

FAIR in 2018+

Статус проекта FAIR

*(Facility for Antiproton and Ion
Research)*

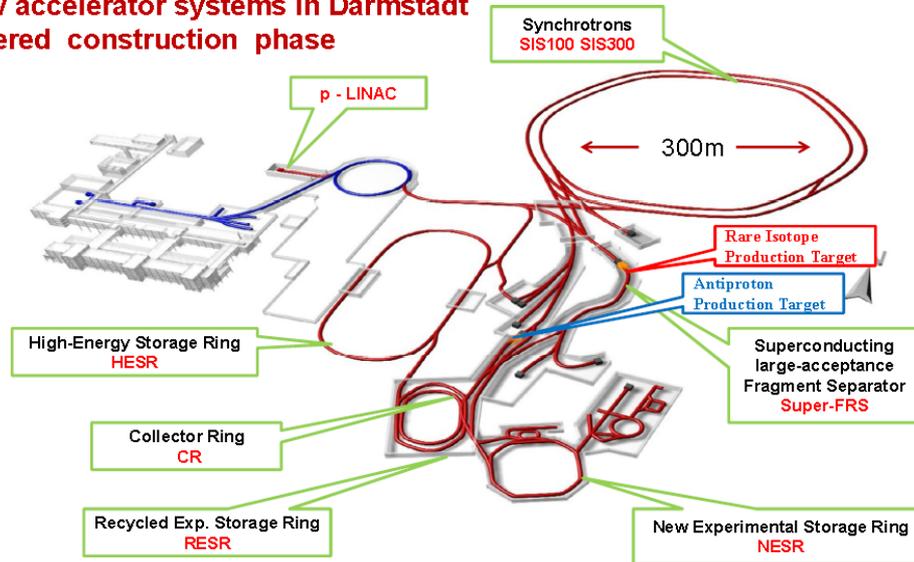


Austria China Finland France Germany Greece India Italy Poland Slovakia Slovenia Spain Sweden Romania Russia UK

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

New accelerator systems in Darmstadt entered construction phase



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

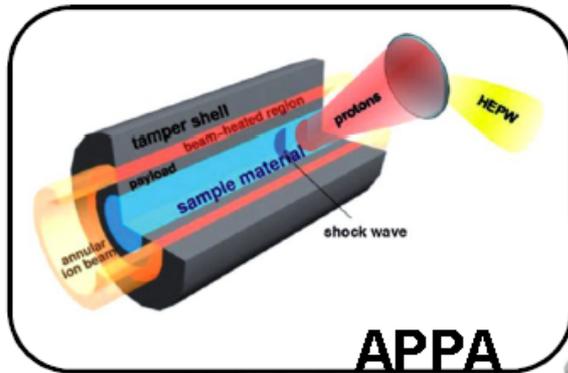
- широкий набор радиоактивных пучков, 1.5–2 GeV/u
- антипротоны, 3–30 GeV

Накопительные кольца

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

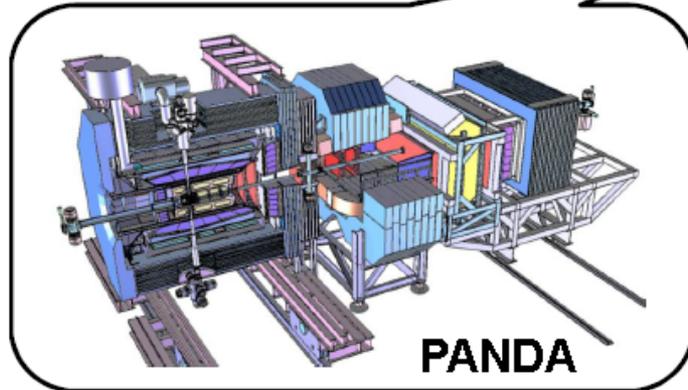
FAIR Experiments

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



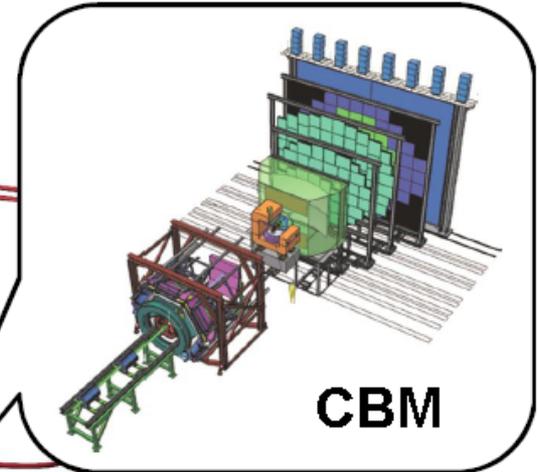
APPA

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

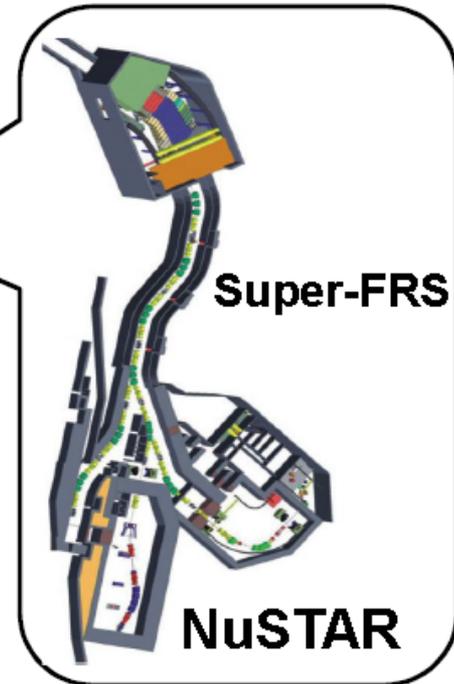


PANDA

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



CBM



Super-FRS

NuSTAR

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

11 ноября 2004 г. С.Н. Мазуренко подписывает Меморандум
об участии России в проекте ФАИР

