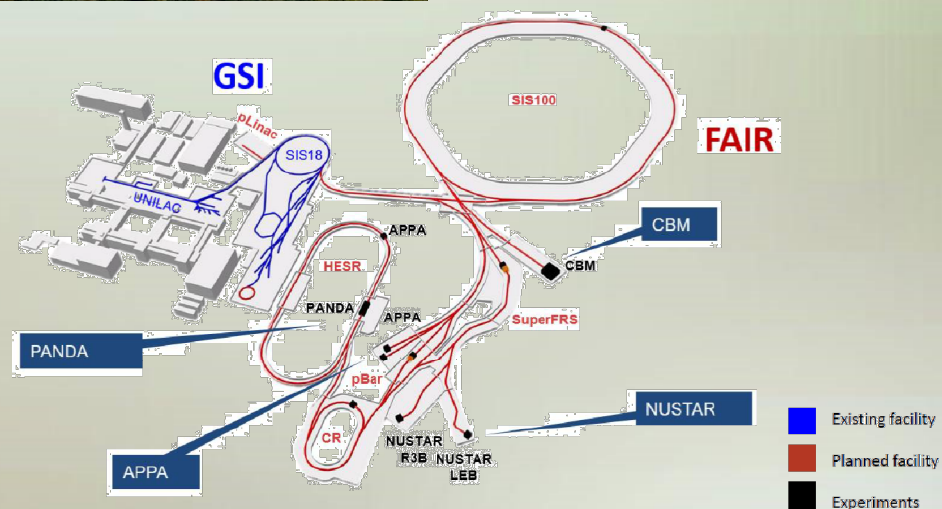


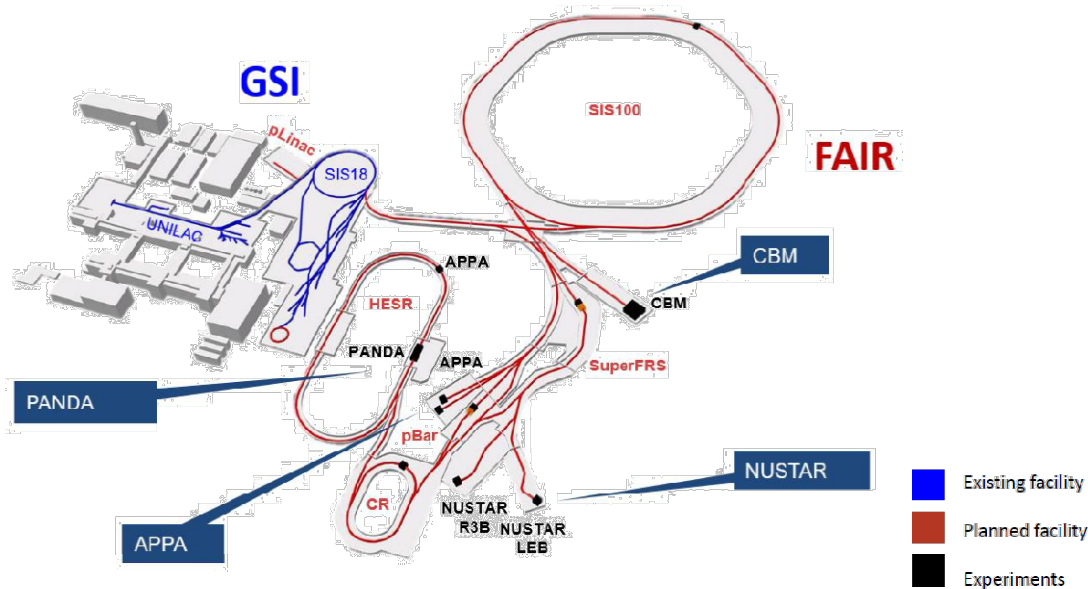
Эксперименты на FAIR.



Ю. Рябов, ЛРЯФ ОФВЭ

FAIR – Facility for Antiproton and Ion Research – принятый к осуществлению международный проект в GSI, Дармштадт. (~ 3 000 users from ~ 50 countries)

Страны-участники – Австрия, Китай, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Индия, Италия, Польша, Румыния, Россия, Словения, Словакия, Испания, Швеция, Англия



Существующий ускорительный комплекс GSI, содержащий линейный ускоритель UNILAC, синхротрон тяжелых ионов SIS18, фрагмент-сепаратор FRS и накопительное кольцо ESR (показано серым), и новый проект, включающий двойное кольцо синхротронов SIS100/300, высокоэнергичное накопительное кольцо HESR, коллекторное кольцо CR, новое накопительное кольцо NESR и фрагмент-сепаратор Super-FRS (показано красным).

Научная программа, одобренная интернациональным комитетом в 2006 г., содержит 4 направления (14 экспериментов):

APPA – атомная физика и физика плазмы, прикладные исследования в биологии и медицине, материаловедение

CBM – физика адронов и кварков в плотной ядерной материи, гиперядерная материя

NuSTAR – структура ядер, ядерные реакции, астрофизика, пучки радиоактивных ионов

PANDA – структура и спектроскопия адрона, странная и очарованная физика, гиперядерная физика на антипротонных пучках

Первичные пучки

- $10^{12}/s$, 1.5–2 GeV/u, ионы до ^{238}U
- $2 \times 10^{13}/s$, 30 GeV, протоны
- вплоть до 90 GeV, протоны
- $10^{10}/s$, 8 - 40 GeV/u, ионы до ^{238}U

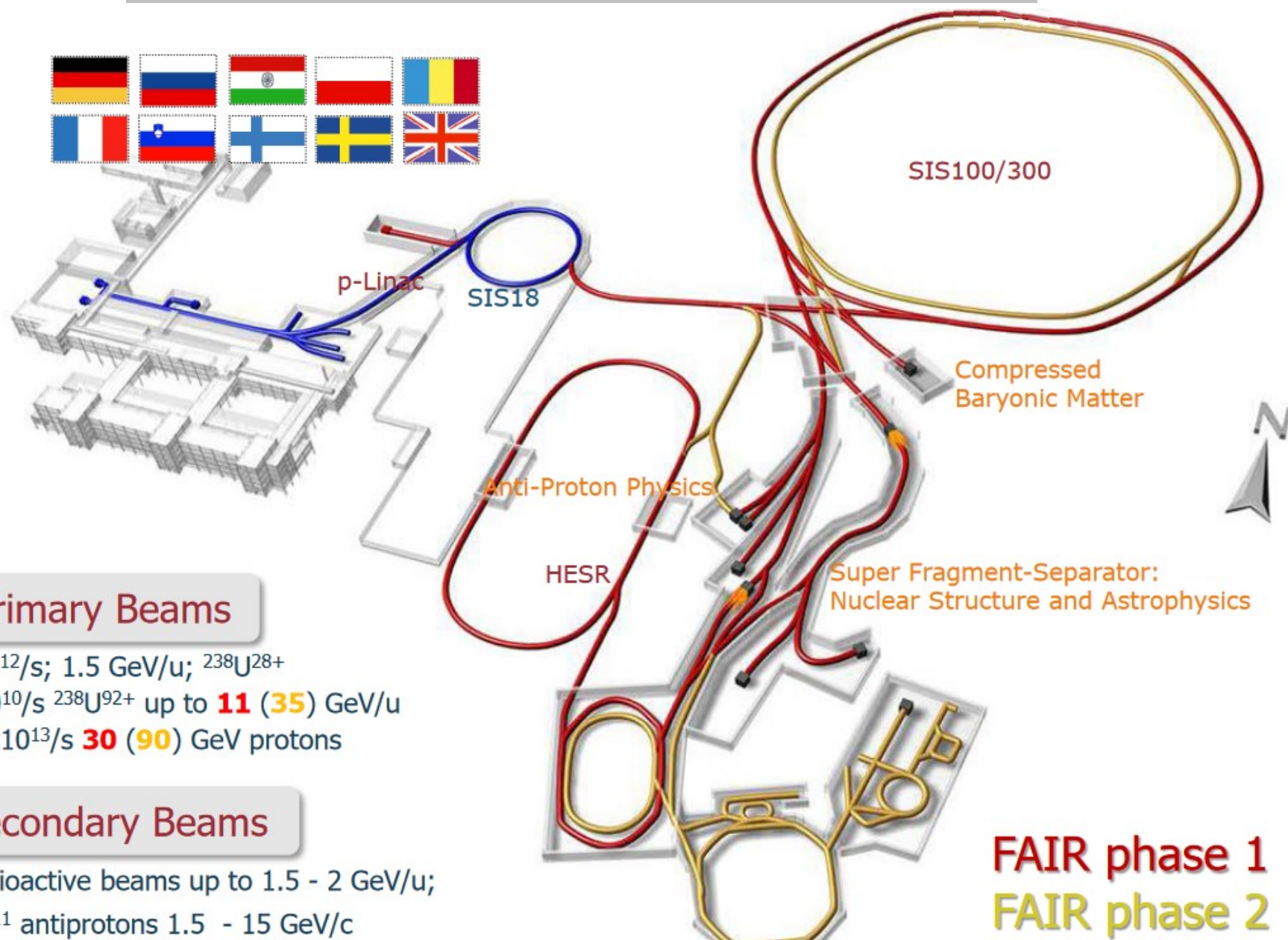
Вторичные пучки

- широкий набор радиоактивных пучков, 1.5–2 GeV/u
- антипротоны, 3–30 GeV

Накопительные кольца

- радиоактивные пучки
- e-A коллайдер
- $10^{11}/s$, накопленные и охлажденные антипротоны, 0.8–14.5 GeV

FAIR. Стартовая версия



FAIR. Стартовая версия

FAIR Project Time schedule



FAIR Council decided in February 2020 the Intermediate Objective (IO) (marked dark green) as an interim step towards full MSV.

