



# Статус проекта FAIR

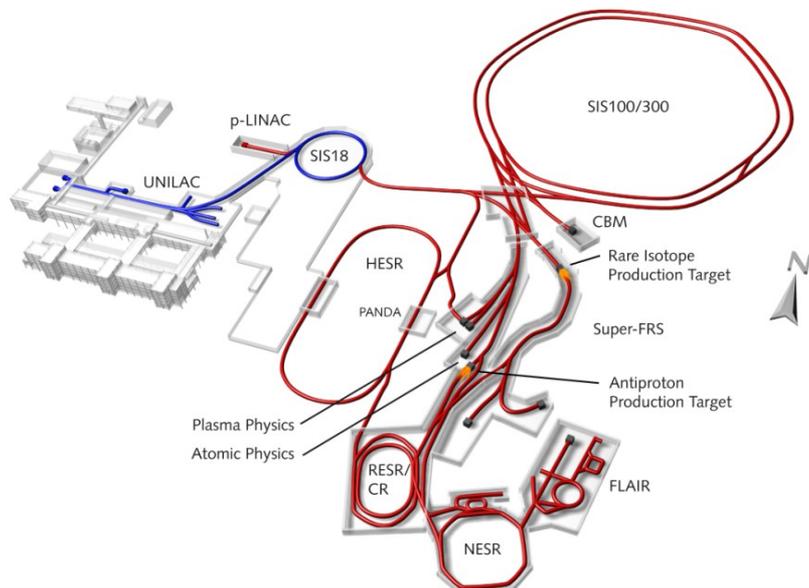
*(Facility for Antiproton and Ion  
Research)*



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.

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

### 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

**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.

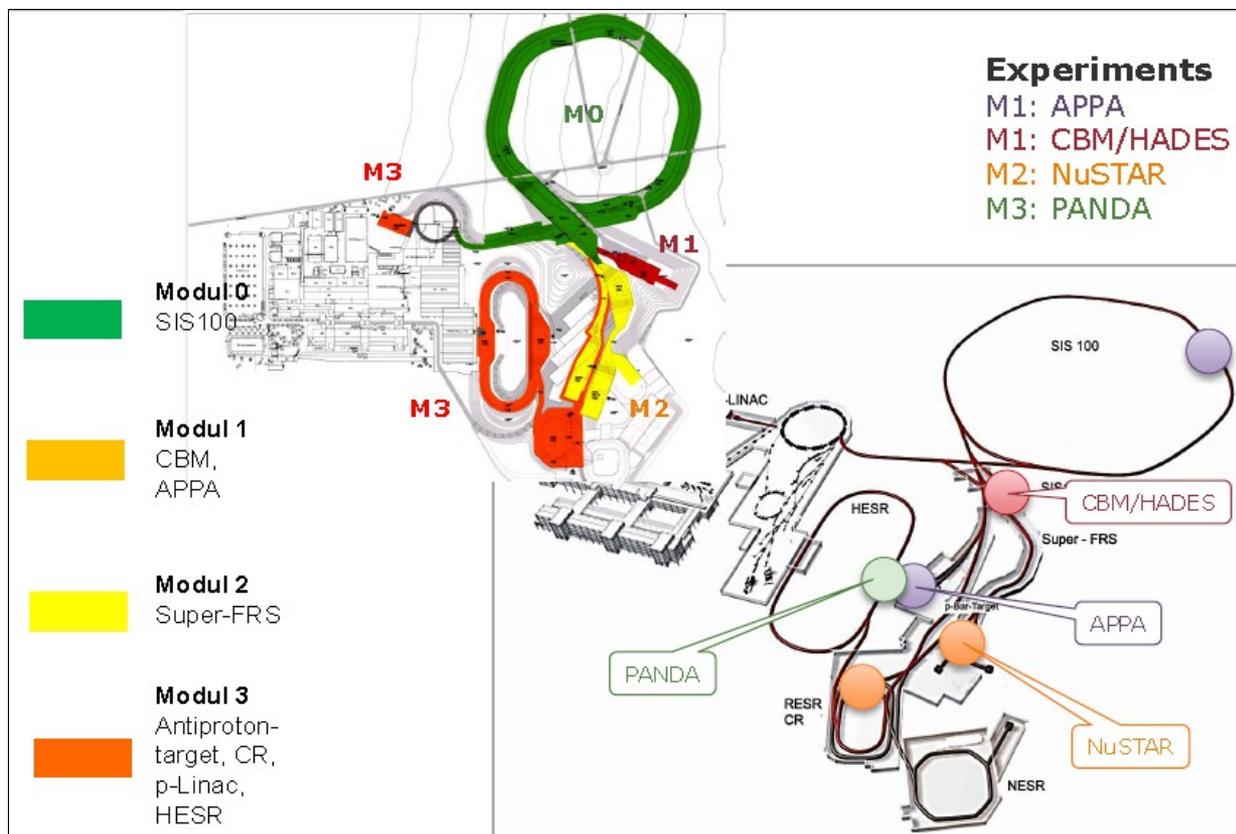
Условие для начала реального строительства – наличие твердо гарантированного финансирования (75% вклад Германии, 25% – страны-участники).