November 11 2004

Head of the Federal Agency for Science and Innovations S.N.Mazurenko signs the
MoU of the international FAIR project



2 октября 2008 г. в Санкт-Петербурге

подписана **Декларация** о намерениях по
сотрудничеству в сооружении и эксплуатации ФАИР
между Государственной корпорацией «Росатом» и
Федеральным министерством образования и
исследований Германии, в которой стороны
согласовали

намерение России участвовать в проекте в рамках
стратегического партнёрства с Германией, а также
обеспечение **возврата до 75%** денежных средств
Российского вклада из **178 М€**. в сооружение ФАИР
обратно в Россию в индустрию высоких технологий на
предприятия Российской Федерации путём заказов
высокотехнологичного оборудования и услуг для
ФАИР.

После получения гарантий на вклады от стран-участников в ноябре 2010 – юридически
оформлена акционерная компания FAIR

A New International Large-Scale Lab.



Signing of the **FAIR Convention** by representatives of the founding countries
Finland, France, Germany, **India**, Poland, Romania, Russia, Slovenia, Sweden
in Wiesbaden, Germany on 4/10/2010

Funds are Rolling In

Grants by BMBF/Germany/:

- 526 M euro for civil construction
- 65 M euro for the
construction of the HESR
- 53 M euro for the operation
of the FAIR GmbH
- > 40 M euro EU funding
- ~ 60 M euro from international
partners

Permits:

- General construction permit for
all buildings by city of Darmstadt
- 8 of 13 radioprotection licenses
received.



Стоимость проекта была оценена в 1.027 М€ (в ценах 2005 г.)

Условием для начала реального строительства было – наличие твердо гарантированного финансирования (75% вклад Германии, 25% – страны-участники).

К середине 2009 г. гарантированные вклады выглядели следующим образом:

FAIR Countries	Total declared Contribution (k€)
Austria	5.000
China	12.000
Finland	5.000
France	27.000
Germany	705.000
Great Britain	8.000
Greece	4.000
India	36.000
Italy	42.000
Poland	23.740
Romania	11.870
Russia	178.050
Slovenia	12.000
Slovakia	6.000
Spain	19.000
Sweden	10.000
Total	1.104.660
Firm Commitments	1.026.500

Учитывая гарантированные вклады и коррекцию стоимости проекта к этому времени в целом, **16 октября 2009 г. стартовая версия** ввода оборудования подверглась ревизии на Evaluation Committee.

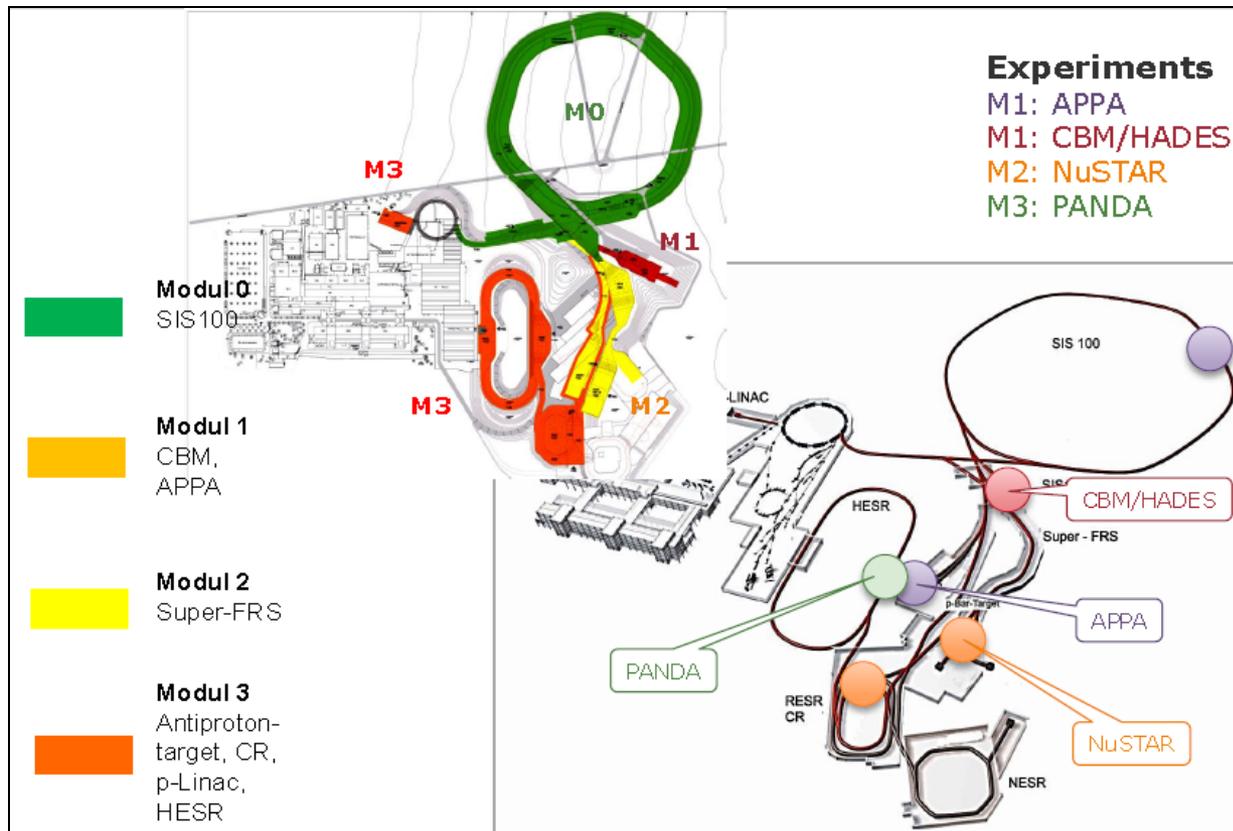
Весь проект ФАИР был разбит на два этапа – фаза А и фаза В и на 6 модулей
Первые четыре модуля фаза А объединены в Стартовую Модульную Версию (СМВ) проекта ФАИР.