The IO comprises

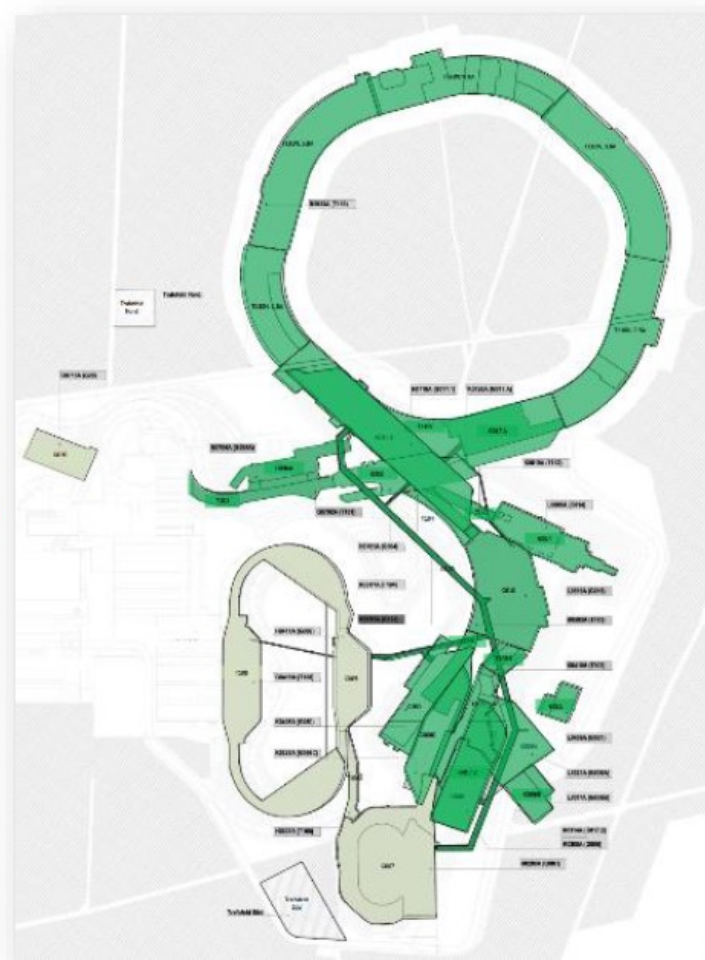
- the full scope of accelerator and experiments for the MSV
- the realization of the buildings for MSV except the buildings for CR, HESR and pLinac.

The engineering for the buildings HESR, CR and pLinac (marked light green) is continuing, while these buildings will be realized when funding is approved by FAIR Council.

Start of Early science IO is planned for end 2025 with parts of NUSTAR and APPA Cave.

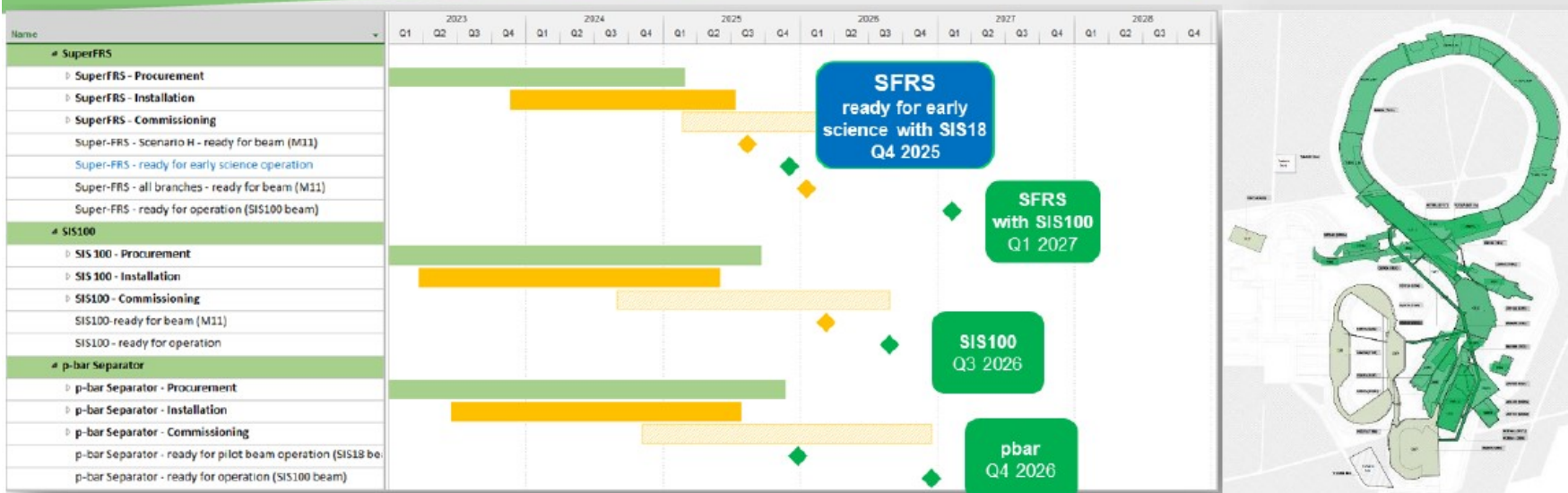
The completion of IO is foreseen in 2027.

Critical Path of the FAIR project is the on-time delivery of ACC components as per Baseline 2021