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
<b>Total</b>	<b>1.104.660</b>
<b>Firm Commitments</b>	<b>1.026.500</b>

Учитывая гарантированные вклады и коррекцию стоимости проекта в целом, **16 октября 2009 г. стартовая версия** ввода оборудования подверглась ревизии на Evaluation Committee и в настоящее время включает 4 модуля:

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 PANDA & options NuSTAR	LEB, NESR, FLAIR NuSTAR & APPA	RESR PANDA, NuSTAR & APPA	
				2017/18		



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**

## Cost Estimate Modules 0-3 (Price Basis 2005)

---

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

all values in M€

---

# The realisation of FAIR has started!!!



**Aerial View 2012**



**Test Drilling 31/8/2011**



# General Issues

## Grants by BMBF:

- 526 million euro for civil construction (02 July 2012)
- 65 million euro for the construction of the HESR
- 53 million euro for the operation of the FAIR GmbH



# 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:**

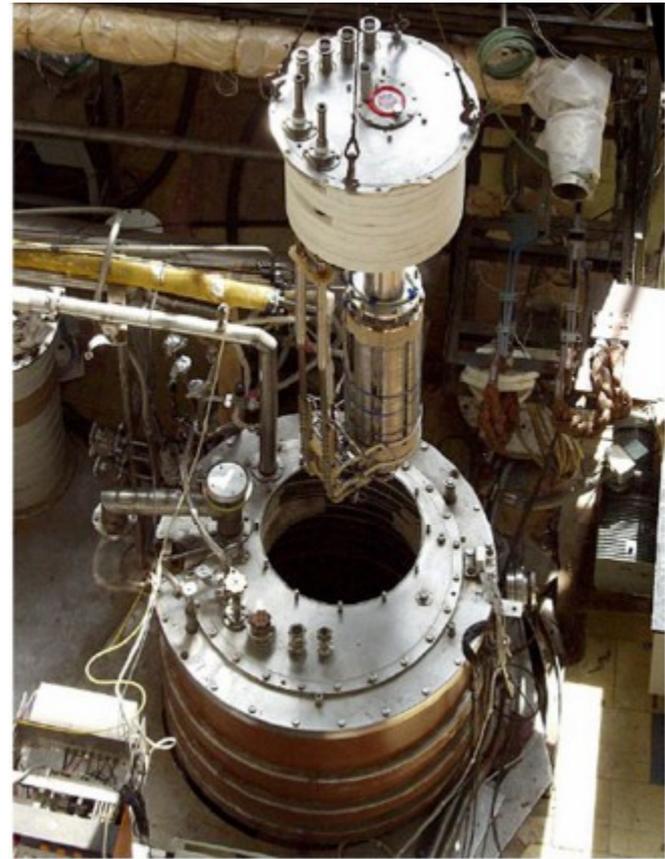
Successful test of the first curved prototype dipole (*DISCORAP Collaboration, LASA lab, INFN Milan, Italy*)