Start Version Phase A (SIS100)						Phase B (SIS300)
Modularised Start Version						
Module 0	Module 1	Module 2	Module 3	Module 4	Module 5	
SIS100	Exp. Halls CBM & APPA	Super-FRS <i>Fixed target area NuSTAR</i>	Antiproton Facility <i>PANDA & options NuSTAR</i>	LEB, NESR, FLAIR <i>NuSTAR & APPA</i>	RESR <i>PANDA, NuSTAR & APPA</i>	
				↑ 2017/18		

В дальнейшем предполагается на втором этапе (фаза В) выполнить модули 4 5 и 6. Сроки выполнения второго этапа пока не определены.

Start Version Phase A (SIS100)					Phase B (SIS300)
Modularised Start Version					
Module 0	Module 1	Module 2	Module 3	Module 4	
SIS100	Exp. Halls CBM & APPA	Super-FRS <i>Fixed target area NuSTAR</i>	Antiproton Facility PANDA & <i>options NuSTAR</i>	LEB, NESR, FLAIR NuSTAR & APPA	RESR PANDA, NuSTAR & APPA

2017/18

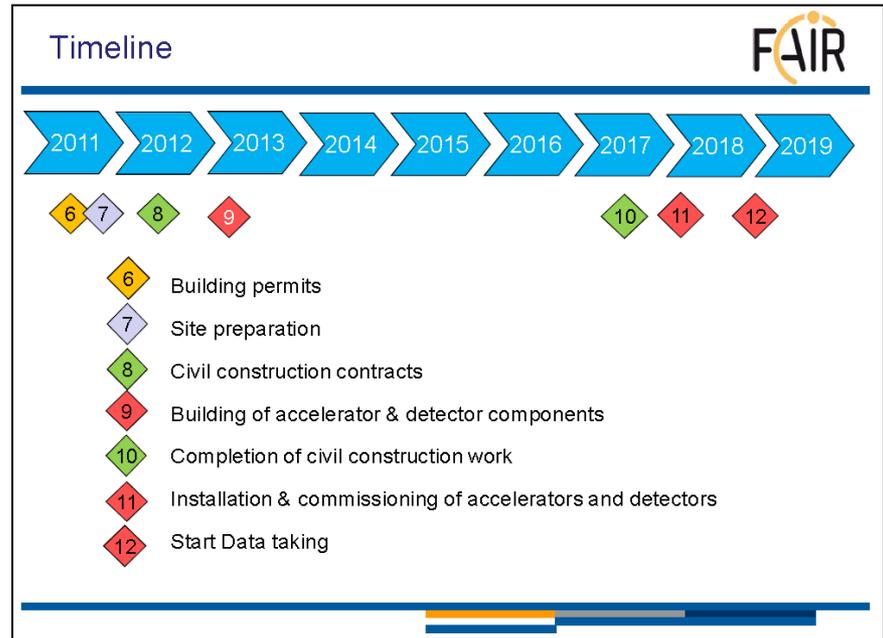


Cost Estimate Modules 0-3 (Price Basis 2005)

Total accelerator and personnel Modules 0 - 3	502
Total civil construction Modules 0 - 3	400
Experiment funding	78
FAIR GmbH personnel and running costs	47
Grand Total Modules 0 - 3	1027

all values in M€

Полная стоимость всего проекта ФАИР, включая сооружение, содержание и эксплуатацию на период до 2025 г. оценивается в 3000 М€.



Status of the FAIR accelerators

Dipoles for SIS100

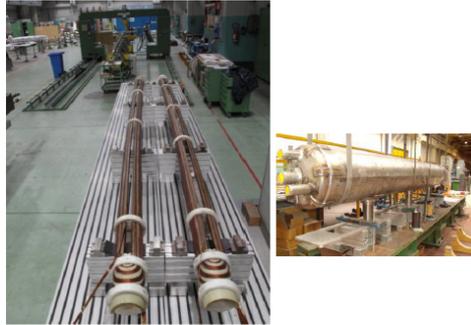


Prototypes for industrial mass production have been developed.

Important milestone:

SIS100 dipole series has been tendered.

Dipoles for SIS300



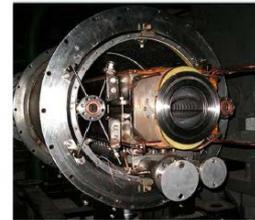
Breakthrough in July 2012:

Successful test of the first curved prototype dipole (*DISCORAP Collaboration, LASA lab, INFN Milan, Italy*)

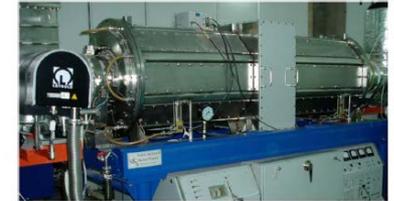
- fields up to 4.5 T
- fast field ramps (currently limited to 0.4 T/s)