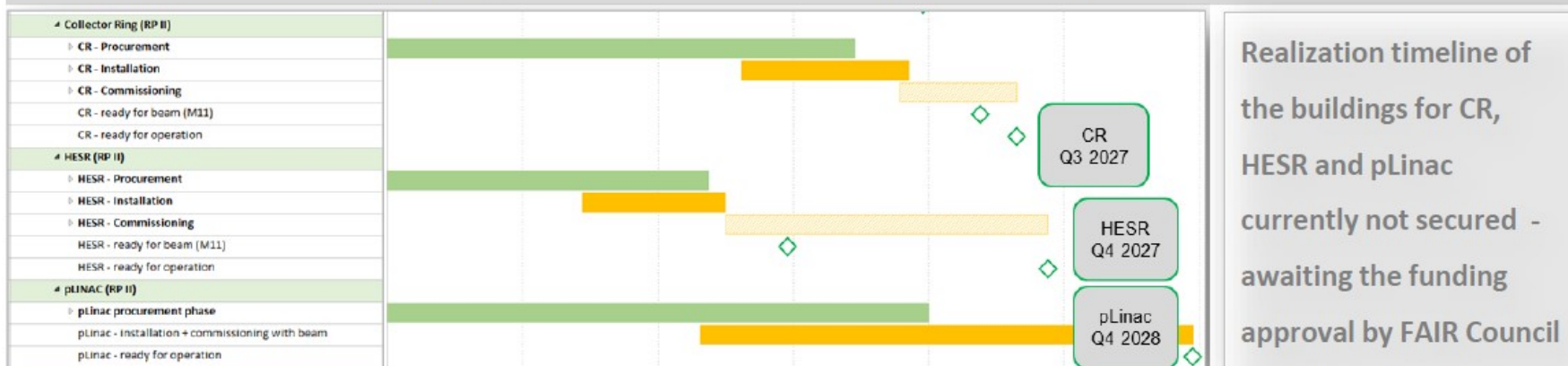


FAIR. Стартовая версия

FAIR Baseline schedule 2021

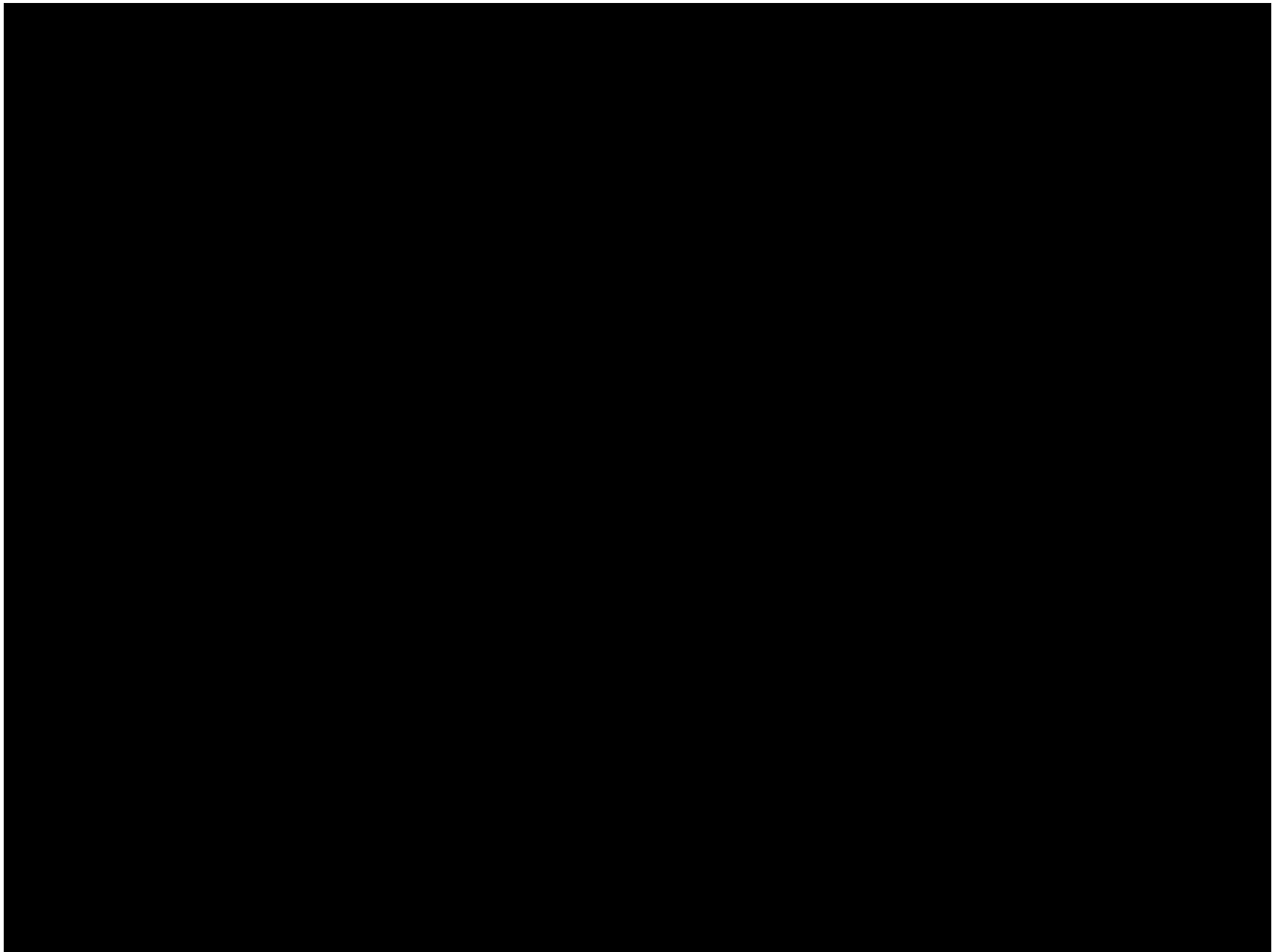


Critical Path of the FAIR project is the on-time delivery of ACC components as per Baseline 2021

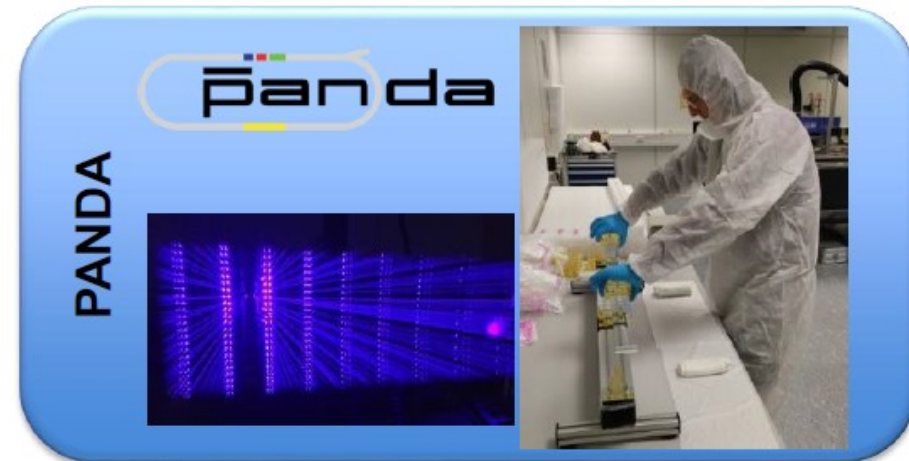
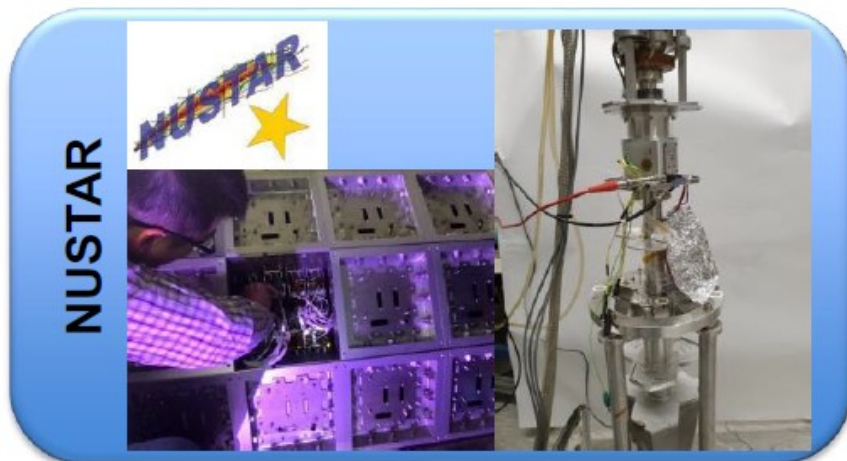


Realization timeline of the buildings for CR, HESR and pLinac currently not secured - awaiting the funding approval by FAIR Council

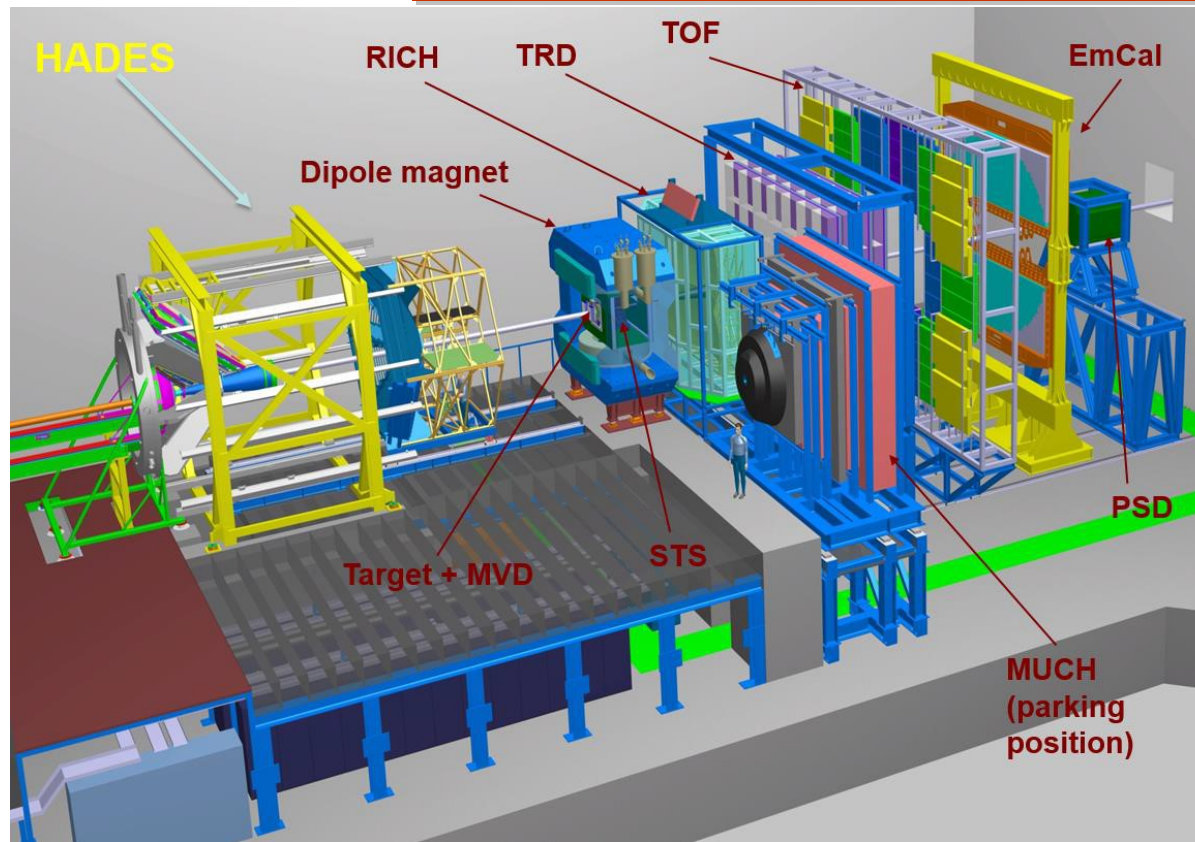
FAIR. Текущий статус.