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

Ramping test of the superconducting dipole for  
SIS300 at INFN Milano

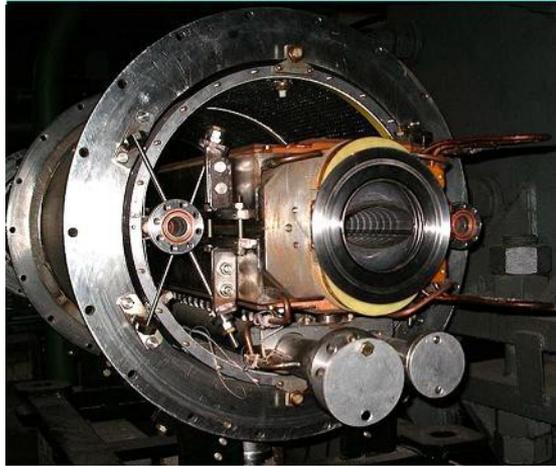


Preparation of a SIS300 quadrupole magnet  
for test at IHEP (Protvino)



# Accelerator Challenges

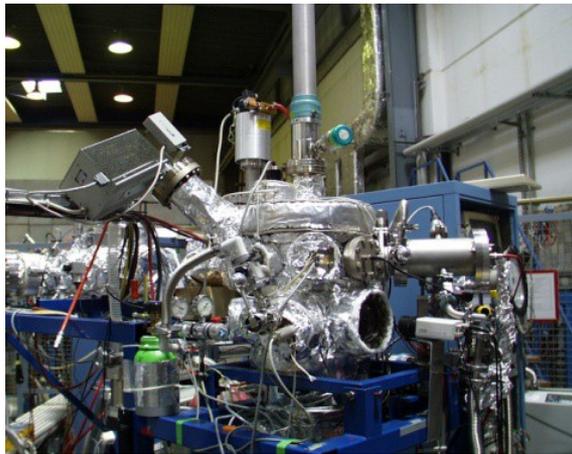
Fast cycling superconducting magnets  
 $dB/dt \sim 4T/s$



High gradient, variable frequency  
Ferrite & MA loaded cavities



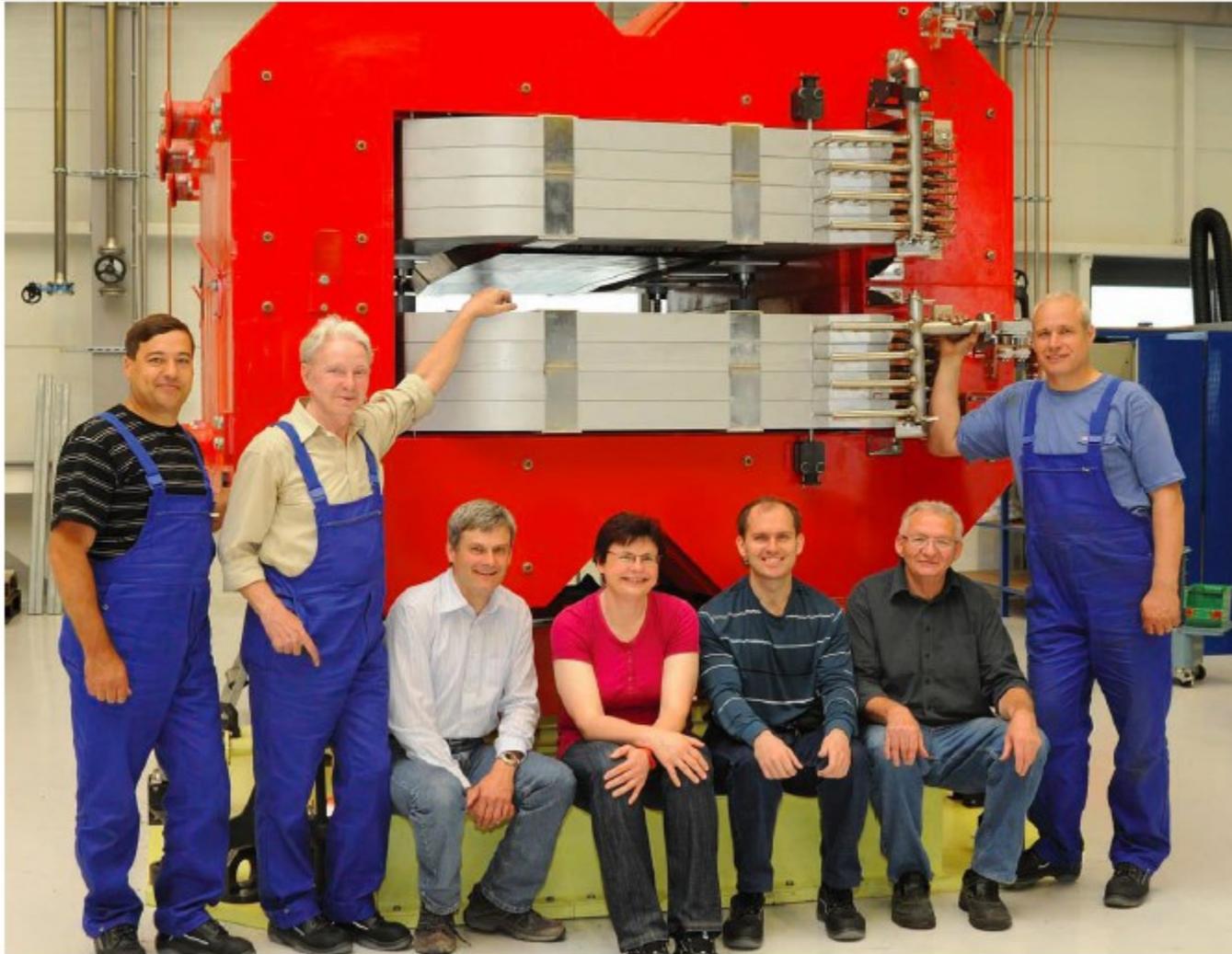
Extremely high vacuum  $\sim 10^{-13}$  mbar



