней стадии)
- Частицы, содержащие чарм (D - мезоны, чармониум) при (под)пороговых энергиях, рождаются в начальной фазе столкновения, т.е. несут информацию о сильно сжатой барионной материи
- Мульти странные гипероны
- Прямые фотоны

## Критическая точка на фазовой диаграмме КХД

- Статистический анализ event-by-event флуктуаций и корреляций дает информацию о наличии фазового перехода и критической точки

## Деконфайнмент и признаки восстановления киральной симметрии при больших $\rho_B$

- Выходы и спектры странных частиц (K,  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$ ,  $\Omega$  и их античастицы) и адронных резонансов (такие как  $K^*$ ,  $\Lambda^*$ )
- Выходы и спектры очарованных частиц ( $J/\psi$ ,  $\psi'$ ,  $D^0$ ,  $D^\pm$ ,  $\Lambda_c$ )
- Легкие векторные мезоны ( $\rho, \omega, \phi \rightarrow e^+e^-(\mu^+\mu^-)$ ) дают невозмущенную информацию относительно адронных свойств плотной и горячей среды
- Модификация свойств адронов ( $\rho, \omega, \phi \rightarrow e^+e^-(\mu^+\mu^-)$ , D)

## Странная материя

- Гиперядра с мульти странными гиперонами
- Экзотические состояния материи такие, как конденсаты странных частиц