FAIR. Стартовая версия



Эксперимент CBM.



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

Идентификация лептонов необходима для выполнения программы эксперимента (л.в.м (ω, ρ, ϕ), (J/Ψ , Ψ'), 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).

CBM (Compressed Baryonic Matter) – эксперимент по изучению ядро - ядерных и протон - ядерных взаимодействий на выведенном пучке.

Основная цель эксперимента— исследование сверхплотного барионного состояния материи.

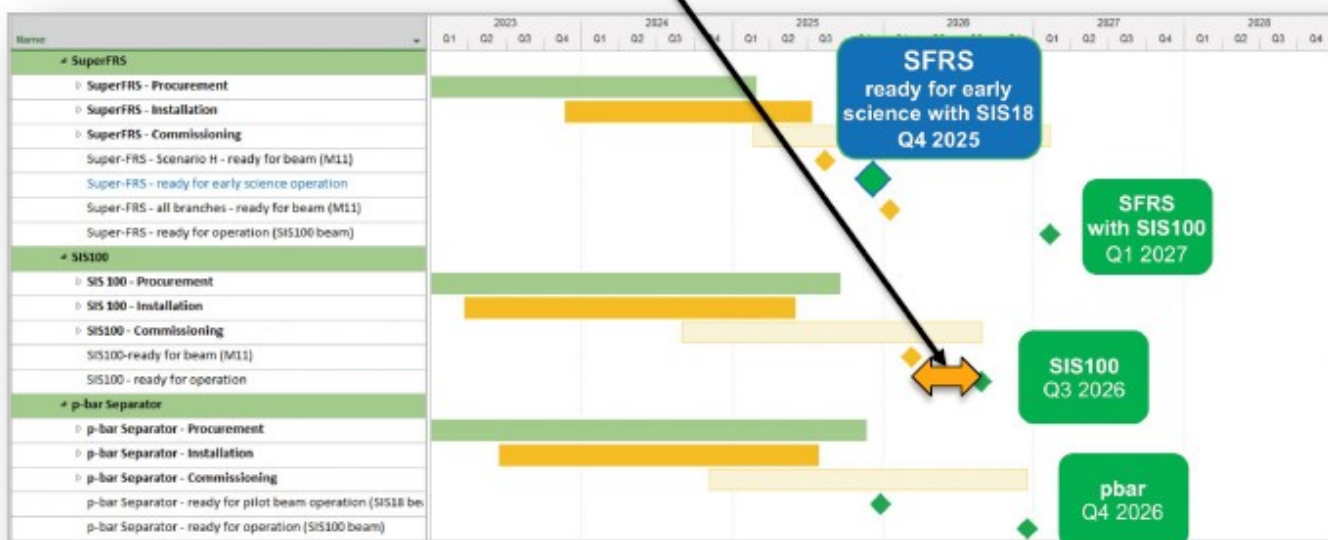
Концепция эксперимента
– сверхпроводящий дипольный магнит, трековая система (8 станций силиконовых камер), затем PID.

FAIR. Стартовая версия



Re-baselining 2021

- Review and consolidation of the Project Master Timeline
- Detailed schedule for all project areas for the Intermediate Objective being in operation until 2027.
- SIS100 ready for beam in Q1.2026, commissioning w/ beams till Q3.2026 (ready for operation)
- CBM ready for beam in Q3.2025, ~6 months contingency for CBM global commissioning



Эксперимент CBM.

ПИЯФ 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 ПИЯФ – механическая структура + газовая система

CBM (ПИЯФ) (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, A. Firsov, M. Vznuzdaev, M. Zhalov, D. Tyts, M. Malaev, A. Ryabov, I. Solovyev, A. Solovev, G. Rybakov.

В 2021 году были утверждены эскизные проекты (CDR) механической структуры детектора обоих детекторов и их газовых систем.

СВМ. Детектор RCH.

Классическая схема с радиатором и сферическим зеркалом.

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

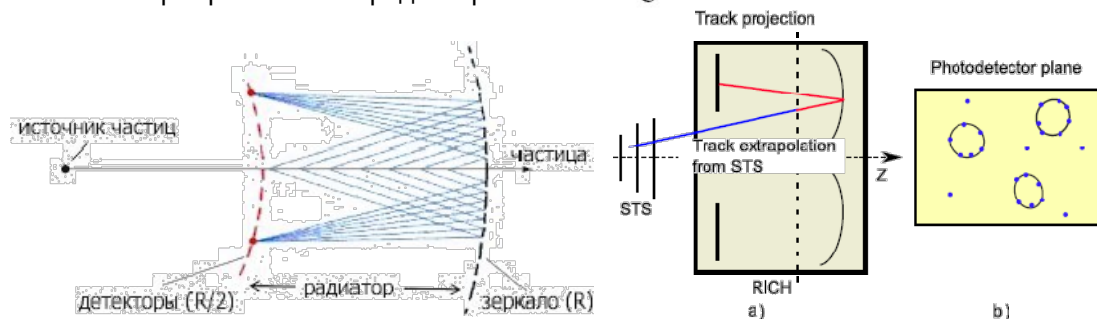
Условие возникновения черенковского излучения

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

Излучение идет вдоль поверхности конуса (изотропн. среда)

n – коэф. преломления радиатора

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

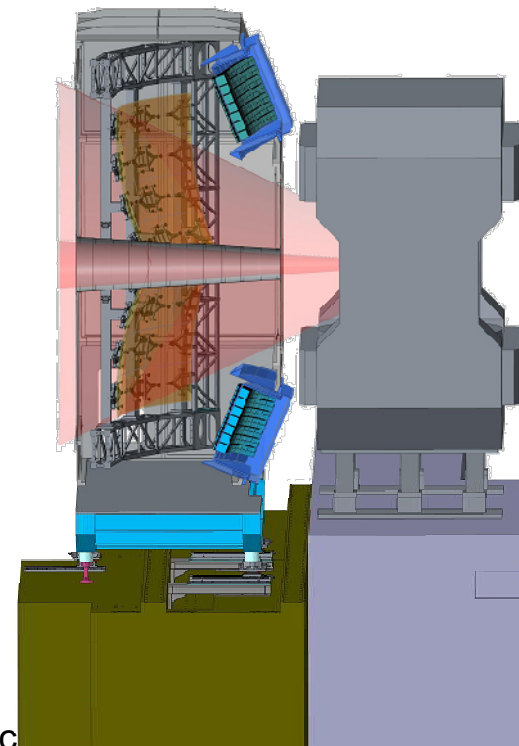


Регистрация черенковского излучения – возникает при движении заряженной частицы в прозрачной среде со скоростью большей скорости света в этой среде.

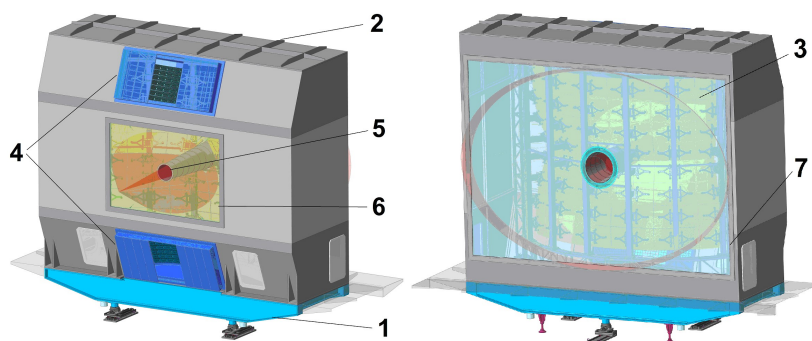
электроны начинают излучать черенковский свет, имея импульсы, гораздо меньшие, чем даже пионы из-за разницы в массах. Поэтому до определенных значений импульсов заряженных частиц электроны будут выдавать “круги”, а остальные частицы нет.