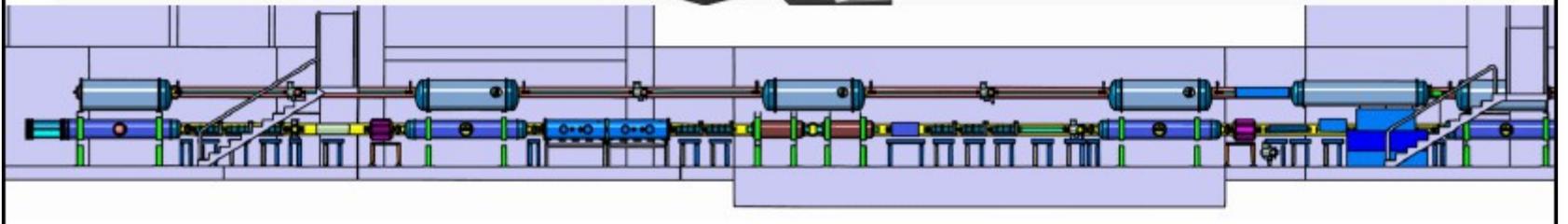
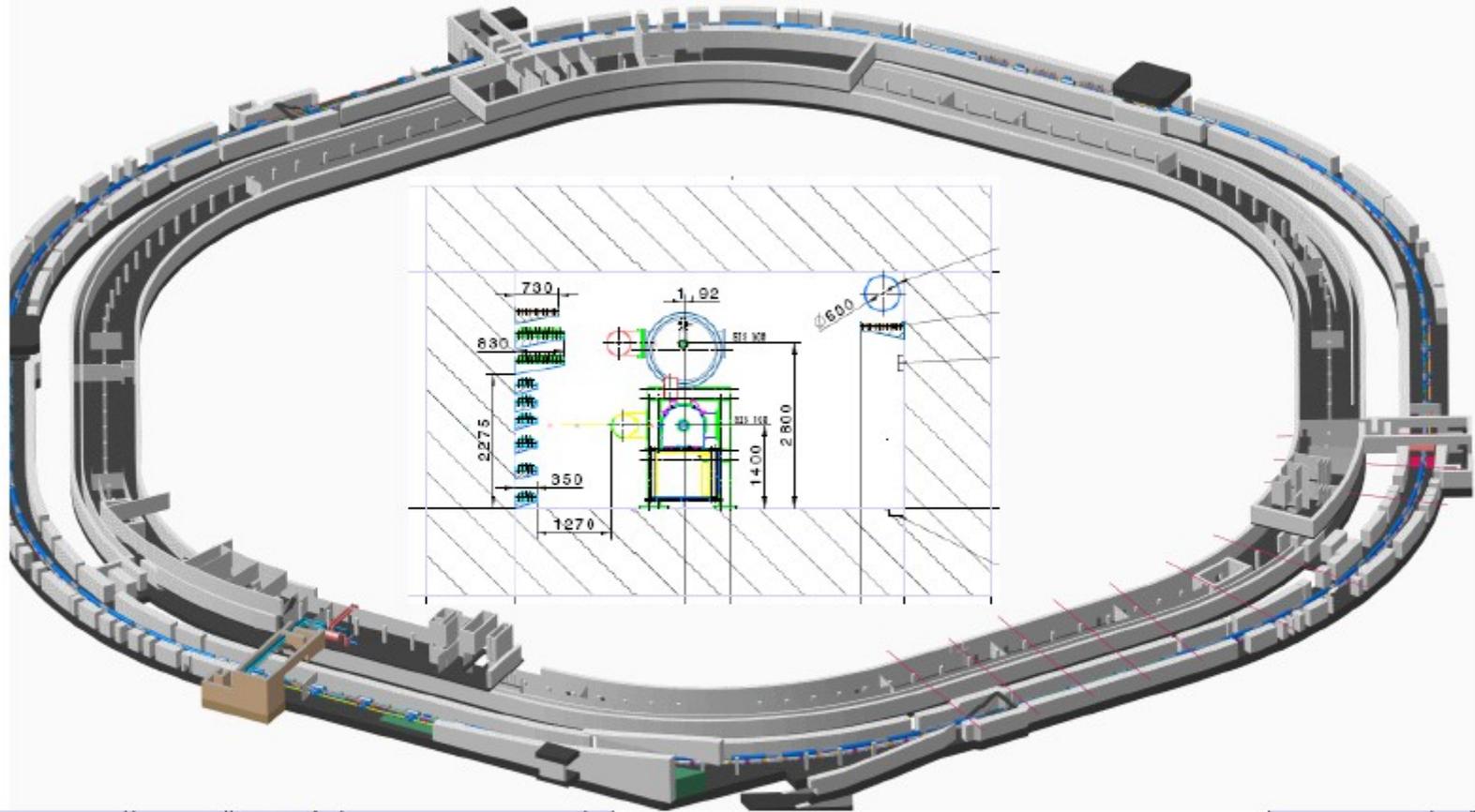
Electron & stochastic cooling



