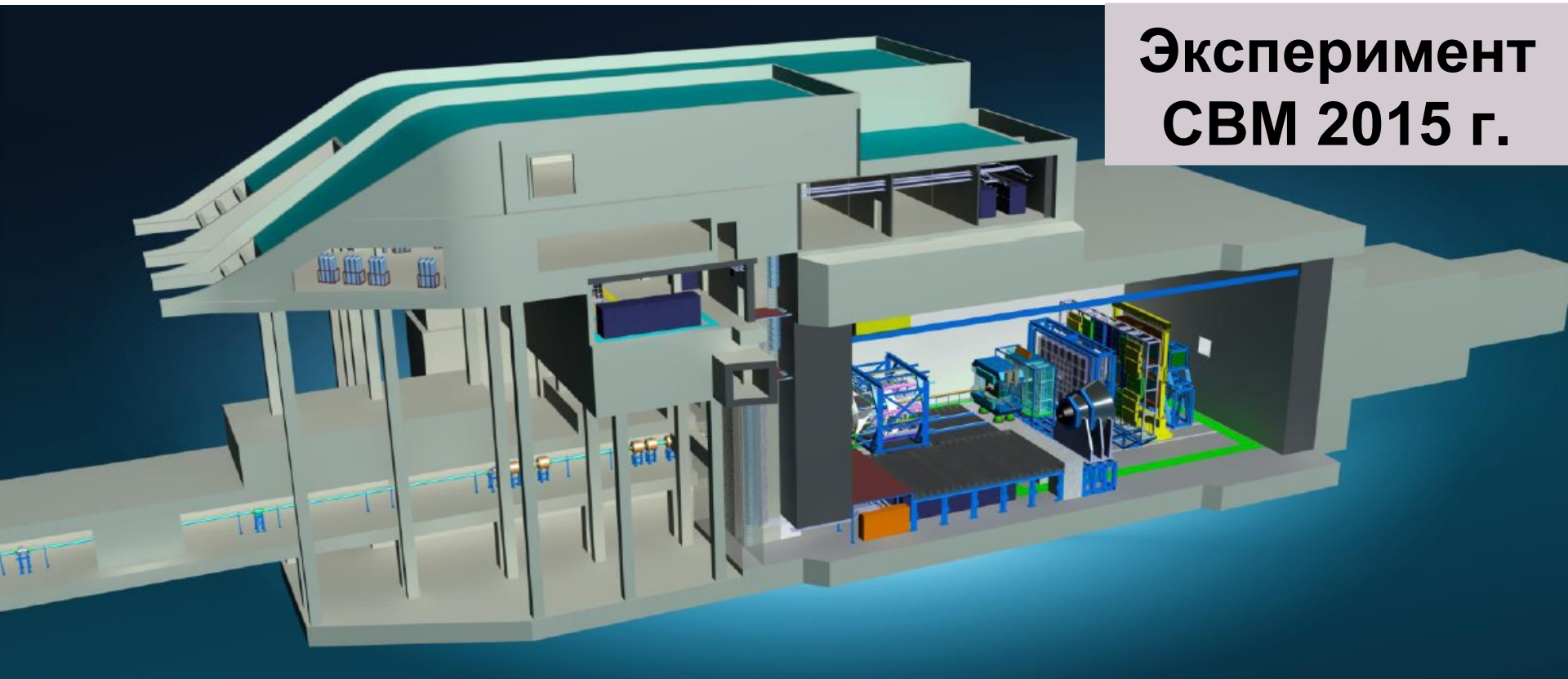
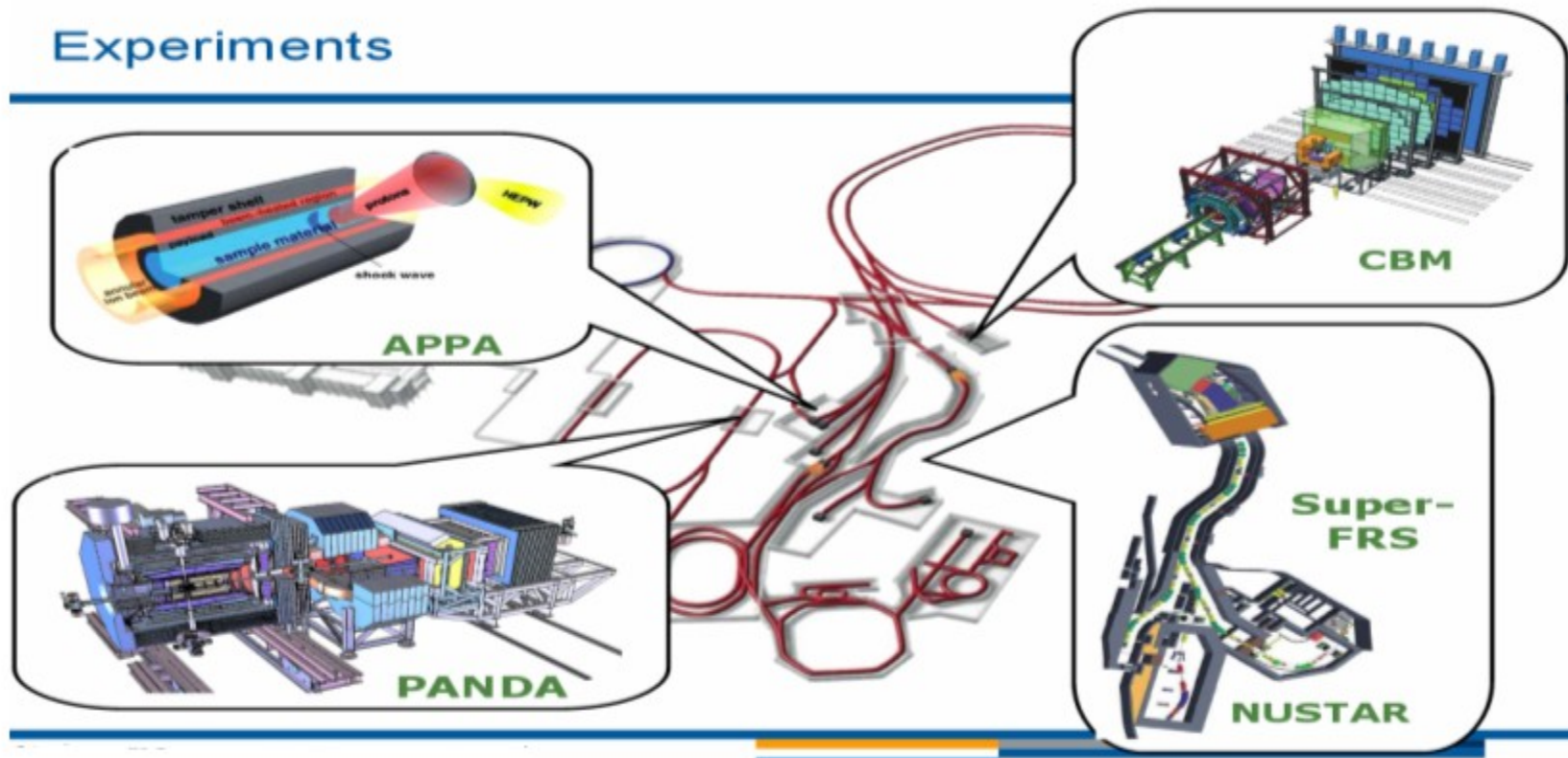


Эксперимент СВМ 2015 г.



Ускорительный комплекс FAIR (Германия, Дармштадт)



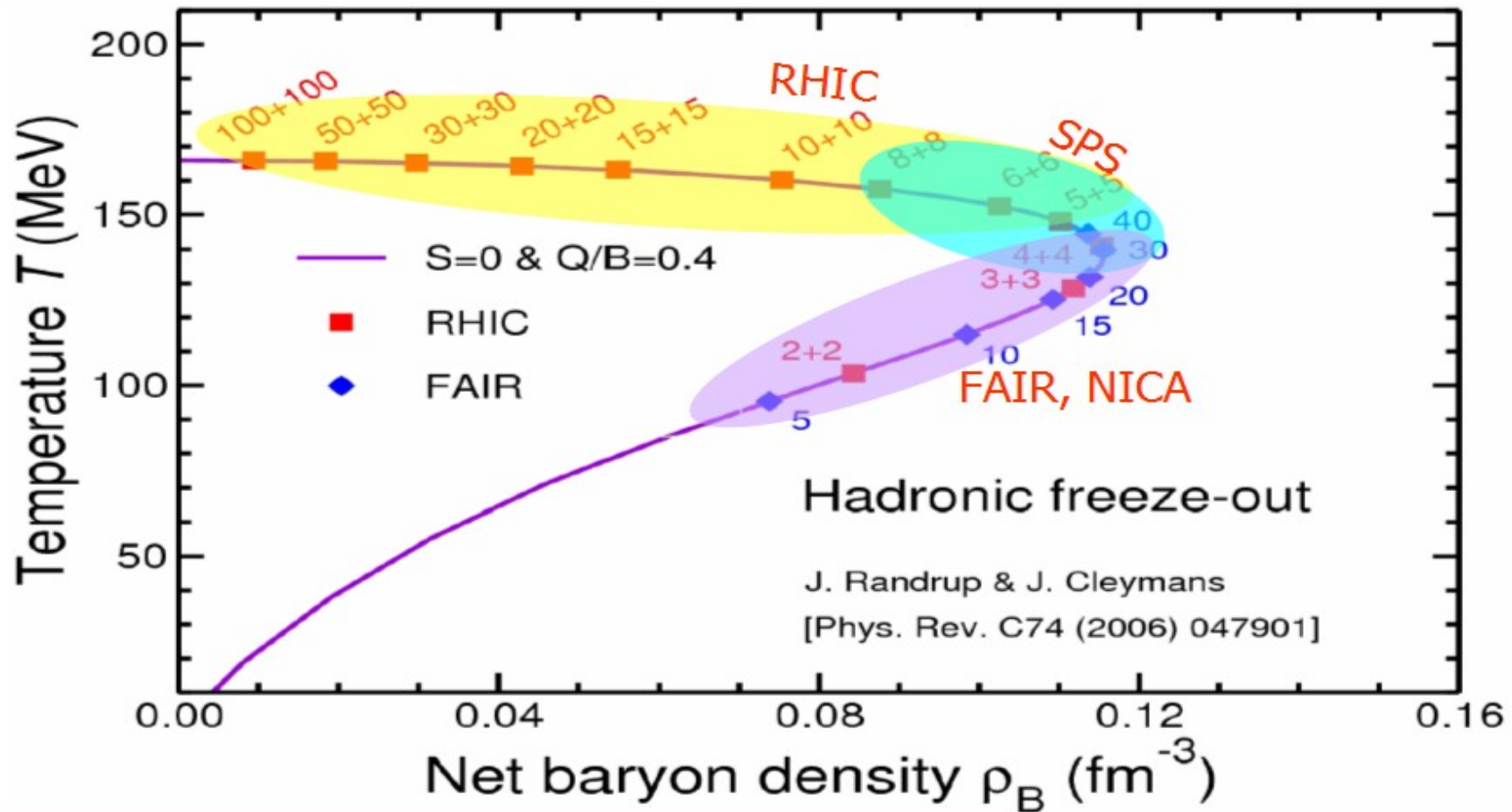
CBM (**C**ompressed **B**aryonic **M**atter) – эксперимент по ядро - ядерному и протон - ядерному взаимодействию на выведенном пучке с целью исследования плотной ядерной материи