Оптимизированная геометрия.

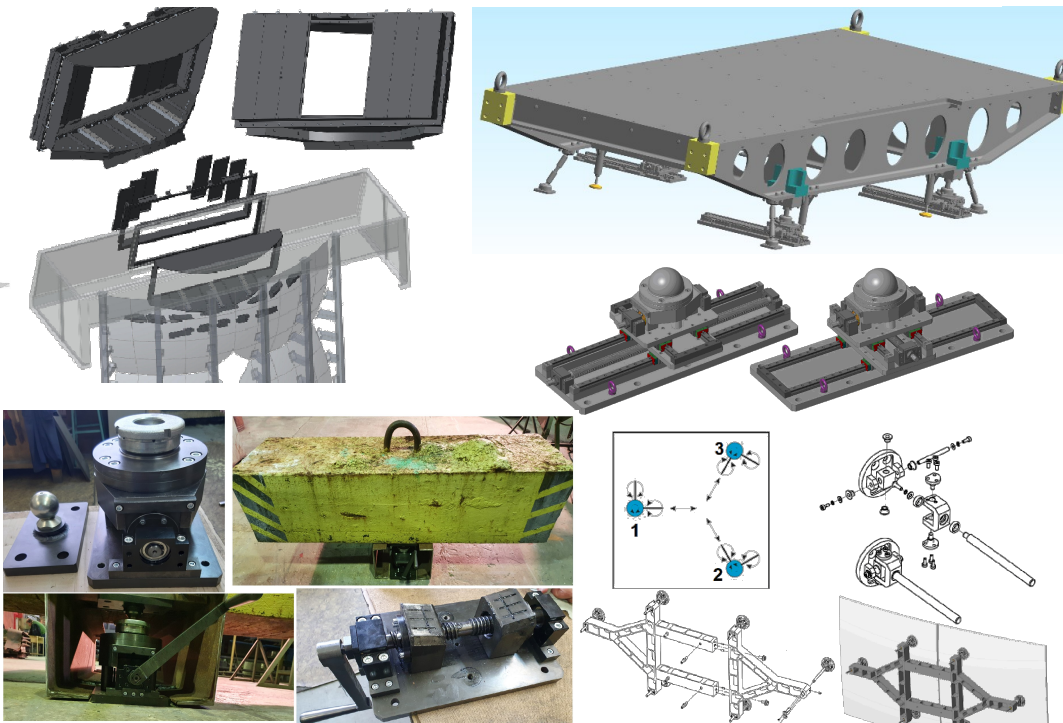
- ❖ Расположен сразу за магнитом;
- ❖ Апертура 25° по вертикали и 35° по горизонтали;
- ❖ Длина вдоль пучка 2 м.;
- ❖ По вертикали зеркало разделено на 2 части;
- ❖ Радиус зеркала 3м;
- ❖ Два фотодетектора (выше и ниже оси пучка);
- ❖ Радиатор – CO₂ при нормальной T и P.



СВМ. Детектор РСН.



1- опорная платформа и регулируемые шарнирные опоры, 2 – составной газовый бокс, 3 – ферма поддержки зеркал, 4 – коробка магнитной защиты, 5 – тоннель для пучковой трубы, 6 – входное окно, 7 – выходное окно.



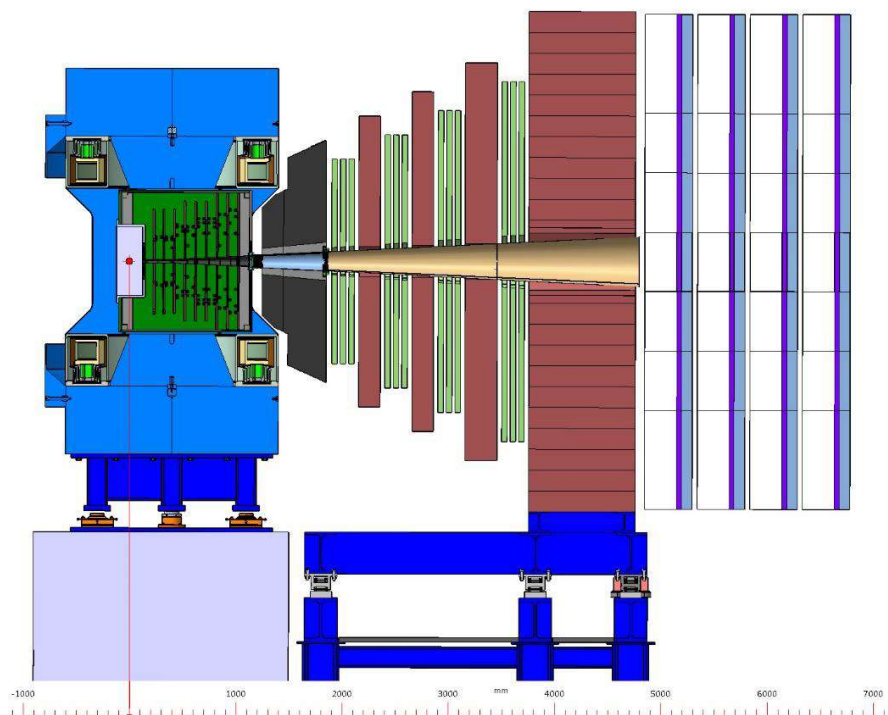
В 2021 году, в рамках подготовки к EDR:

- предоставлены проработанная модель бокса магнитной защиты ФЭУ;
- проработанный проект опорной платформы;
- спроектирована, произведена, собрана и успешно испытан прототип регулируемой опоры;
- продолжались испытания с помощью специально созданного полномасштабного (по высоте) прототипа фермы для поддержки зеркал с целью подтверждения стабильности зеркальной системы.



СВМ. Детектор MuCh.

Классическая схема с абсорберами и трековыми камерами между.



Пять слоев абсорберов.

Первый абсорбер – углерод (60 см.).

Остальные абсорберы (2-5) – железо.

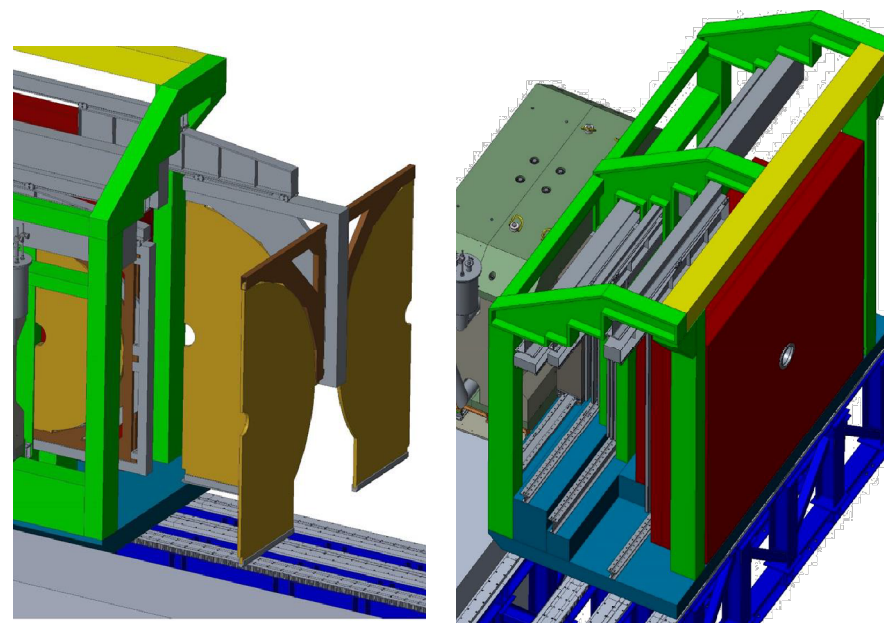
Толщина абсорберов оптимизирована для возможности регистрации и идентификации мюонов с малым импульсом.

Первые две трековые станции – по три слоя трехслойных GEM.

Станции 3 и 4 – RPC.