# First SuperFRS Magnet



# Tunnel for SIS100/300





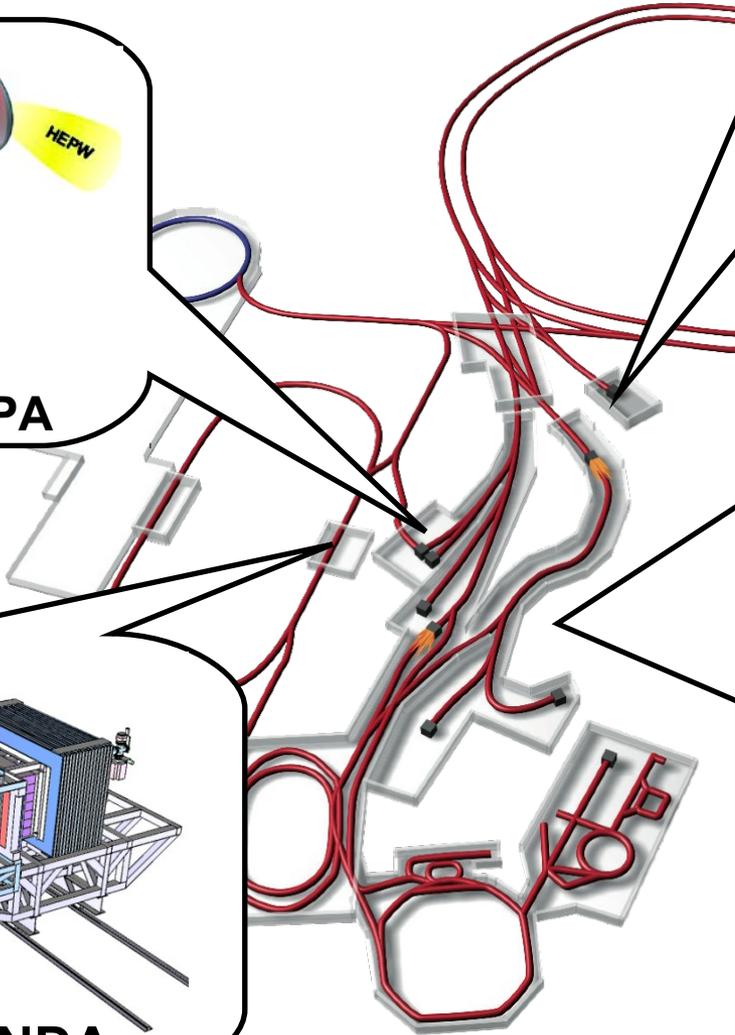
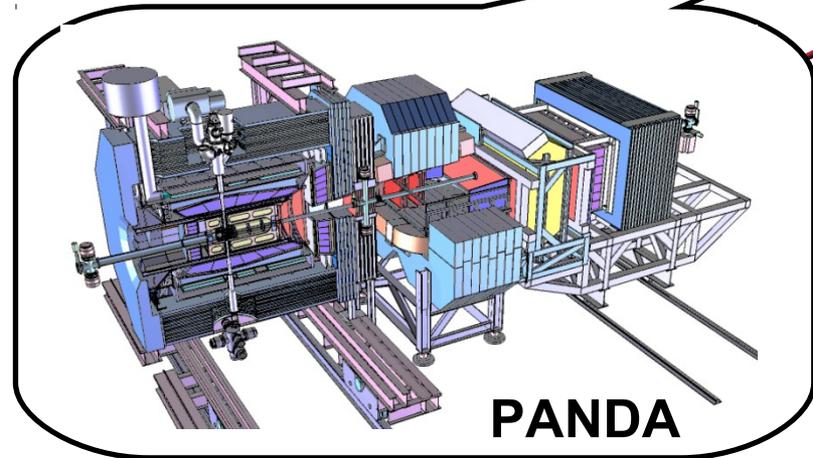