Accelerator Challenges

Fast cycling superconducting magnets
 $dB/dt \sim 4T/s$



High gradient, variable frequency
Ferrite & MA loaded cavities



Extremely high vacuum $\sim 10^{-13}$ mbar



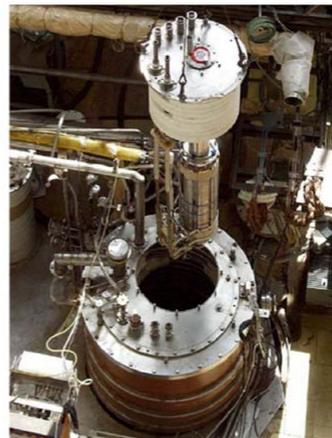
Electron & stochastic cooling



Ramping test of the superconducting dipole for SIS300 at INFN Milano



Preparation of a SIS300 quadrupole magnet for test at IHEP (Protvino)



First SuperFRS Magnet

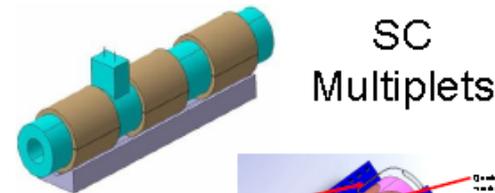
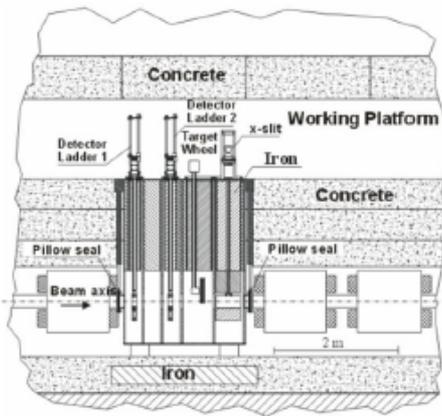


Technical Schallendes: contributions by partner countries

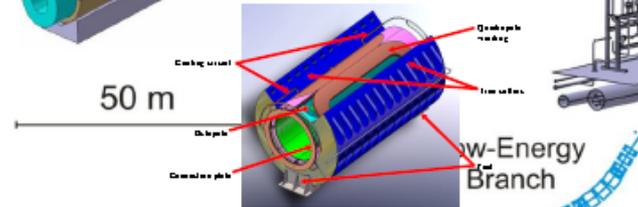


Target & Beam Catcher

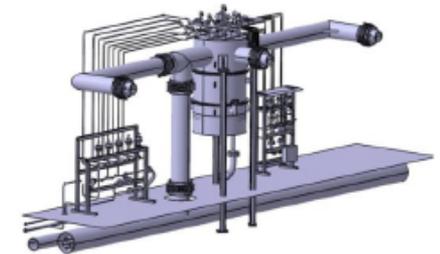
Remote Handling



SC Multiplets



Cryogenics



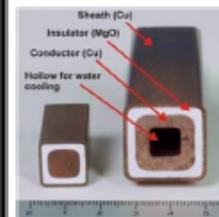
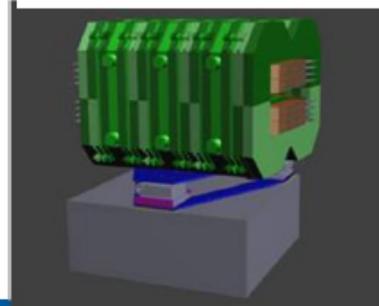
Main-Separator



Hi SC Dipoles



Radiation Resistant Magnets



Focusing System

Driver Accelerator





Структура заявки России на участие в ФАИР

Институт	Стоимость в М€(в ценах 2005)			доля института в заявке России
	эксперименты	ускорители	Сумма	
ИЯФ СО РАН		79,620.41	79,620.41	34.69%
ИФВЭ ИЕР	18,776.00	20,434.17	39,210.17	17.09%
ОИЯИ	13,619.25	19,539.90	33,159.15	14.45%
ИТЭФ ИТЕР	10,092.00	18,337.60	28,429.60	12.39%
НИИЭФА		22,168.39	22,168.39	9.66%
ПИЯФ RPI	12,749.45		12,749.45	5.56%
НИИМВ	2,957.50		2,957.50	1.29%
ФТИ РАН	2,307.50		2,307.50	1.01%
ИПХФ РАН	1,770.00		1,770.00	0.77%
ЯЦ ВНИИЭФ	1,652.50		1,652.50	0.72%
ИЯИ РАН	1,554.00		1,554.00	0.68%
Курчатовский Инст.	1,336.25		1,336.25	0.58%
НИЯФ МГУ	1,067.00		1,067.00	0.47%
МИФИ	0,817.00		0,817.00	0.36%
МЭИ	0,350.00		0,350.00	0.15%
ФИ РАН	0,350.00		0,350.00	0.15%
ИТОГО	69,398.45 (54)	160,100.47 (81)	229,498.92 (135)	100.00%



Ускорители ФАИР

1. Заявка ОИЯИ (Дубна) по синхротрону SIS 100 – **18,713 млн. евро.**
2. Заявка НИИЭФА (С.-Петербург) по ионопроводам НЕВТ – **15,346 млн. евро.**
3. Заявка ИЯФ СО РАН (Новосибирск) по магнитам и вакуумным камерам Super-FRS, НЕВТ, CR и p-Bar target и RF-system SIS100 – **46,699 млн. евро.**
4. Заявка ГНЦ ИТЭФ по системам диагностики пучков – **0,27 млн. евро.**

ИТОГО: сумма заявок по ускорителям - 81,028 млн. евро.