В ответственность ПИЯФ входит разработка:

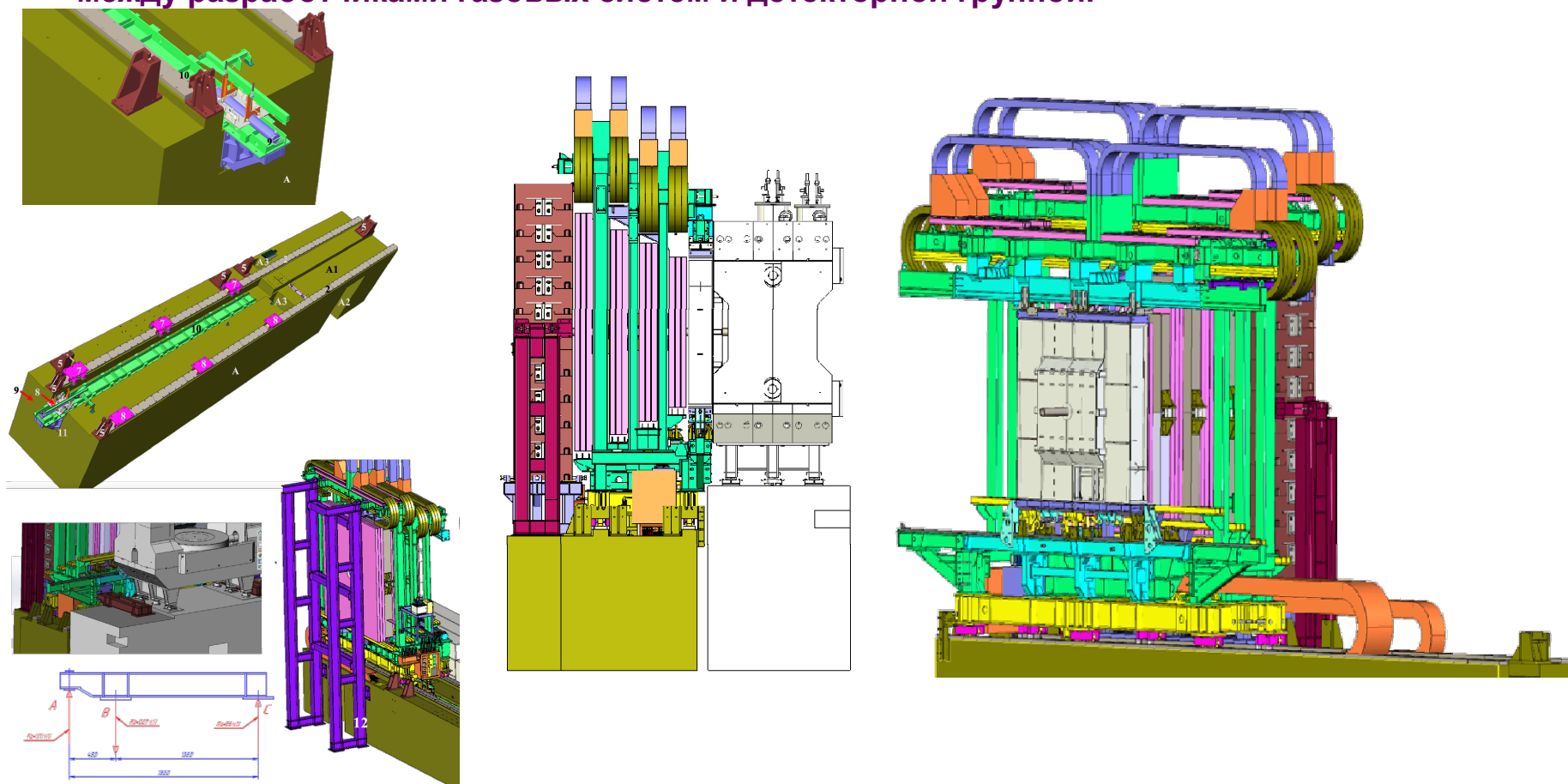
- ❖ Платформы, обеспечивающей безопасное перемещение детектора общим весом более 300 т;
- ❖ Поглотителей с системой их подставок;
- ❖ Суперструктуры, обеспечивающей подвес и перемещение трековых камер;
- ❖ Газовой системы;
- ❖ Пучковой вакуумной трубы;
- ❖ Системы подводов сервисов;
- ❖ Интеграция в окружении других подсистем СВМ.



Детектор MuCh.

По сравнению с ранее представленной версией (конца 2020) года были внесены изменения, оптимизирующие систему перемещения, устранен ряд конфликтов с расположенным рядом оборудованием, представлены предложения по разводке сервисов.

В 2021 году был утвержден эскизный проект (Conceptual Design Report — CDR) механической структуры детектора MUCN и газовой системы для его детекторов. Также подготовлены и утверждены эскизные проекты газовых систем для MUCN GEM (двухкомпонентная газовая смесь) и MUCN RPC (трехкомпонентная газовая смесь). Разделены зоны ответственности между разработчиками газовых систем и детекторной группой.



CBM, RICH и MuCh.

Планы работ на 2022 год включают (MuCh):

- ❖ Оптимизация конструкции, включая проработку возможности изготовления составных поглотителей 2, 3 и 4 с использованием стандартных блоков стального проката толщиной 100мм;
- ❖ Подготовка инженерного проекта механики детектора MUCN;
- ❖ Подготовка инженерного проекта газосмесительных установок.

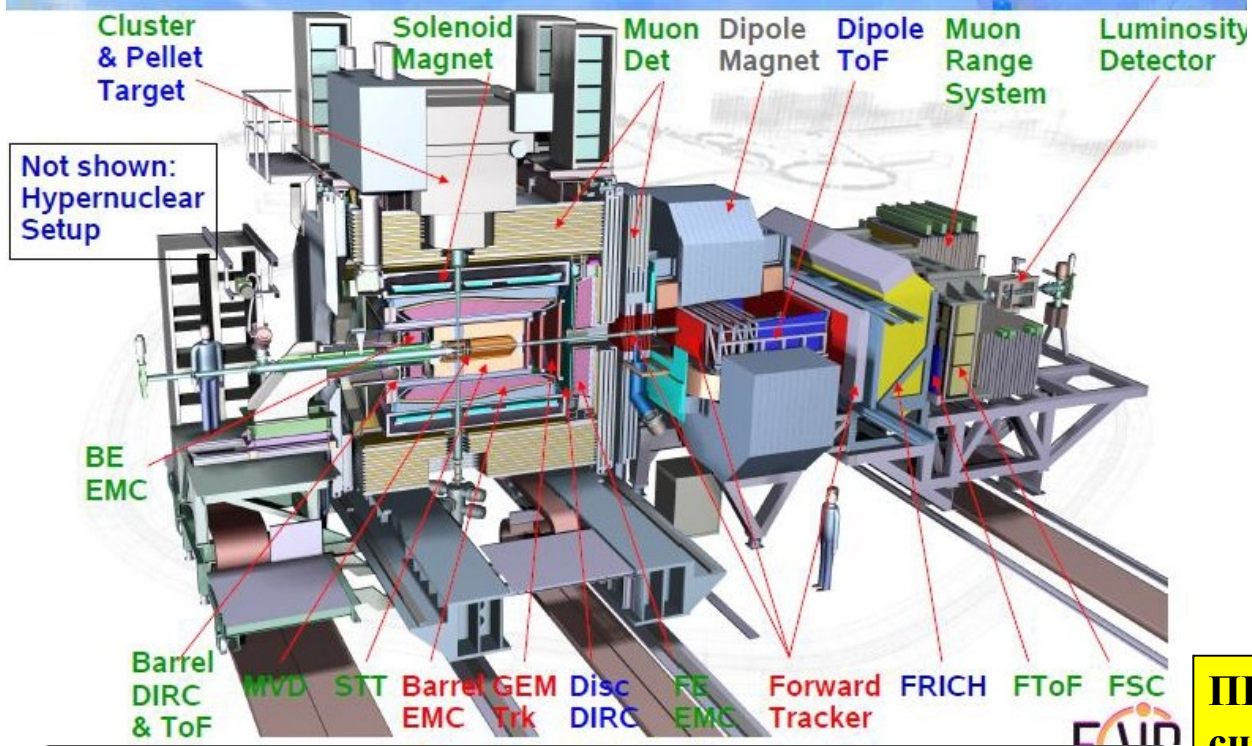
Планы работ на 2022 год включают (RICH):

- ❖ подготовка инженерного проекта механики, включающего ферму поддержки зеркал, камеру герметичного газового объема и конструкцию для размещения фотоприемников детектора RICH;
- ❖ продолжение тестовых измерений на полномасштабном прототипе фермы с размещенными на ней зеркалами плитками детектора RICH.
- ❖ продолжение производства и испытаний под нагрузкой прототипов регулируемых шарнирных опор детектора.

FAIR. PANDA.

ПАНДА – уникальный эксперимент в рамках проекта FAIR в Дармштадте (Германия), для решения фундаментальных проблем адронной и ядерной физики путем изучения взаимодействий антипротонов с энергией до 15 ГэВ с нуклонами и ядрами.