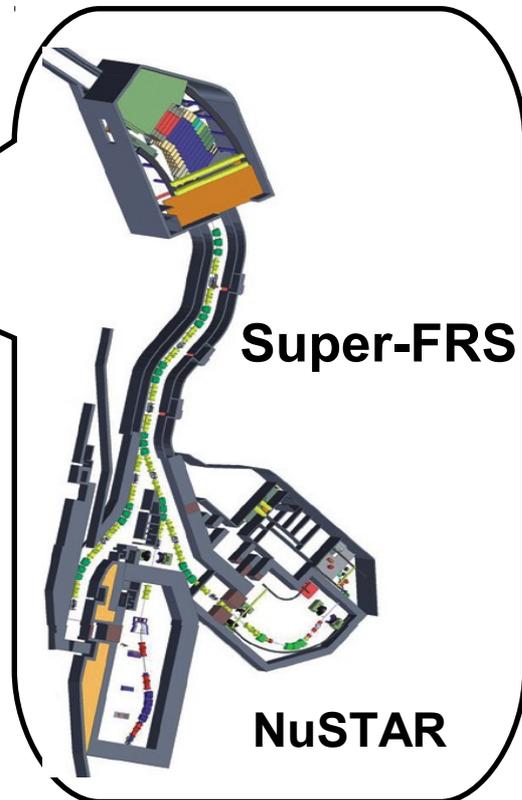
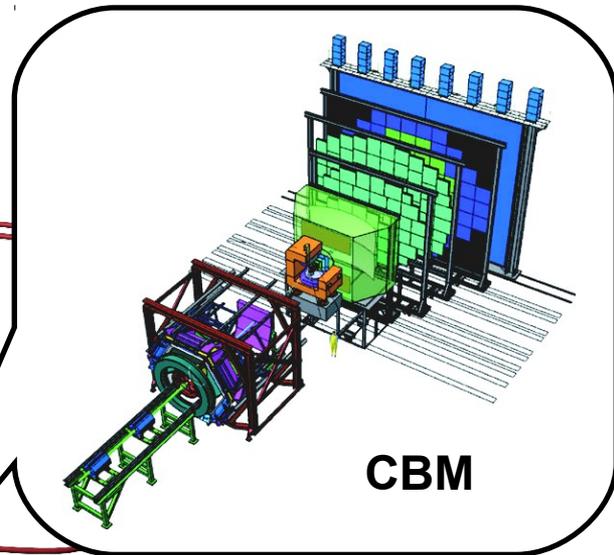
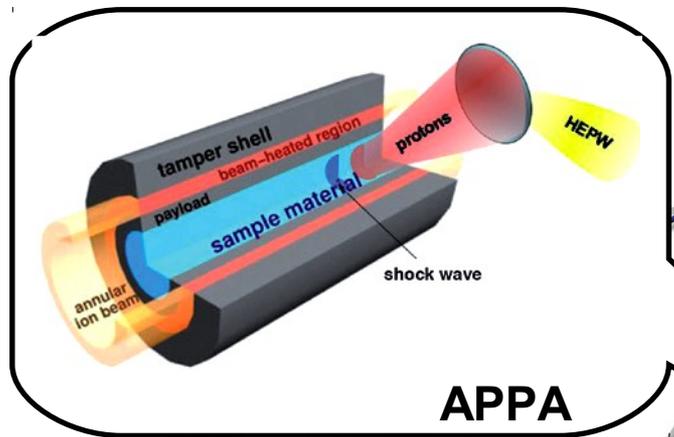
## Ускорители ФАИР