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

SIS300 – ядра вплоть до урана **8- 40** ГэВ/нуклон и протоны до **90** ГэВ

Эксперименты, исследующие плотную ядерную материю

Experiment	Energy $\sqrt{s_{NN}}$ (Au/Pb beams)	Observables	Reaction rates Hz
ALICE@ LHC CERN	2.76 -5.5 TeV	p, π , strangeness charm, e, μ	
STAR, PHENIX@ RHIC BNL	7 – 200 GeV	p, π , strangeness charm, e, μ	
NA61@ SPS CERN	6.4 – 17.4 GeV	p, π , strangeness	80 (limitation by detector)
HADES@ SIS18 GSI	< 2.4 GeV	e, p, π , strangeness	$5 \cdot 10^4$
Planned Experiments:			
CBM@ SIS 100/300 FAIR	2.7 – 4.9 GeV 2.7 – 8.3 GeV	p, π , strangeness charm, e, μ	$10^5 – 10^7$ (limitation by detector)
MPD@ NICA Dubna	4.0 – 11.0 GeV	p, π , strangeness, e	~ 1000 (design luminosity of $10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ for heavy ions)
HI-Expt@ J-PARC	2.3 – 4.9 GeV	p, π , strangeness	10^5



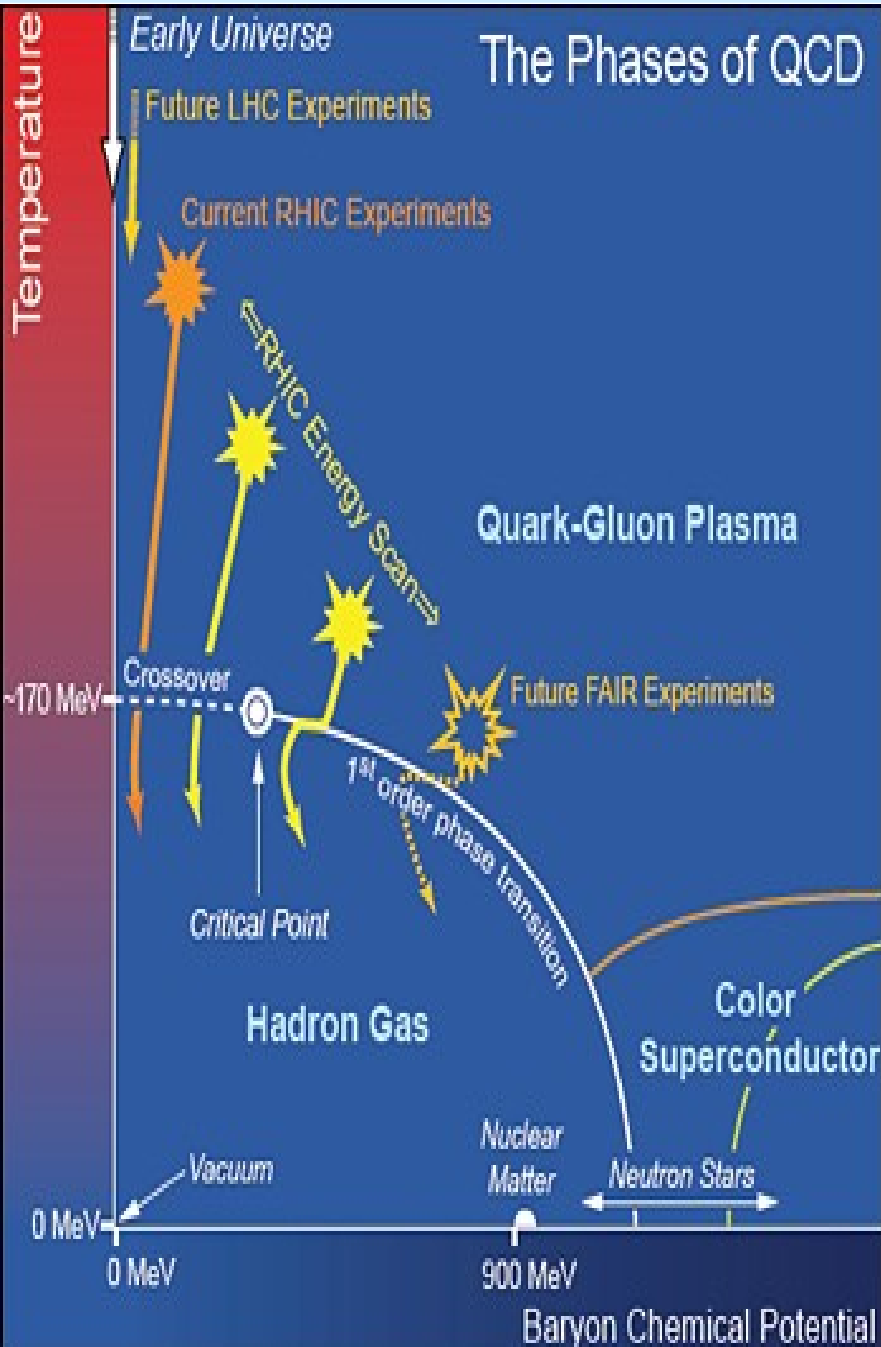
При очень высокой температуре:

- N частиц $\approx N$ античастиц
- Ситуация подобна ранней Вселенной
- КХД на решетке находит кроссовер между адронной материей и Кварк-Глюонной Плазмой

При высокой барионной плотности:

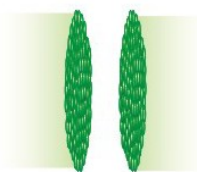
- N частиц $\gg N$ античастиц
- Плотность как в коре нейтронных звезд
- Модели предсказывают фазовый переход первого рода со смешанными или экзотическими фазами

Физическая программа



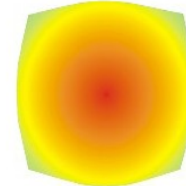
- Свойства ядерной материи при высоких плотностях, уравнение состояния
- Проявления ненуклонных степеней свободы ядерной материи, в том числе кварк-глюонных
- Поиск фазовых переходов и возможной критической точки на фазовой диаграмме сильно взаимодействующей адронной материи.
- Поиск возможных сигналов деконфайнмента и/или восстановления киральной симметрии
- КХД-вычисления на решетке, указывают, что в области энергий $\sqrt{s_{NN}} = 4 - 9$ ГэВ для, например Au – Au или U – U, может находиться критическая точка для сильновзаимодействующей КХД материи
- Свойства элементарных частиц и резонансов в плотной ядерной среде
- Вопрос о начальной стадии формирования сильно взаимодействующей КХД материи, где заметную роль могут играть электромагнитные

лоренц-сжатые ядра

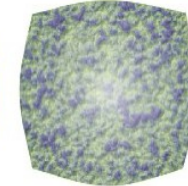


предравновесное состояние

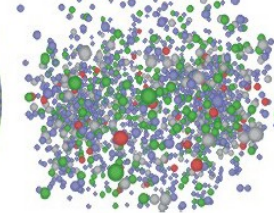
состояние КГП



адронизация



адронное состояние



Наблюдаемые

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), рождаются в начальной фазе столкновения, т.е. несут информацию о сильно сжатой барионной материи
- Прямые фотоны

Критическая точка на фазовой диаграмме КХД

- Ожидается, что динамические флуктуации множественности появляются при фазовом переходе 1-го рода или в критической точке

Деконфайнмент и признаки восстановления киральной симметрии при больших ρ_B

- Выходы и спектры странных частиц ($K, \Lambda, \Sigma, \Xi, \Omega$ и их античастицы) и адронных резонансов (такие как K^*, Λ^*)
- 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 ($\rho, \omega, \phi \rightarrow e^+e^-(\mu^+\mu^-), D$)