(160 М€)



Детекторы ФАИР

1. Заявка ГНЦ ИФВЭ (Протвино) по системам детектора PANDA – **13,604 млн. евро.**
2. Заявка ГНЦ ИТЭФ (Москва) по системам детекторов PANDA, CBM, HEDgeNOB – **5,882 млн. евро.**
3. Заявка ГНЦ ИФВЭ (Протвино) по магнитам HEDgeNOB – **2,800 млн. евро.**
4. Заявка ОИЯИ (Дубна) по системам детекторов PANDA, CBM – **12,860 млн. евро.**
5. Заявка СПИЯФ (Гатчина) по системам детекторов PANDA, CBM, R3B, MATS – **10,565 млн. евро.**
6. Заявка ИЯФ (Троицк) по детектору фрагментов в CBM – **1,000 млн. евро.**
7. Заявка ИПХВ (Черноголовка) по вакуумным камерам для HEDgeNOB – **1,770 млн. евро.**
8. Заявка ФИАН (Москва) по криогенной мишени для HEDgeNOB – **0,350 млн. евро.**
9. Совместная заявка ОИЯИ (Дубна) и КИ (Москва) по гамма спектрометру для R3B – **0,960 млн. евро.**

ИТОГО: сумма заявок по детекторам – **49,790 млн. евро.** (69 М€)

Status Experiments

- Technical Design Reports

Collab	Total Approved	Approved ECE 1	Submitted ECE 2	Announced for 2013	Total expected
APPA	1	1	2	3	13
CBM	2	0	2	2	11
NuSTAR	7	3	1	7	22
PANDA	4+1?	2	2	7	16
Total	14+1?	6	8	18	62

- In preparation
 - Collaboration Contracts, General Specifications
 - Common timelines for all experiments
 - New risk assessment/management
 - General Conditions for Experiments
 - Cost Book
- Construction MoUs
 - To be agreed upon in 2014

Российский вклад – **178 М€** В соответствии с имеющимися обязательствами **25% (44,5 М€)** должны уйти на общие нужды ФАИР.

На финансирование российских заявок по ускорителям и детекторам остается **133,5 М€**

Заявок от ускорительщиков было на **81 М€**
Заявок от детекторщиков было на **49 М€**

ФАИР уже утвердил 7 контрактов по ускорительным компонентам на общую сумму **43 М€ (больше заявок нет)**.

ФАИР утвердил 2 контракта по экспериментам на сумму около **4 М€ (+6,65 заявлено)**.

Сейчас в ФАИР зафиксирована российская квота на эксперименты **17,7 М€**

На финансирование других российских заявок осталось **72,8 М€**

По разным причинам ускорительщики не в состоянии выбрать эти деньги и поэтому обсуждается вариант увеличения квоты на эксперименты на **30-35 М€**

Ситуация с российским вкладом



Вклад России в ФАИР по годам:

- 2010 г. -100 млн.руб.
- 2011 г. -200 млн.руб.
- 2012 г. -300 млн.руб.
- 2013 г. -1000 млн.руб. (план)
- 2014 г. -1900 млн.руб. (план)
- 2015 г. -1900 млн.руб. (план)
- 2016 г. -1900 млн.руб. (?)
- 2017 г. -1900 млн.руб. (?)
- 2018 г. -1900 млн. руб. (?)

Дополнительная информация о ситуации с ФАИР

Немецкой стороной выдвинуто предложение о слиянии ФАИР и ГСИ. Для обсуждения этого вопроса в июле 2013 г. создана международная рабочая группа, которая подготовила перечень юридических и практических вопросов по слиянию, ответы на которые должны дать рабочая группа по слиянию, созданная Германией и администрации ФАИР и ГСИ.

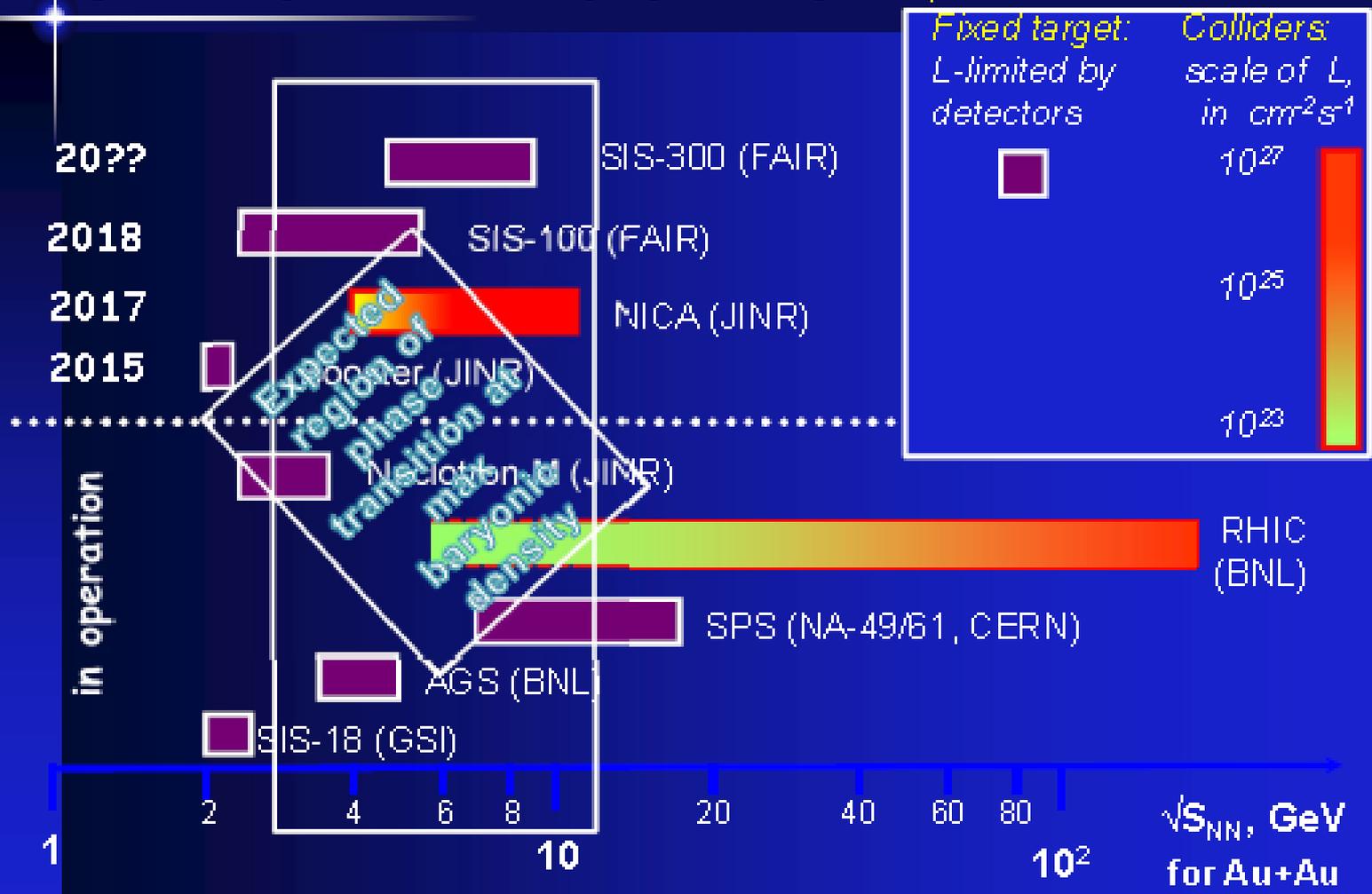
Практически определён размер эксплуатационных расходов ФАИР в 2020 году. Он составляет 235,5 млн. евро. Существуют различные механизмы распределения этих расходов с учётом долей стран участниц и количеством пользователей ФАИР. При этом размер российского взноса в эксплуатационные расходы составляет 40-41 млн. евро (доля России – 17,45%, доля российских пользователей ~ 16%). В 2014 г. будет принято окончательное решение по объёму и распределению эксплуатационных расходов.