PANDA Day-1 / Phase 1 / Phase 2



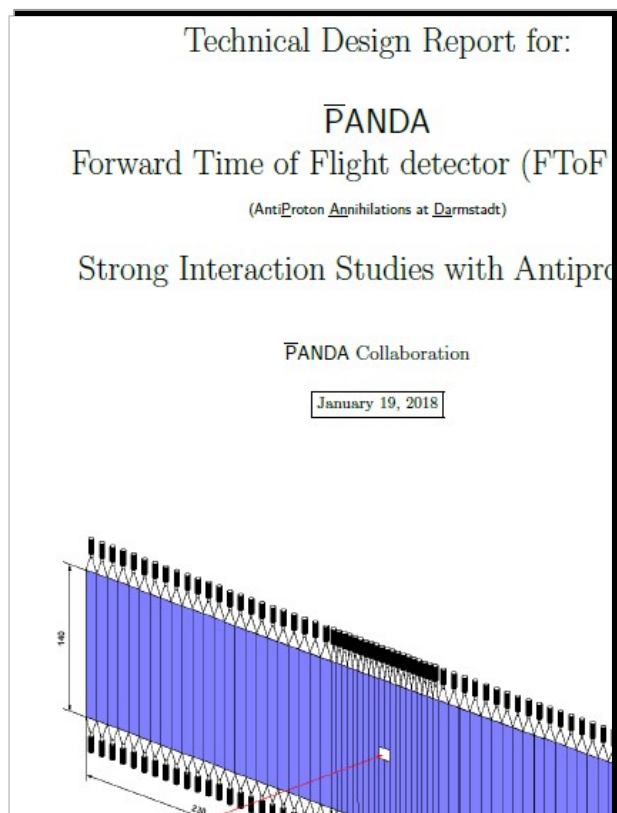
- * Импульсный диапазон:
от 1,5 до 15 ГэВ/с
- * Разрешение:
мода HL – $dp/p = 10^{-4}$
мода HR – $dp/p = 10^{-5}$
- * Интенсивность:
мода HL – $1,6 \times 10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
мода HR – $1,6 \times 10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

Физическая программа нацелена на поиск новых форм материи, а именно, экзотических частиц, таких как глюболы и гибриды, и включает в себя спектроскопию состояний чармония выше порога образования пар $c\bar{c}$ - мезонов, исследования гиперядер (в том числе – двойных) и чарм-ядер, когда странная (одна или две) или очарованная частица «вживляется» в ядро вместо обычного нуклона.

В физическую программу входит и исследование флуктуаций физического вакуума в процессах аннигиляции антипротонов с нуклонами, а также исследование влияния ядерной среды на свойства элементарных частиц. Эксперименты по адронной спектроскопии позволяют исследовать динамику взаимодействия адронов как на малых, так и на больших расстояниях. Они исключительно важны для обнаружения новых форм материи.

ПИЯФ отвечает за создание сцинтилляционного детектора по времени пролета FTOF wall с разрешением лучше 100 пикосекунд.

Forward TOF wall TDR approved by FAIR in October 2018



Drafting committee

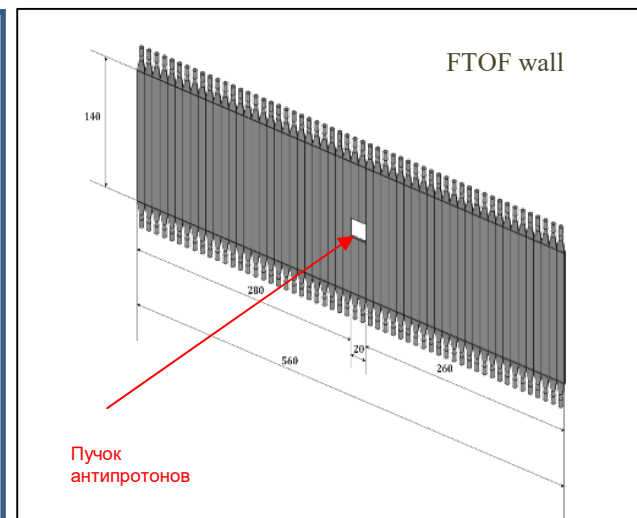
*Stanislav Belostotski**
Oleg Miklukho
Yuri Naryshkin
Denis Veretennikov
Andrei Zhdanov
*Anton Izotov**

Technical Coordinator

Lars Schmitt
Deputy of TC
Anastasios Belias

Spokesperson

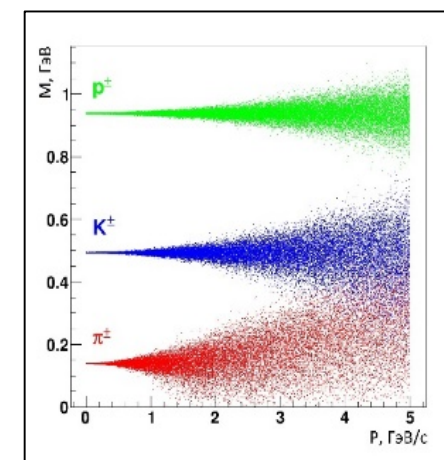
Klaus Peters
Deputy of SP
Tord Johansson



FTOF wall служит для идентификации заряженных частиц, вылетающих из мишени вперед в области вертикальных и горизонтальных углов рассеяния $< 5^\circ$ и $< 10^\circ$, с импульсом P ниже 4 ГэВ/с и для определения старта события.

* Скорбим об ушедших в другой мир в 2020-2021 годах

Детектор будет состоять из 56 одинаковых пластин из сцинтилляционного пластика EJ-200 с размером 140 см по вертикали и 10 см по горизонтали, толщина пластин 2..5 см. Каждая пластина со стороны ее торцов просматривается быстрыми фотоумножителями фирмы Hamamatsu R13435.



FAIR. PANDA.

Главный результат работы 2021 года – создание прототипа системы on-line контроля (LEDIS) временных параметров FToF wall вне пучка в эксперименте ПАНДА (рис. 1). Важным элементом LEDIS является светодиод GNL-3014BC, технические и временные параметры которого представлены на рис. 2.

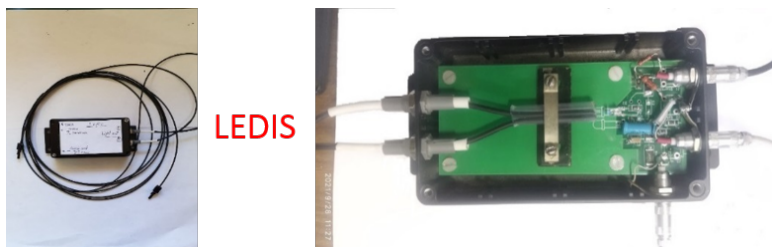


Рис. 1: Двухканальная система контроля временных параметров FToF wall (LEDIS).

GNL-3014BC, Светодиод синий 25° d=3мм 1500мКд 470 нм (Blue)
Технические параметры



Цвет свечения	синий
Длина волны, нм	470
Максимальная сила света Iv макс., мКд при токе Iпр., мА	1500
Видимый телесный угол, град	20
Цвет линзы	25
бесцветный	
Размер линзы, мм	3

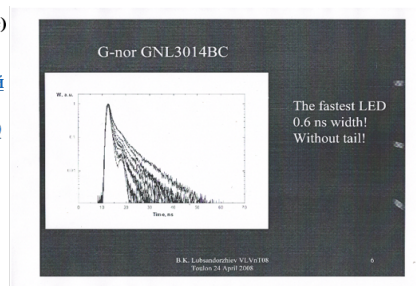


Рис. 2: Технические и временные параметры светодиода GNL-3014BC.

При облучении сцинтиляционной пластины обнаружены узкие временные спектры, центры тяжести которых будут определяться с высокой точностью за короткое время тестирования в отсутствии пучка в эксперименте ПАНДА (рис. 3).

Специально настроенный LEDIS может заменить очень дорогой стендовый лазер LDH-P-C-375B в случае поломки последнего в процессе создания FToF wall в ФГБУ ПИЯФ.

Scintillator EJ-200

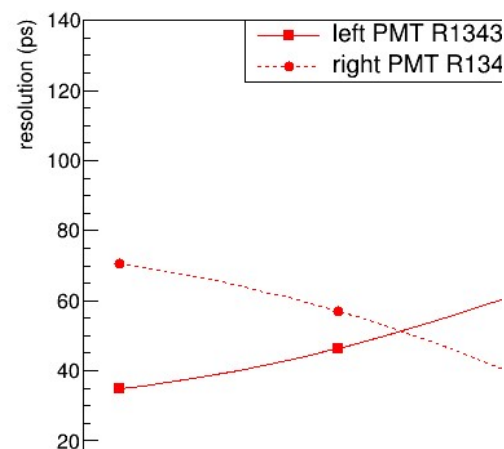


Рис. 3: Временное разрешение, достигнутое при облучении сцинтиляционной пластины светом от светодиода GNL-3014BC.

FAIR. PANDA.