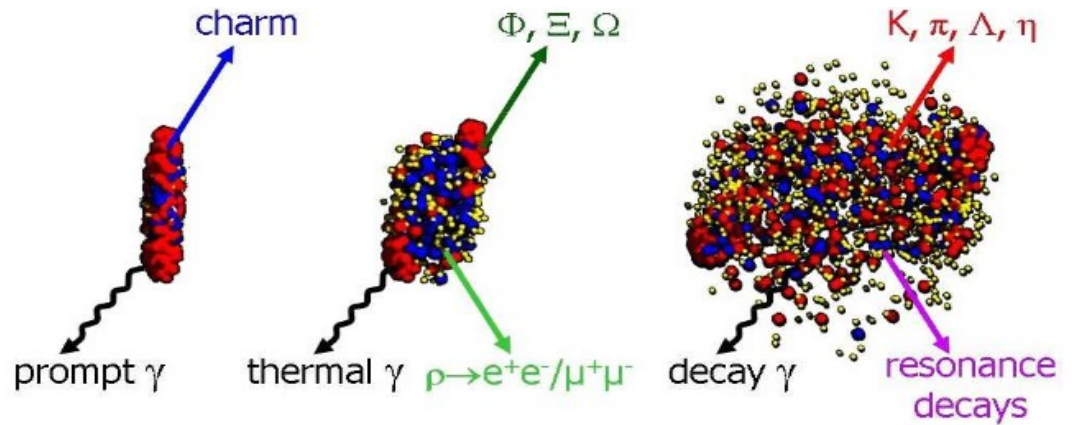
Странная материя

- Гиперядра с двумя Λ
- Странные метастабильные объекты

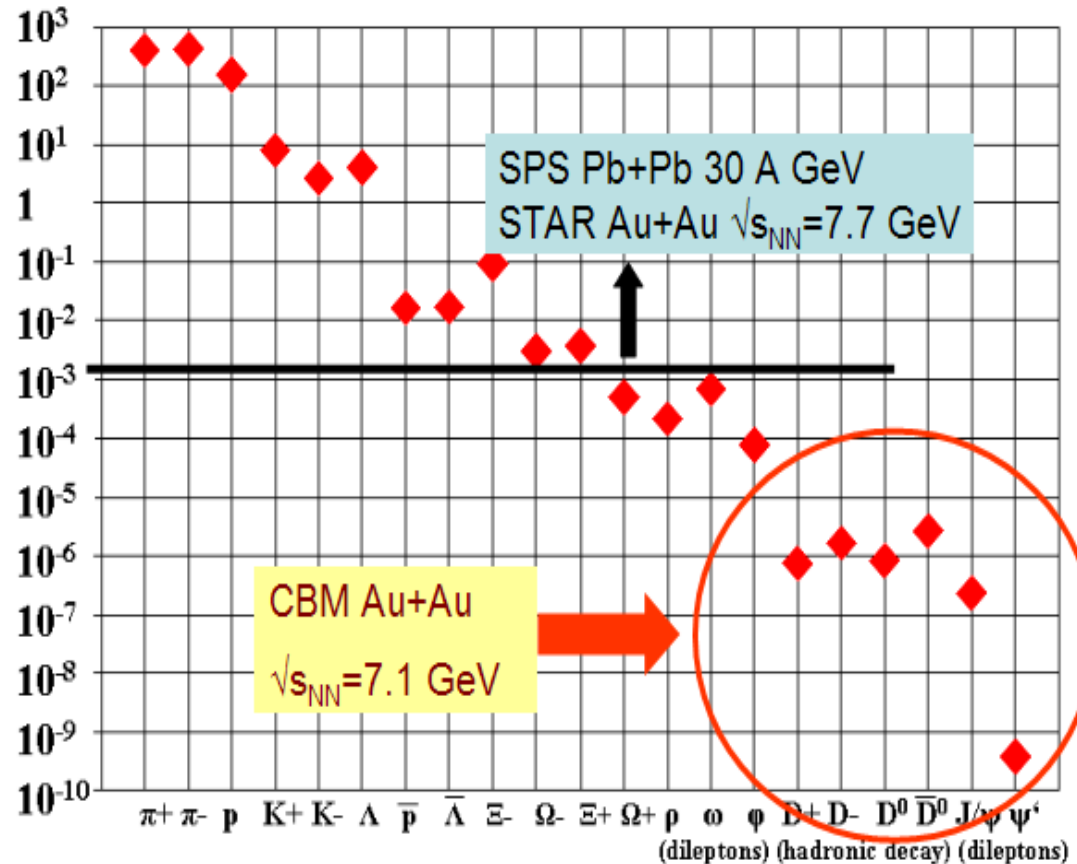
CBM планирует измерение практически всех продуктов взаимодействия для широкого набора ядер и энергий с достаточной статистикой

Амбициозные требования на экспериментальную установку:

10^9 ядер/с на мишень \rightarrow
 10^7 с $^{-1}$ \rightarrow до 1000 треков заряженных частиц в каждом событии

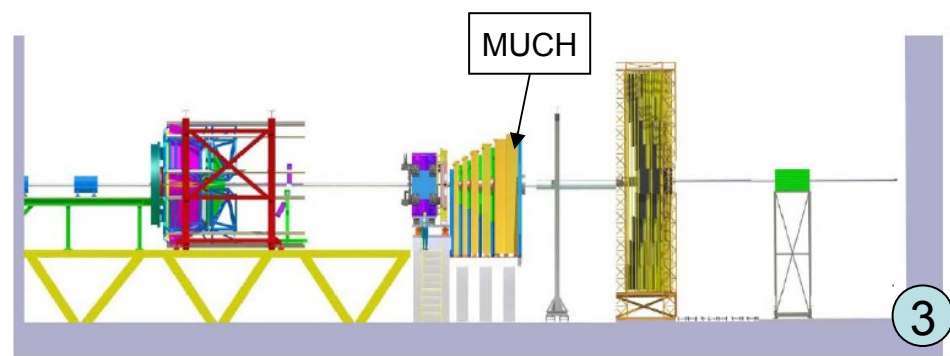
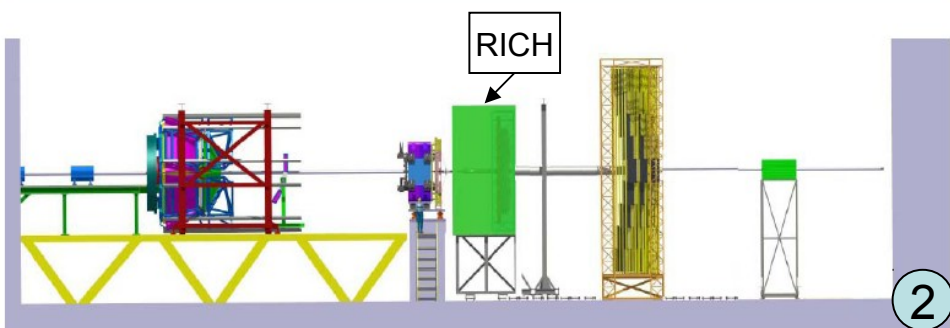
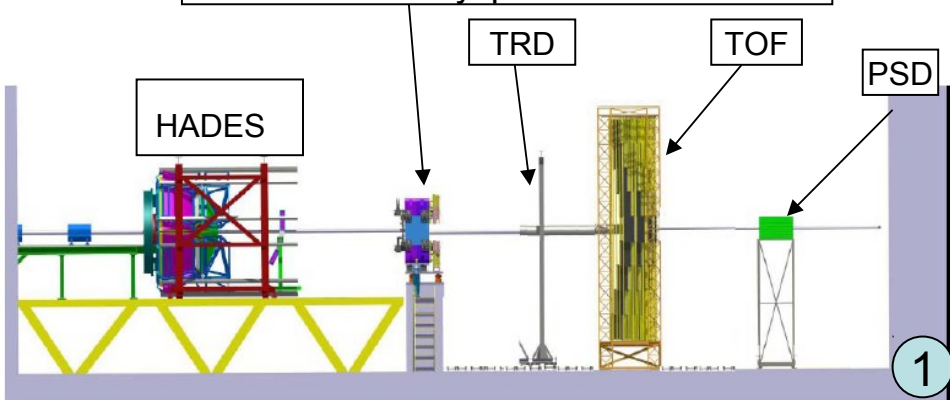


$M \times BR$



Варианты экспериментальной установки на SIS100 (1-я фаза CBM)

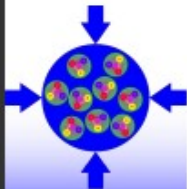
Мишень, MVD, дипольный магнит, STS внутри магнита



HADES – измерение адронов и дилептонных пар от распада легких векторных мезонов при столкновении ядер **Ni+Ni** до энергии **13A** ГэВ

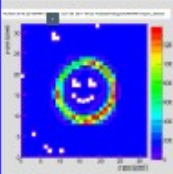
1. Вариант для измерения адронов, гиперонов и гиперядер в **Au+Au** до **11A** ГэВ (**STS, TRD, TOF, PSD**) и D-мезонов в **p+Au** до **30A** ГэВ и в **Ca+Ca** до **14A** ГэВ (**MVD, STS, TRD, TOF, PSD**)
2. К варианту 1 добавлен **RICH** для измерения электрон-позитронных пар от распада легких векторных мезонов в **Au+Au** до **11A** ГэВ (**MVD, STS, RICH, TRD, TOF, PSD**)
3. Вместо RICH к варианту 1 добавлена стартовая версия **MUCH** для измерения чармония в **p+Au** до **30A** ГэВ, **Ca+Ca** до **14A** ГэВ и **Au+Au** до **11A** ГэВ (**STS, MUCH, TRD, TOF, PSD**)