Предложение руководства ФАИР о создании Исследовательского отдела состоящего из 340 человек (полная занятость). Из них 252 человека – это ведущие ученые/исследователи, 41 инженер и 47 – техники/ассистенты/секретари. Отдел состоит из двух подразделов: подраздел Технической поддержки экспериментов (96 человек) и Экспериментальный подраздел (244 человека). Бюджет этого отдела будет складываться из взносов стран-участниц ФАИР на эксплуатационные расходы. Полный бюджет отдела ожидается на уровне 68.7 МЕвро. Взносы должны быть пропорционально числу акций (как есть сейчас), то Россия должна будет ежегодно платить ~12 МЕвро только на содержание Исследовательского отдела и иметь, соответственно, 59 мест.

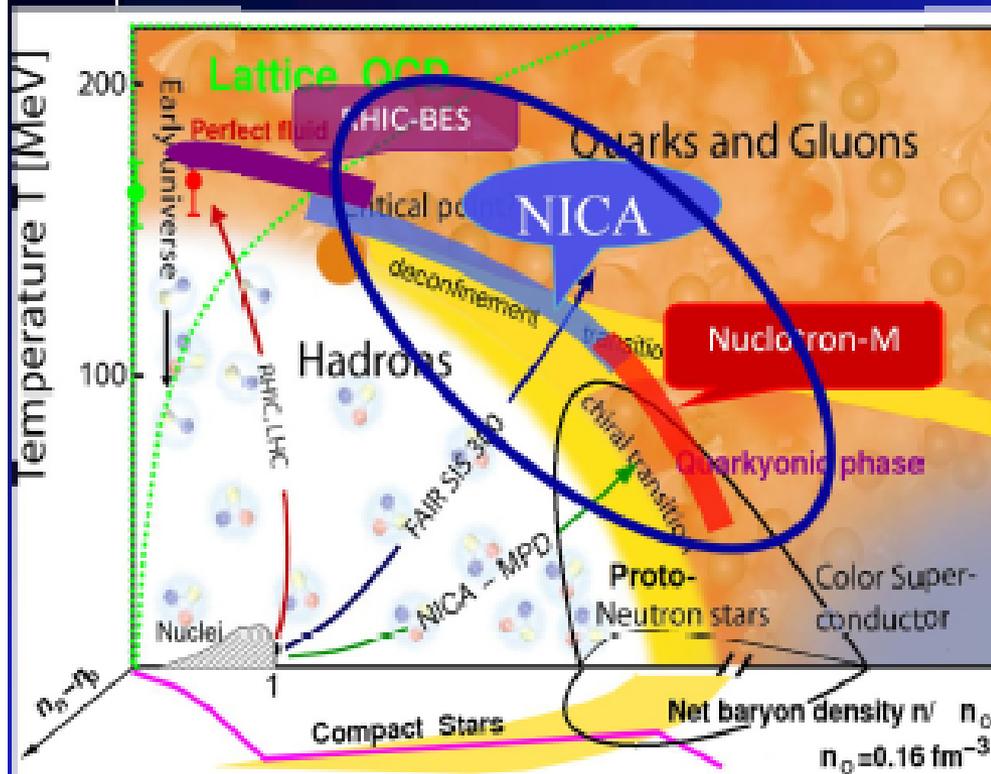
К настоящему времени подготовлен МоУ об объединении усилий Росатома и НИЦ КИ по работе в ФАИР, создается Рабочая группа.