- Подготовка Меморандума о строительстве установки ПАНДА (MoU);
- Создан прототип системы контроля параметров FToF wall на основе быстрых светодиодов (ОРЭ ОФВЭ);
- Для испытания прототипа FToF wall на протонном пучке ПИЯФ в 2022 году создана пропорциональная камера с числом анодных нитей – 16, с шагом 1 мм. Сигналы с нитей подаются на PADIWA-4 (ОТД ОФВЭ).

The FBSL HEPD test room equipped with picosecond diode laser LDH-P-C-375B, TRB-3, PADIWA-4, pulse, HV modules and PC



Публикации 2021 года:

1. “Feasibility study for the measurement of time-like proton electromagnetic form factor from $\bar{p}p \rightarrow \mu^+ \mu^-$ at \bar{P} ANDA at FAIR”. G. Barucca, F. Davi, G. Lancioni, ..., D. Veretennikov, ..., S. Belostotski*, G. Fedotov, G. Gavrillov, A. Izotov*, S. Manaenkov, O. Miklukho, A. Zhdanov, ..., et al. (PANDA Collaboration). *- Deceased. Eur. Phys. J. **A57**, No 1, p. 30 (2021).
2. “PANDA Phase One”. G. Barucca, F. Davi, G. Lancioni, P. Mengucci, ..., D. Veretennikov, ..., S. Belostotski*, G. Fedotov, A. Izotov*, S. Manaenkov, O. Miklukho, ..., Sinéad M. Ryan (PANDA collaboration). *- Deceased. Eur. Phys. J. A (2021) **57**: 184, Accepted: 27 April 2021.

Участие ПИЯФ (РЗВ): FAIR. NuSTAR.

Neutron detector NeuLAND - HV system.

Широкоапертурный времяпролетный спектрометр нейтронов.

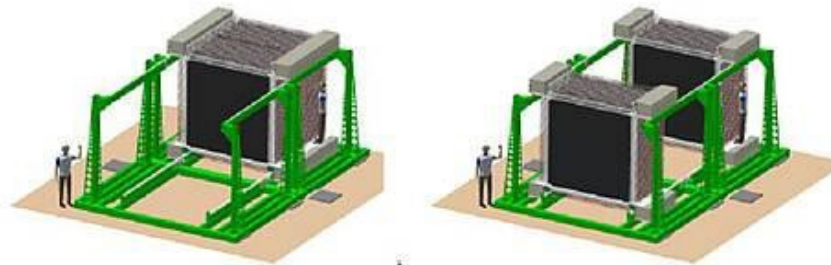
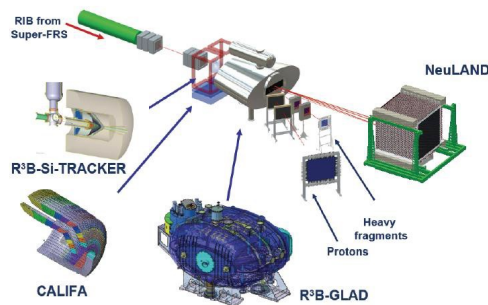
Спектрометр будет располагаться на расстоянии 10–30 м от мишени.

Он будет обеспечивать детектирование и идентификацию нейтронов с высокой (до 90%) эффективностью, множественностью до 6–10 нейтронов в одном событии с высоким энергетическим и угловым разрешением.

Отложенный контракт на фотоумножители для второй части детектора NeuLAND.

(показано, что ФЭУ-115 МКЦ производства ООО «МЭЛЗ» не уступают по своим характеристикам японским R8619 производства Hamamatsu Photonics Ltd, но существенно дешевле).

R³B – Reactions with Relativistic Radioactive Beams

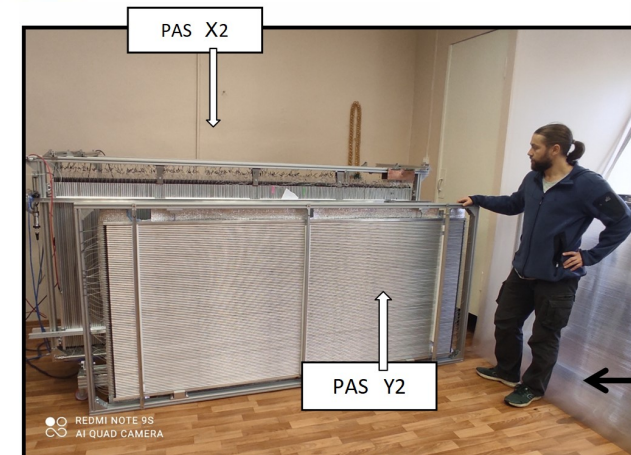


proton tracking detector (PAS),

Трековый детектор для РЗВ – детектор быстрых протонов на основе straw-трубок

(детектор расположен в вакуумной камере магнита GLAD)

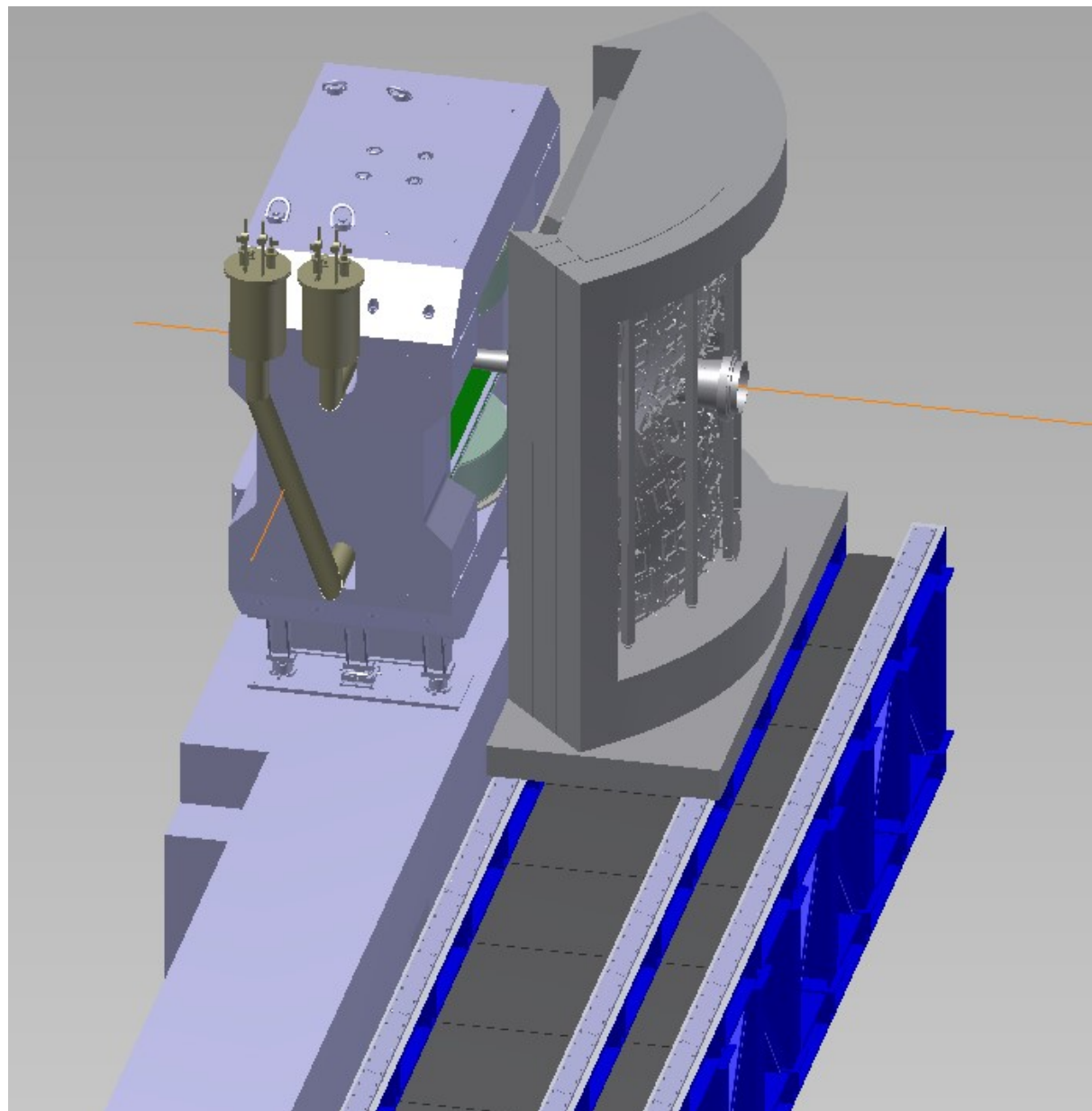
active target(s) (ACTAF).



Благодарю за внимание !

С наступающим Новым Годом !

Backups



Эксперимент СВМ.