ПИЯФ участвует в создании мюонного детектора MUCH и черенковского детектора RICH



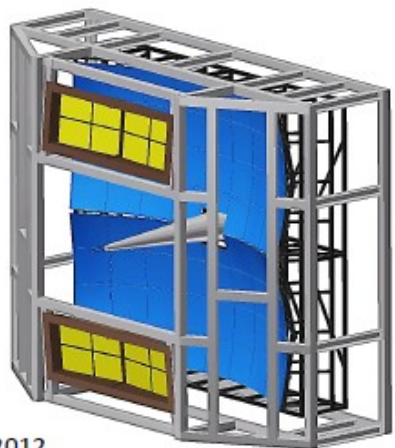
**Technical Design Report
for the CBM**

Compressed Baryonic Matter Experiment

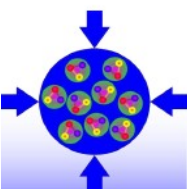


**Ring Imaging
Cherenkov (RICH)
Detector**

The CBM Collaboration



November 2012

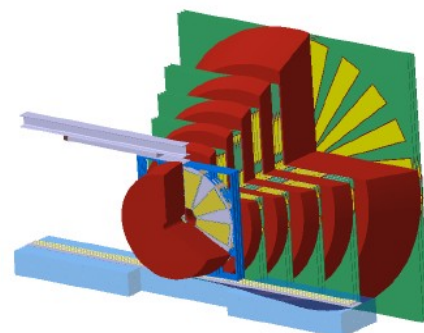


**Technical Design Report
for the CBM**

Compressed Baryonic Matter Experiment

**Muon Chamber
(MUCH)**

The CBM Collaboration



December 2013

Решение комитета ФАИР о заключении контрактов

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 approved²⁰ “Technical Design Report for the CBM Muon Chamber System (MUCH)”. The 2005-price for these components shall be considered as Russian contribution to experiments.

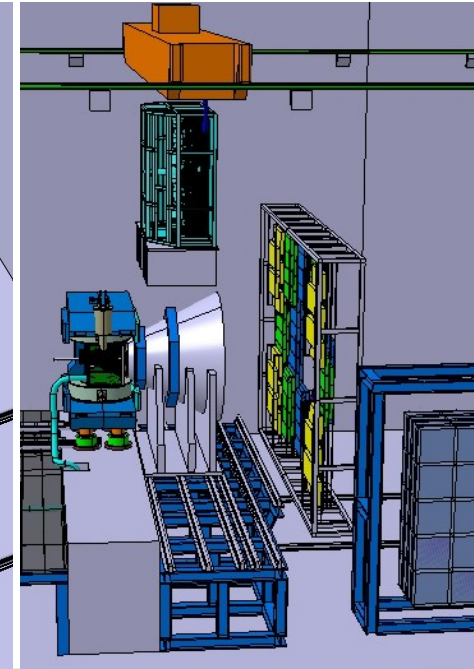
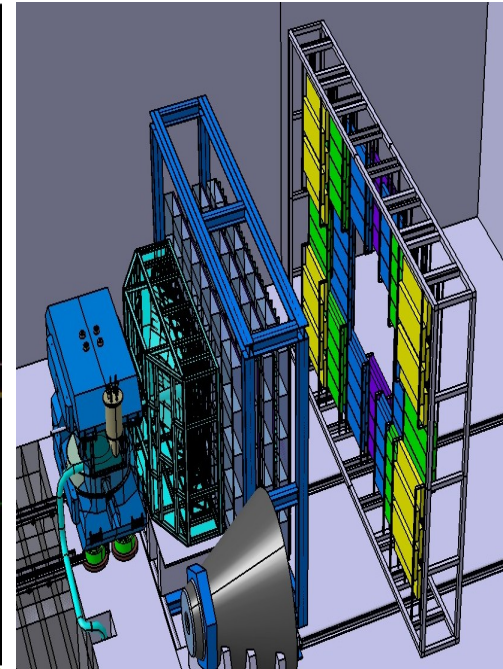
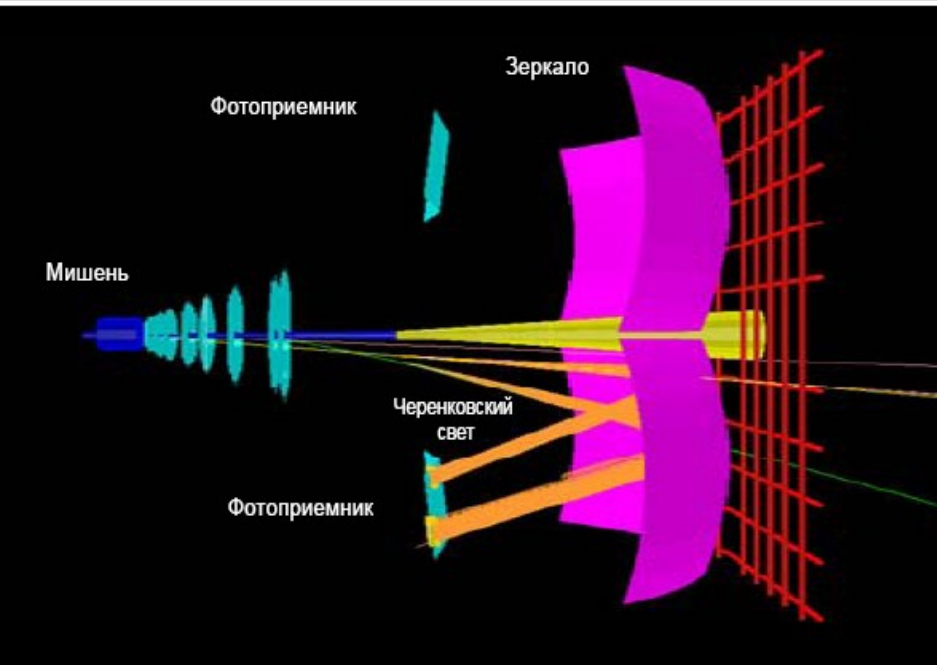
A complete collaboration contract including all annexes and technical specifications, according to FAIR Council Resolution III.10.1, is to be concluded.

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.

Детекторы должны быть установлены в экспериментальном зале к 2021 г.

Черенковский детектор RICH_



- 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 – CO₂ при нормальных T и P

Ответственность ПИЯФ:

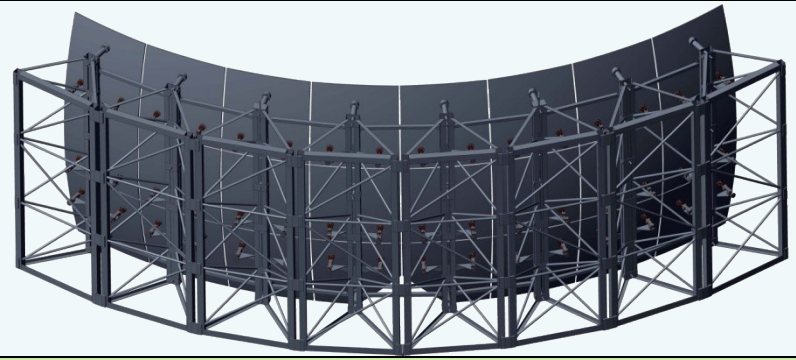
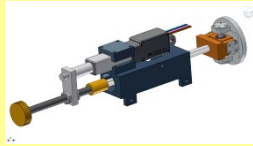
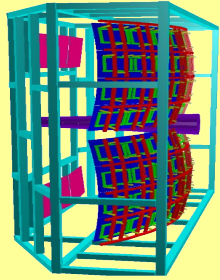
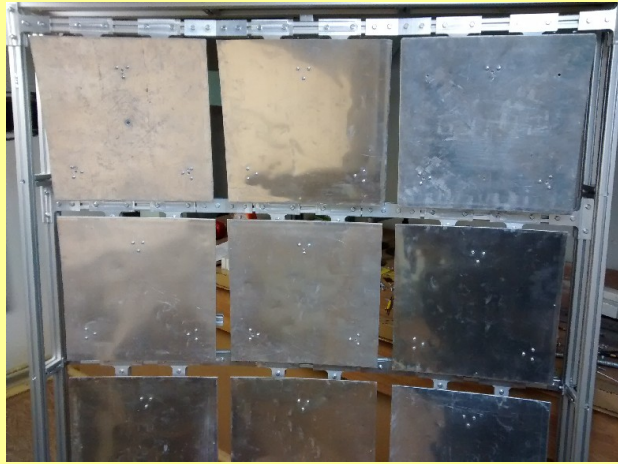
Механика

- Регулируемые фиксаторы зеркал
- Рама для крепления зеркал
- Корпус газового объема
- Структура поддержки фотодетектора