Существующие и будущие ускорители ТИ ВЭ



Фазовая диаграмма сильновзаимодействующей материи



- диапазон энергии *NICA*
- неисследованная область QCD фазовой диаграммы:
 - максимальная плотность барионной материи
 - начало освобождения кварков и фазовые переходы
 - потенциал открытий:
 - критической точки
 - восстановления киральной симметрии
 - комплементарность к экспериментальным программам *RHIC/BES, FAIR, CERN*

NICA комплекс обеспечивает уникальные возможности для изучения разнообразных явлений в широком диапазоне фазовой диаграммы

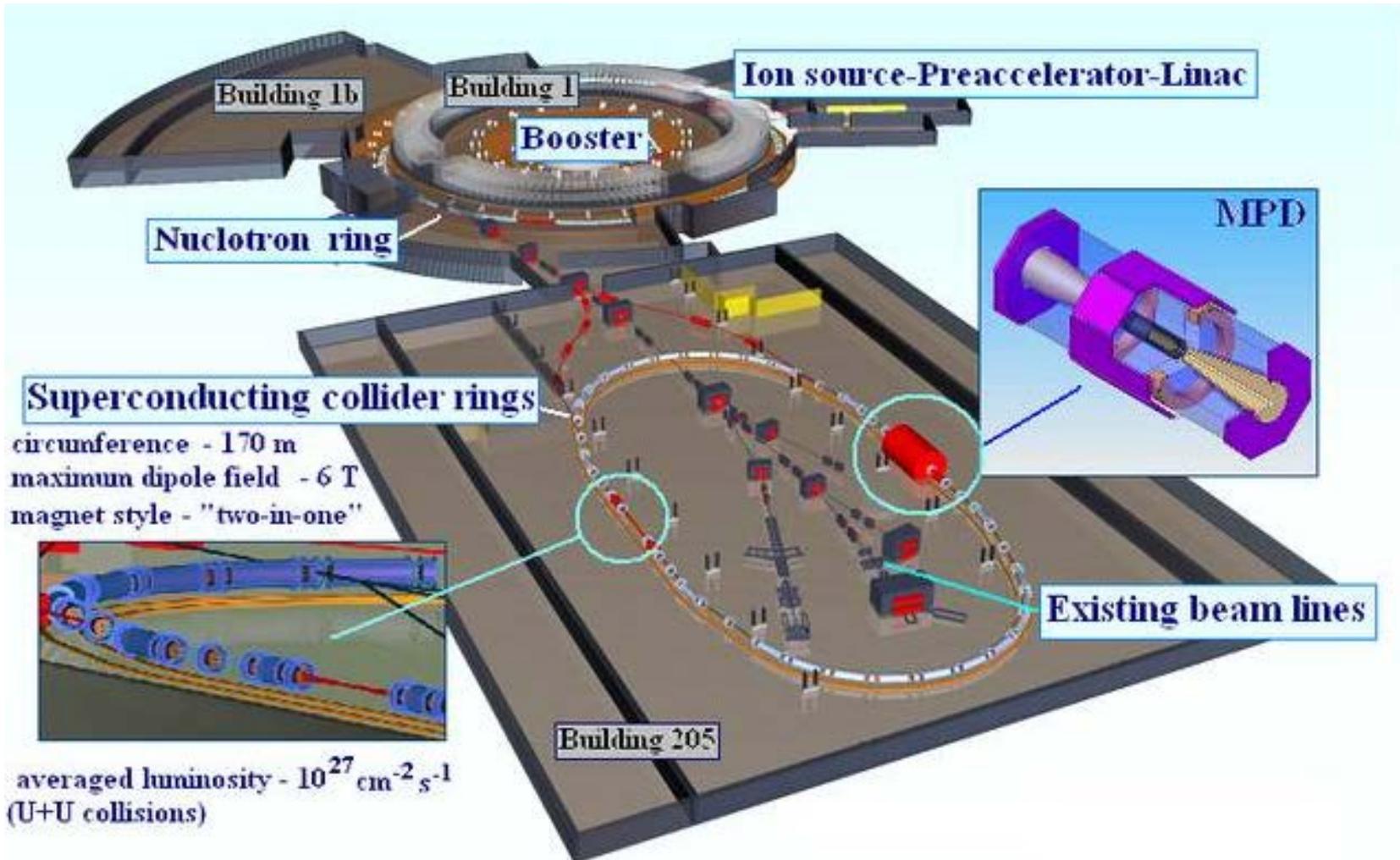
Experiments on superdense nuclear matter

Experiment	Energy range (Au/Pb)	Reaction rates (Hz)
STAR@RHIC (BNL)	$\sqrt{s_{NN}} = 7 - 200 \text{ GeV}$	1 - 800
NA61@SPS (CERN)	$\sqrt{s_{NN}} = 6.4 - 17.4 \text{ GeV}$	80
MPD@NICA	$\sqrt{s_{NN}} = 4.0 - 11.0 \text{ GeV}$	~6000
BM@Nuclotron	$E_{kin} = 2.0 - 4.5 \text{ A GeV}$	10^5
CBM@FAIR	$\sqrt{s_{NN}} = 2.7 - 8.3 \text{ GeV}$ $E_{kin} = 2.0 - 35 \text{ A GeV}$	$10^5 - 10^7$