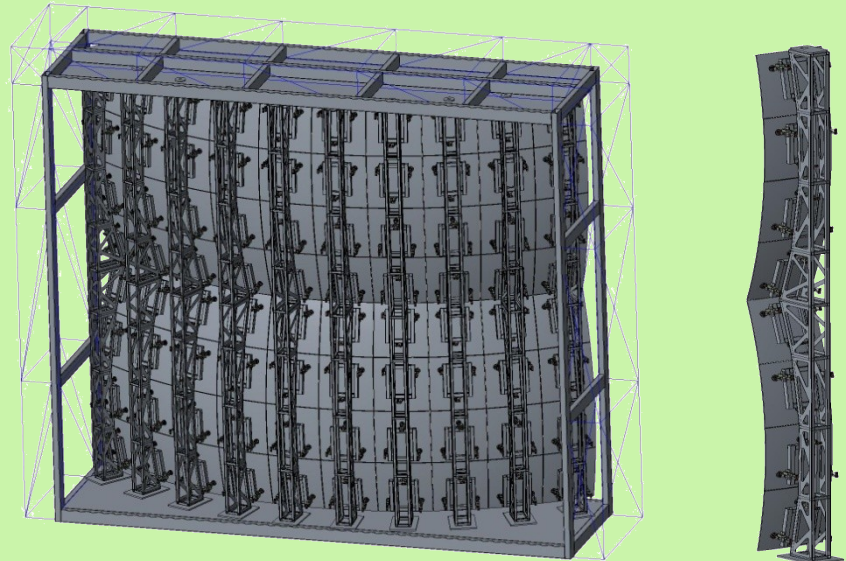
Газовая система

Практически подготовлен контракт

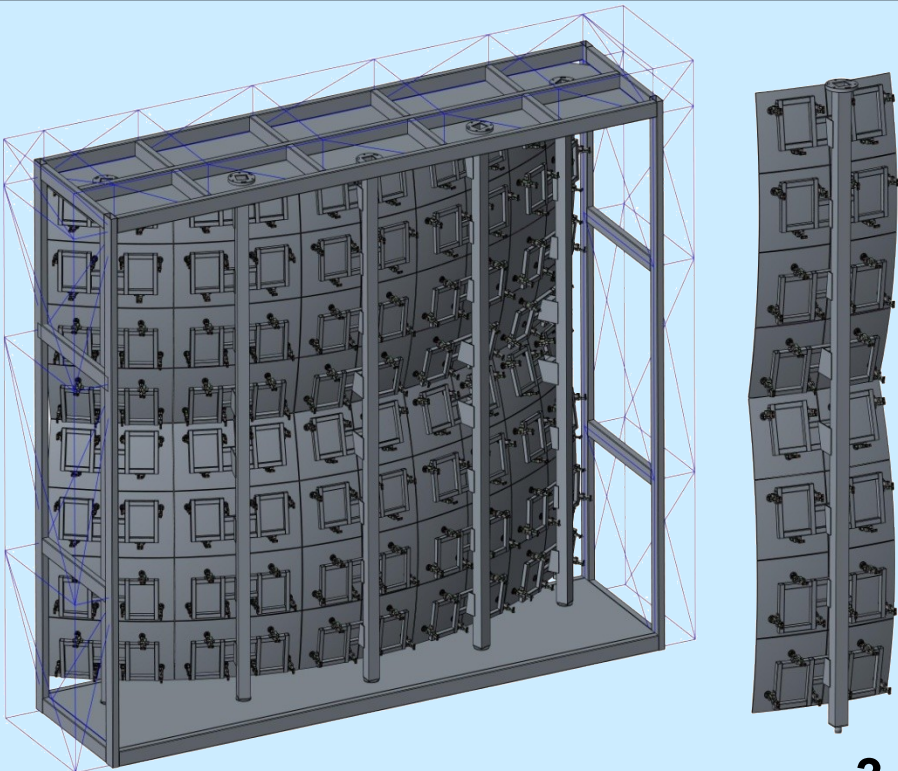
Структура поддержки зеркал



1



2



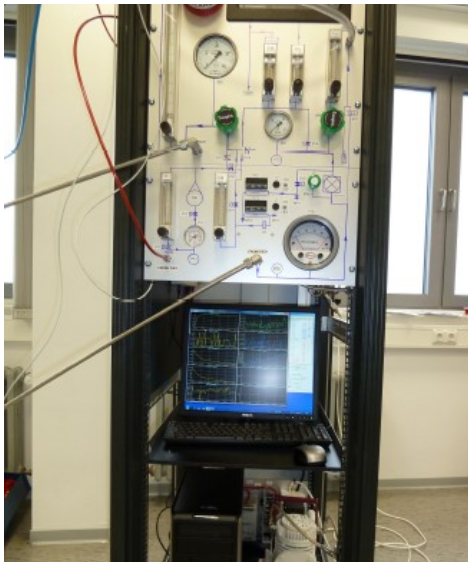
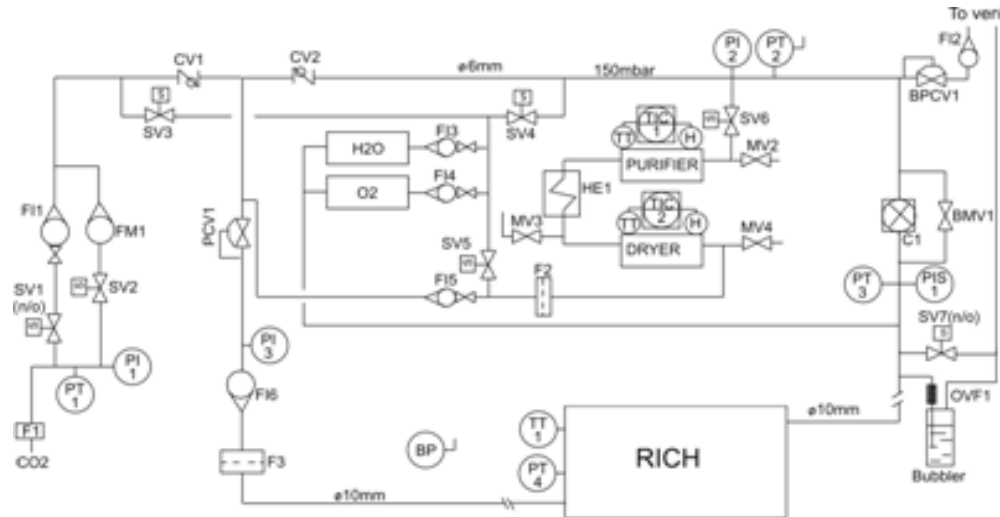
3

	Weight, kg	% X_0
Base design (Al profile)	237	~ 6.35
Ver_1	180	~ 4.8
Ver_2	170	~ 4.5
Ver_3	165	~ 4.4
Foam	~200	~ 3

Газовая система

Для прототипа спроектирована и реализована газовая система

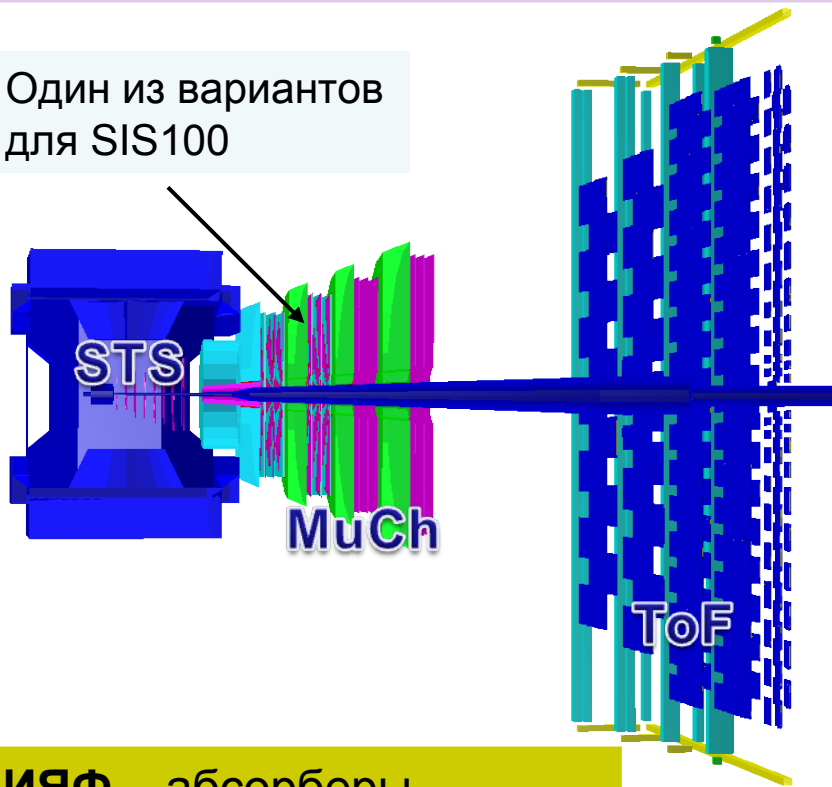
С небольшими изменениями такая система годится и для реального детектора



Мюонный детектор MUCN

Стратегия – поэтапное создание полномасштабной версии детектора, включающей **6** слоев абсорбера, прослоенных трековыми станциями, каждая из которых состоит из **3-х** плоскостей (X,Y) детекторов

Один из вариантов для SIS100



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

Абсорбер: 1-й слой – 60 см углерод, остальные **железо** (всего $13.5 \lambda_1$),

центральная вставка (скорее всего из **свинца**) с вакуумной трубой

Станции 1,2 – камеры на основе **GEM**, считывающие электроды имеют падовую структуру

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

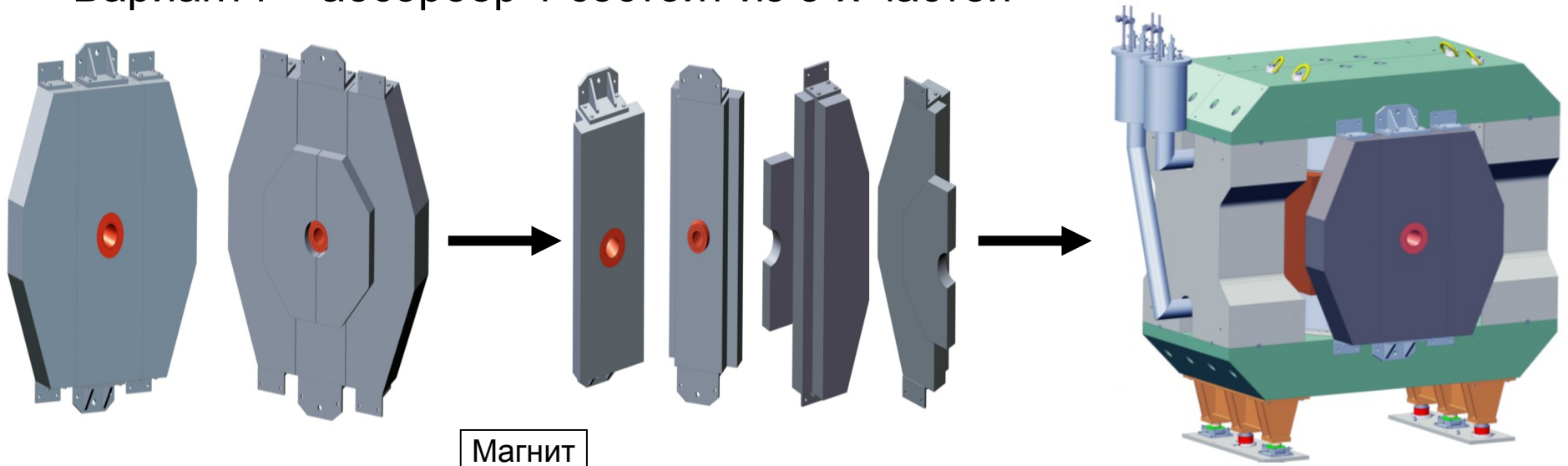
ПИЯФ – абсорберы, механика, газовая система, система юстировки

ПИЯФ (SIS300)

Идет подготовка контракта

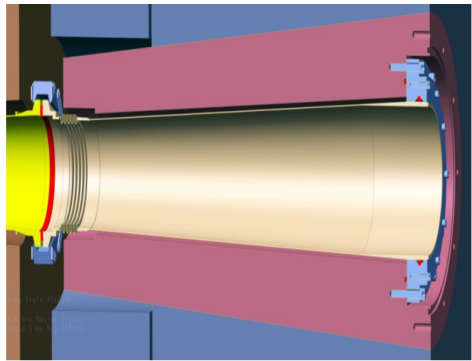
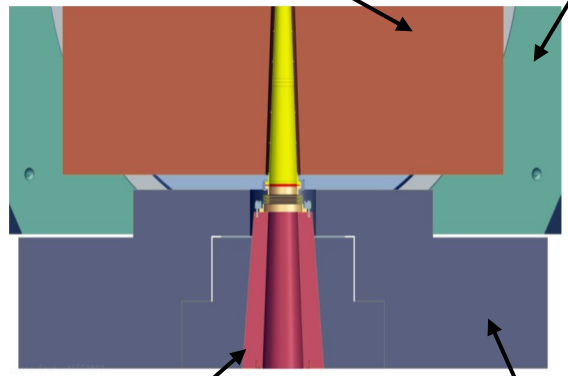
Абсорбер1 + пучковая труба (концепция, сборка)

Вариант1 – абсорбер 1 состоит из 3-х частей



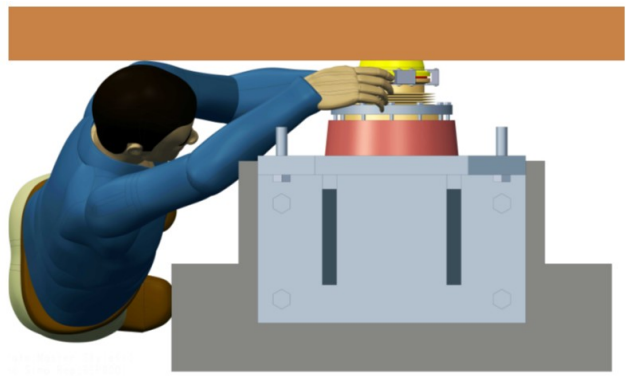
STS бокс

Магнит



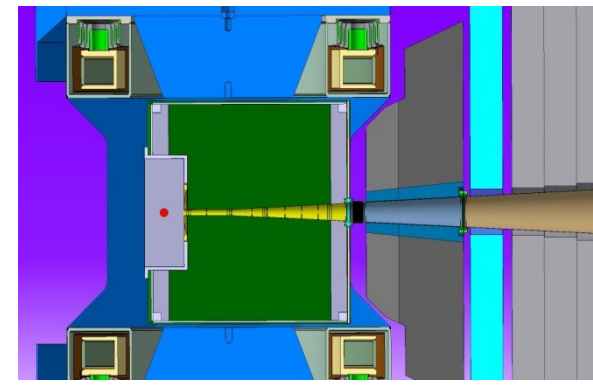
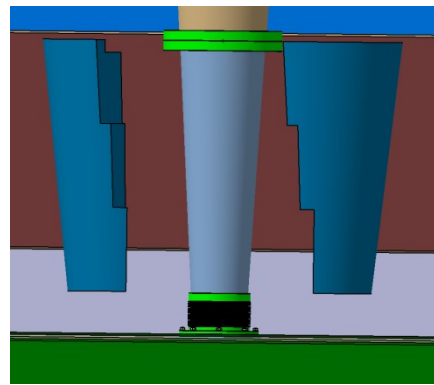
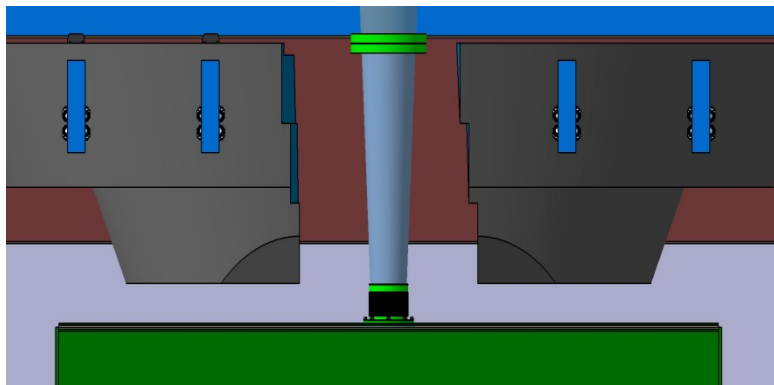
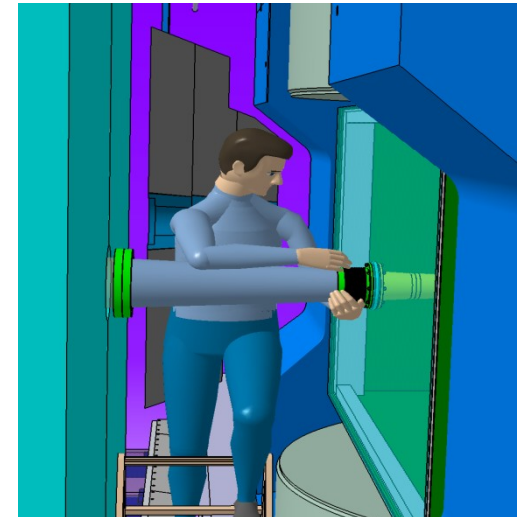
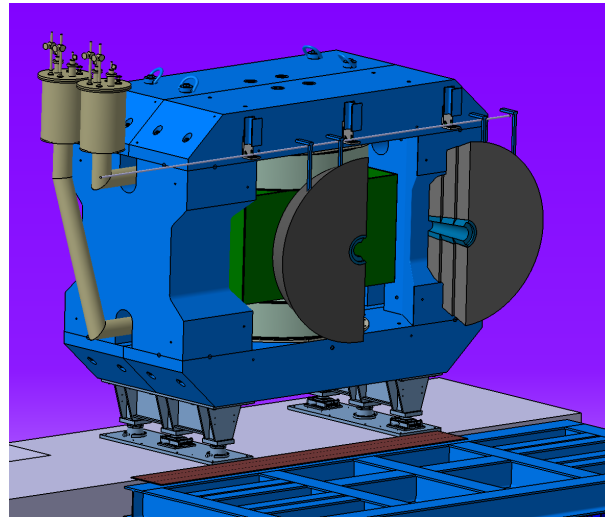
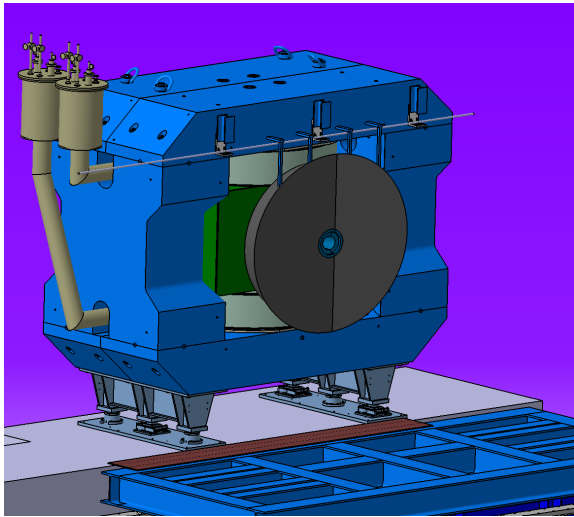
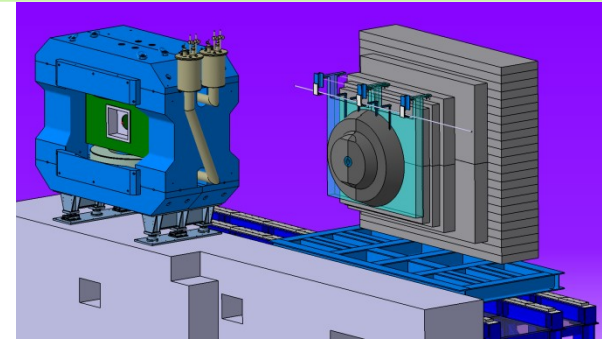
Вставка из свинца

Абсорбер1



Абсорбер1 + пучковая труба (концепция, сборка)

Вариант2 – абсорбер1 состоит из 2-х частей



План на 2016 г. – заключение 2-х контрактов и их практическая реализация

Благодарю за внимание

Quark matter in massive neutron stars?