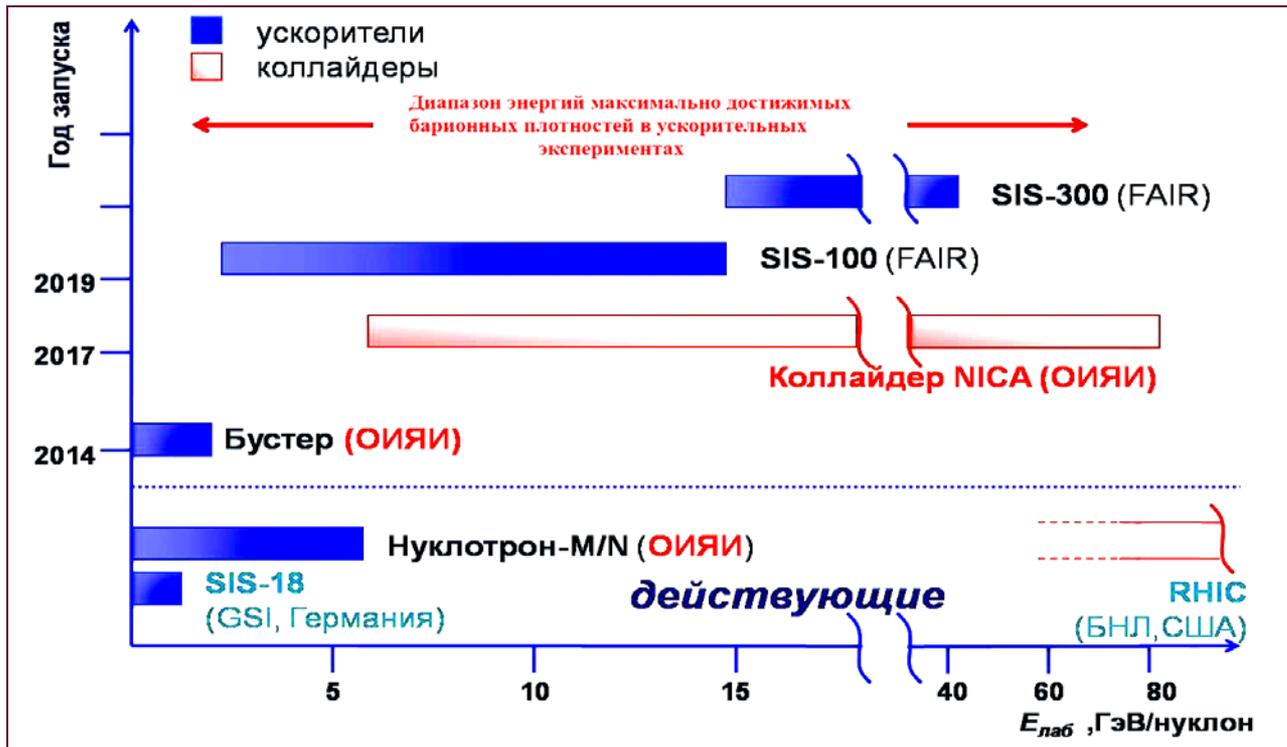
Experiment	Observables (Au+Au at $\sqrt{s_{NN}} = 8 \text{ GeV}$)
STAR@RHIC (BNL)	Pions, kaons, protons, hyperons
NA61@SPS (CERN)	Pions, kaons, protons, hyperons
MPD@NICA	Pions, kaons, protons, gammas, (multi-strange) hyperons, electron pairs ?
CBM@FAIR	Pions, kaons, protons, gammas, (multi-strange) hyperons, electron pairs, open charm, charmonium

Complex of superconducting rings of heavy ions collider, NICA

Joint Institute of Nuclear Research (Dubna, Moscow region)



Ускоритель	Энергия (ГэВ/нуклон)	Год запуска
SIS-18 (GSI)	0.012-1.9	действующий
Нуклотрон (ОИЯИ)	0.005-5.9	действующий
Бустер (ОИЯИ)	0.005-2.9	2014
Коллайдер NICA (ОИЯИ)	7-80 *	2017
SIS-100 (FAIR)	2.9-14.1	2019
SIS-300 (FAIR)	14.1-44	> 2020



Этот комплекс позволит проводить исследования:

- на встречных высокоинтенсивных пучках ионов (вплоть до золота, Au79+) при средней светимости $L=10^{27} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ (Au+79) в диапазоне энергий в системе центра масс $\sqrt{s_{NN}}= 4 \div 11 \text{ ГэВ}$;
- на встречных пучках поляризованных протонов и дейтронов (с продольной и поперечной поляризацией) со средней светимостью $10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$;
- на выведенных пучках от протонов до ионов золота с энергиями 12.6 ГэВ (для протонов), 5.8 ГэВ (для дейтронов) и 4.5 ГэВ на нуклон для тяжелых ионов, а также на пучках поляризованных протонов и дейтронов с интенсивностью $>10^{10}$ частиц за цикл и энергией до 12.6 и 5.8 ГэВ, соответственно

Рис. Сравнительные характеристики ускорительных комплексов (по энергии дейтронов, пересчитанной в лабораторную систему, Елаб).

Expected Russian in-kind contribution into NuSTAR@FAIR

№	Institute, Response person	Experiment, PSP code	Cost book 2005, kEuro
1	PNPI Gatchina, Yuri Novikov novikov@pnpi.spb.ru	MATS 1.2.3.2, 1.2.3.6, 1.2.3.8.3, 1.2.3.9	190 500
2	PNPI Gatchina, Anatoli Krivchitch kriv@pnpi.spb.ru Viktor Golovtsov vicgol@pnpi.spb.ru	R3B, NeuLAND 1.2.5.1.2.5	1 250 000
3	PNPI Gatchina, Georgy Alkhazov alk@pnpi.spb.ru	R3B, ACTAR 1..2.5.2.3	1 105 000
4	PNPI Gatchina, Anatoli Krivchitch kriv@pnpi.spb.ru	R3B, tracking detectors (43%) 1.2.5.1.2.1	160 000
5	JINR Dubna / KI Moscow Andrey Fomichev fomichev@jinr.ru	R3B, CALIFA 1.2.5.1.2.3	960 000
6	PTI St. Petersburg / JINR Vladimir Eremin Vladimir.Eremin@cern.ch	SuperFRS, Si vs. CVD-DD 2.4.6.1.9, 2.4.6.1.10, 2.4.6.1.11	In progress
7	BINP Novosibirsk / JINR Dubna / IHEP Protvino??	R3B, High Resolution Spectrometer	Under discussion