Equation-of-state: Non-local SU(3) NJL with vector coupling

M. Orsaria, H. Rodrigues, F. Weber (August 2012)

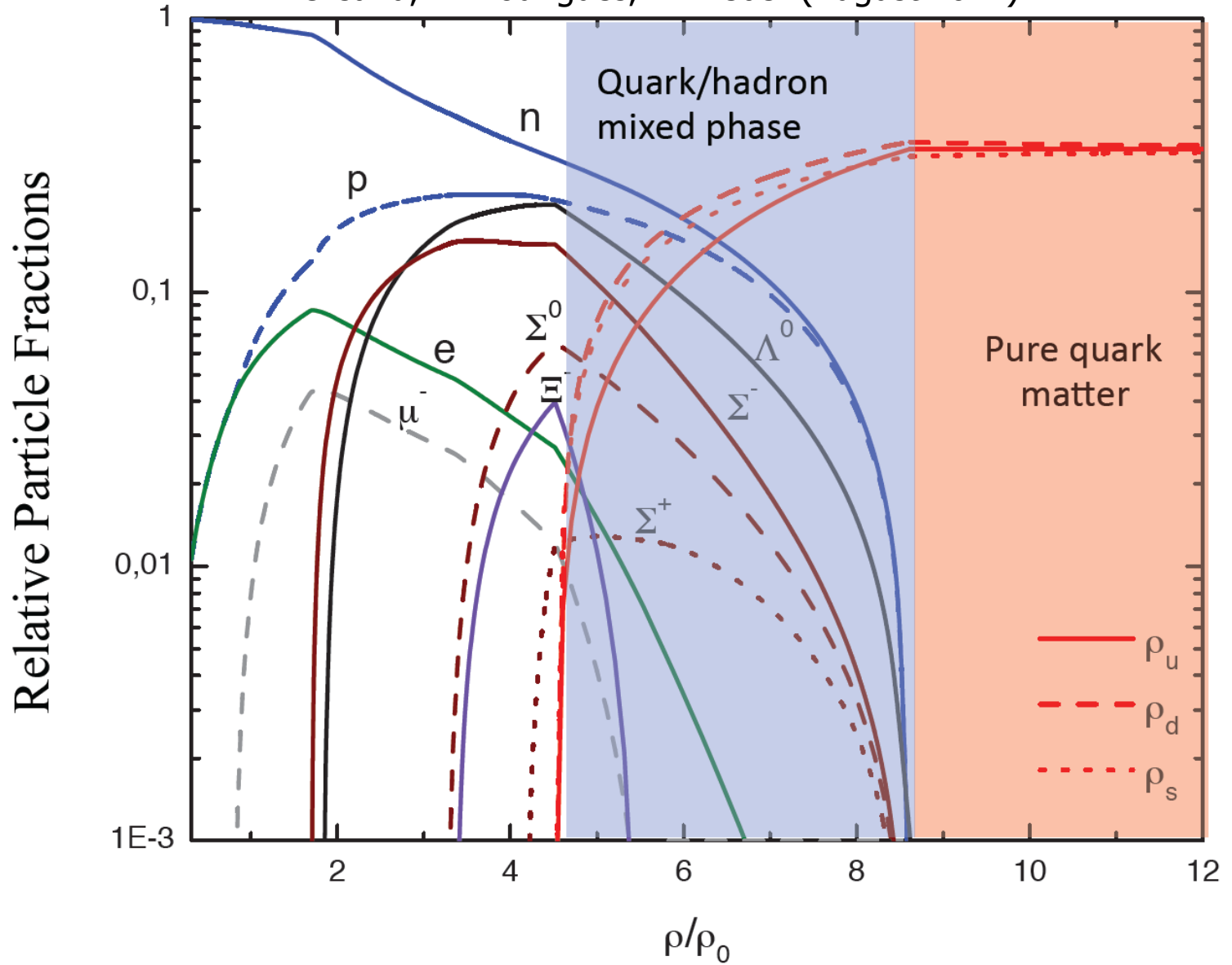
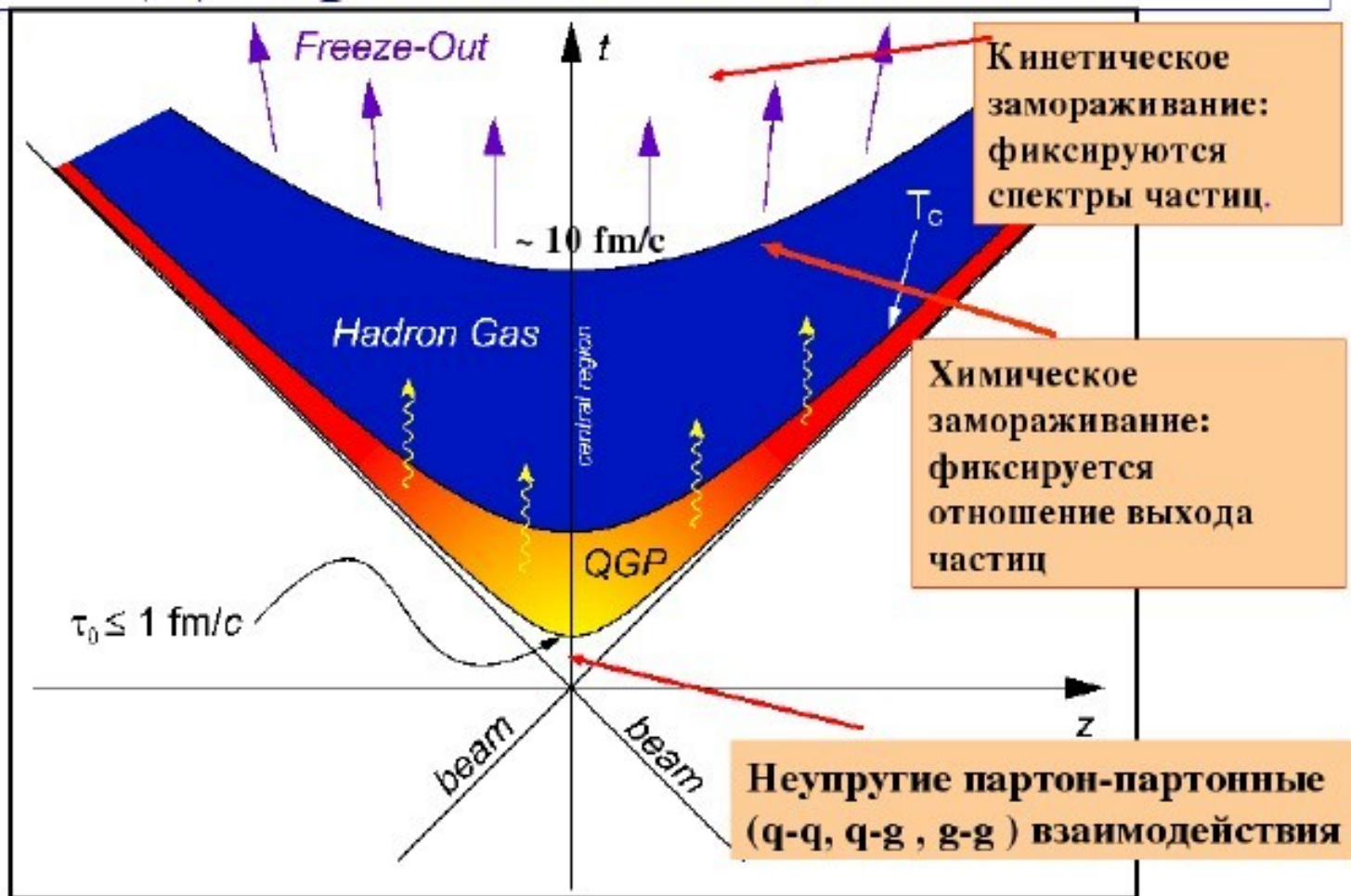
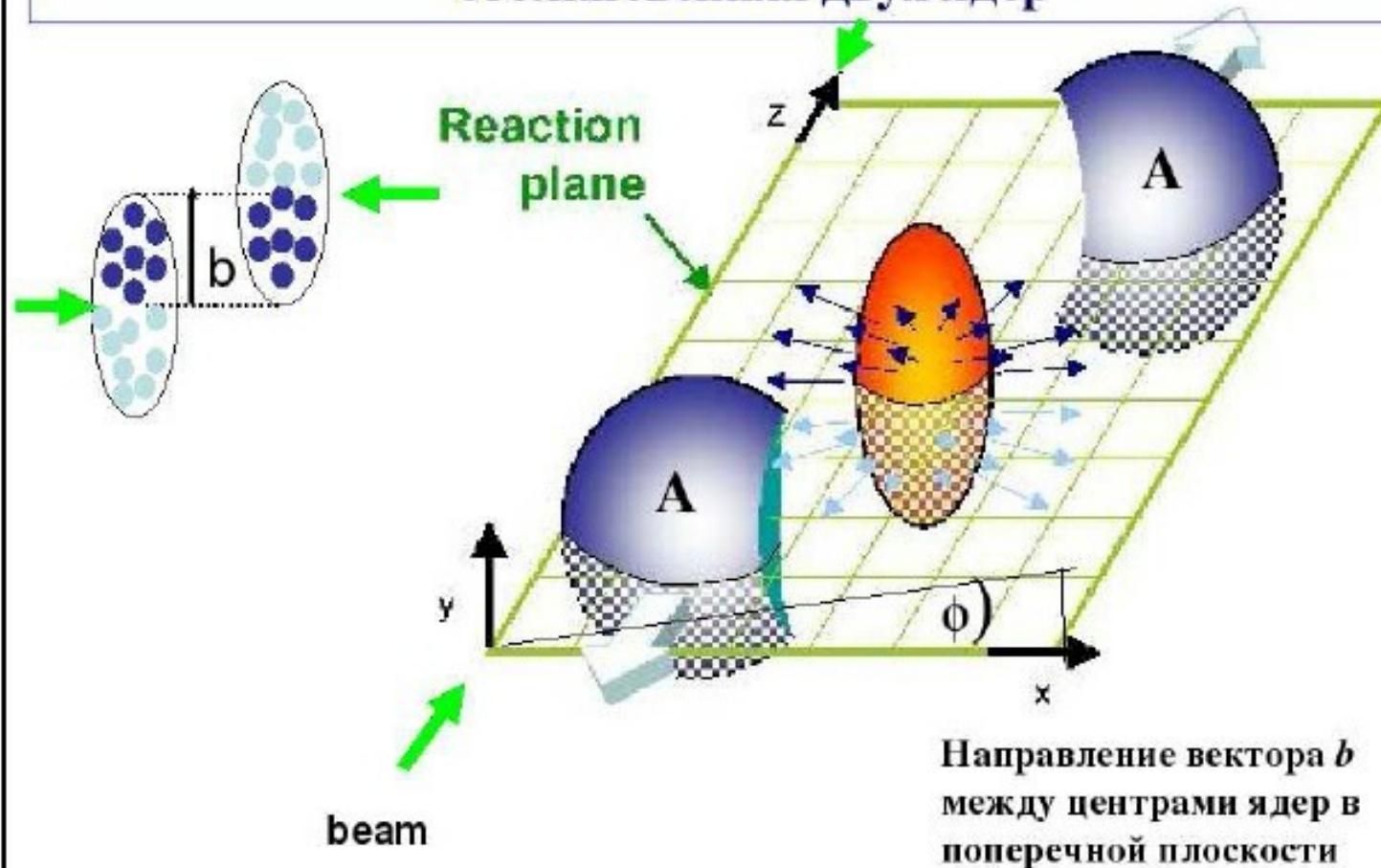
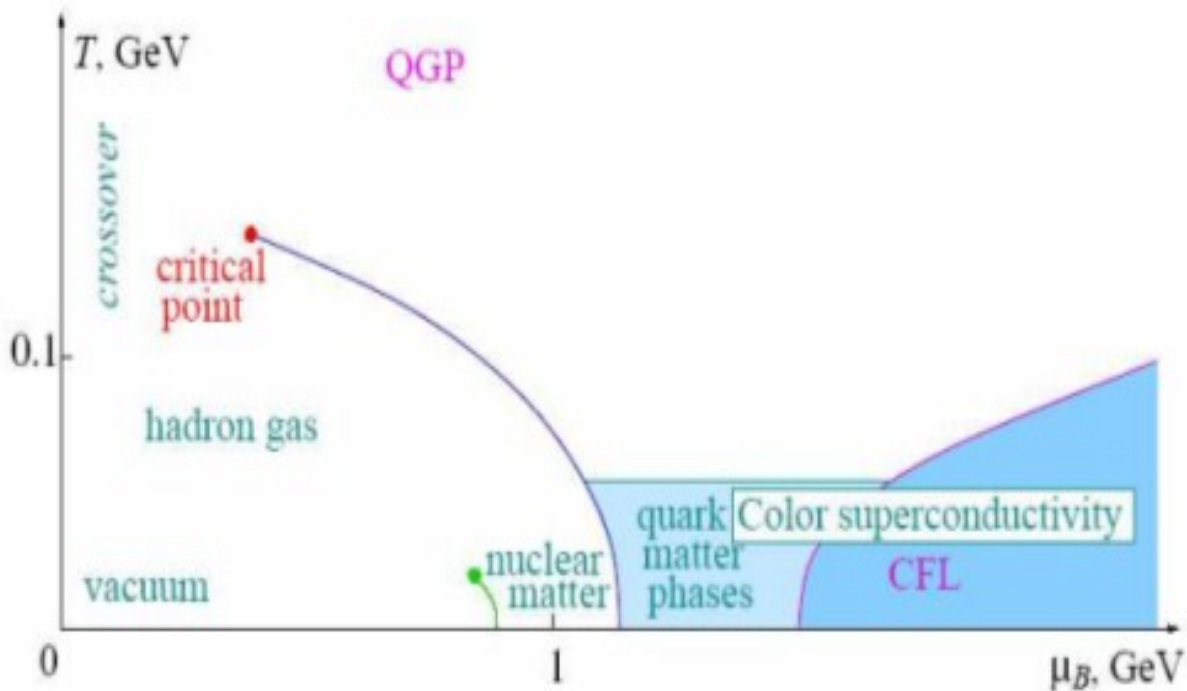


Диаграмма эволюции КГП



Эллипсоид – область перекрытия в нецентральных столкновениях двух ядер



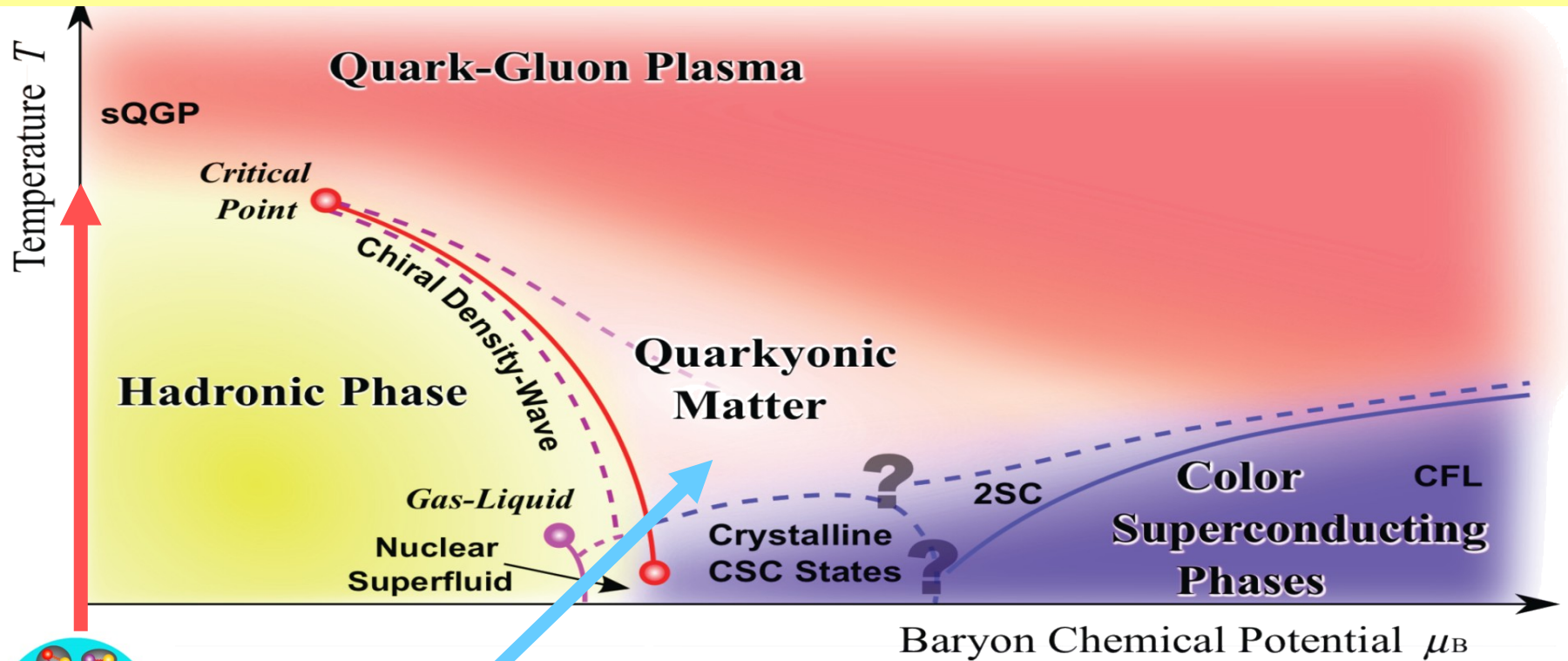


net baryon density:

$$\rho_B \approx 4 \left(\frac{mT}{2\pi\hbar^2 c^2} \right)^{3/2} \times [\exp((\mu_B - m)/T) - \exp((- \mu_B - m)/T)]$$

baryons - antibaryons

КХД фазовая диаграмма



При очень высокой температуре:

- N частиц $\approx N$ античастиц
- Ситуация подобна ранней Вселенной
- КХД на решетке находит кроссовер между адронной материей и Кварк-Глюонной Плазмой

При высокой барионной плотности:

- N частиц $\gg N$ античастиц
- Плотность как в коре нейтронных звезд
- Модели предсказывают фазовый переход первого рода со смешанными или экзотическими фазами