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€)**

# FAIR Experiments



# The CBM Collaboration: 55 institutions, 450 members

## **Croatia:**

RBI, Zagreb  
Split Univ.

## **China:**

CCNU Wuhan  
Tsinghua Univ.  
USTC Hefei

## **Czech Republic:**

CAS, Rez  
Techn. Univ. Prague

## **France:**

IPHC Strasbourg

## **Hungary:**

KFKI Budapest  
Budapest Univ.

## **Norway:**

Univ. Bergen

## **India:**

Aligarh Muslim Univ.  
Panjab Univ.  
Rajasthan Univ.  
Univ. of Jammu  
Univ. of Kashmir  
Univ. of Calcutta  
B.H. Univ. Varanasi  
VECC Kolkata  
SAHA Kolkata  
IOP Bhubaneswar  
IIT Kharagpur  
Gauhati Univ.

## **Korea:**

Korea Univ. Seoul  
Pusan Nat. Univ.

## **Germany:**

Univ. Heidelberg, P.I.  
Univ. Heidelberg, KIP  
Univ. Heidelberg, ZITI  
Univ. Frankfurt IKF  
Univ. Frankfurt, FIAS  
Univ. Münster  
FZ Dresden  
GSI Darmstadt  
Univ. Wuppertal

## **Poland:**

Jag. Univ. Krakow  
Warsaw Univ.  
Silesia Univ. Katowice  
AGH Krakow

## **Portugal:**

LIP Coimbra

## **Romania:**

NIPNE Bucharest  
Univ. Bucharest

## **Russia:**

IHEP Protvino  
INR Troitzk  
ITEP Moscow  
KRI, St. Petersburg  
Kurchatov Inst., Moscow  
LHEP, JINR Dubna  
LIT, JINR Dubna  
MEPHI Moscow  
Obninsk State Univ.  
PNPI Gatchina  
SINP MSU, Moscow  
St. Petersburg P. Univ.

## **Ukraine:**

T. Shevchenko Univ. Kiev  
Kiev Inst. Nucl. Research



14<sup>th</sup> CBM Collaboration meeting  
5-9 Oct. 2009, Split, Croatia



## 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, HEDgeHOB – **5,882 млн. евро.**
3. Заявка ГНЦ ИФВЭ (Протвино) по магнитам HEDgeHOB – **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 – **9,643 млн. евро.**
6. Заявка ИЯФ (Троицк) по детектору фрагментов в CBM – **1,000 млн. евро.**
7. Заявка ИПХВ (Черноголовка) по вакуумным камерам для HEDgeHOB – **1,770 млн. евро.**
8. Заявка ФИАН (Москва) по криогенной мишени для HEDgeHOB – **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 - **48,869 млн. евро.** (69 М€)

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

Таким образом, на финансирование российских заявок по ускорителям и детекторам остается **133,5 М€**.

Сейчас в ФАИР нет никакой российской квоты на ускорители, однако есть российская квота на эксперименты **17,7 М€**.

В настоящее время ФАИР утвердил 7 контрактов с российским участием по ускорительным компонентам на общую сумму **43 М€**.

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

По разным причинам ускорительщики-россияне не в состоянии выбрать все эти деньги и поэтому сейчас обсуждается вариант увеличения квоты на эксперименты до **41,3 М€**.

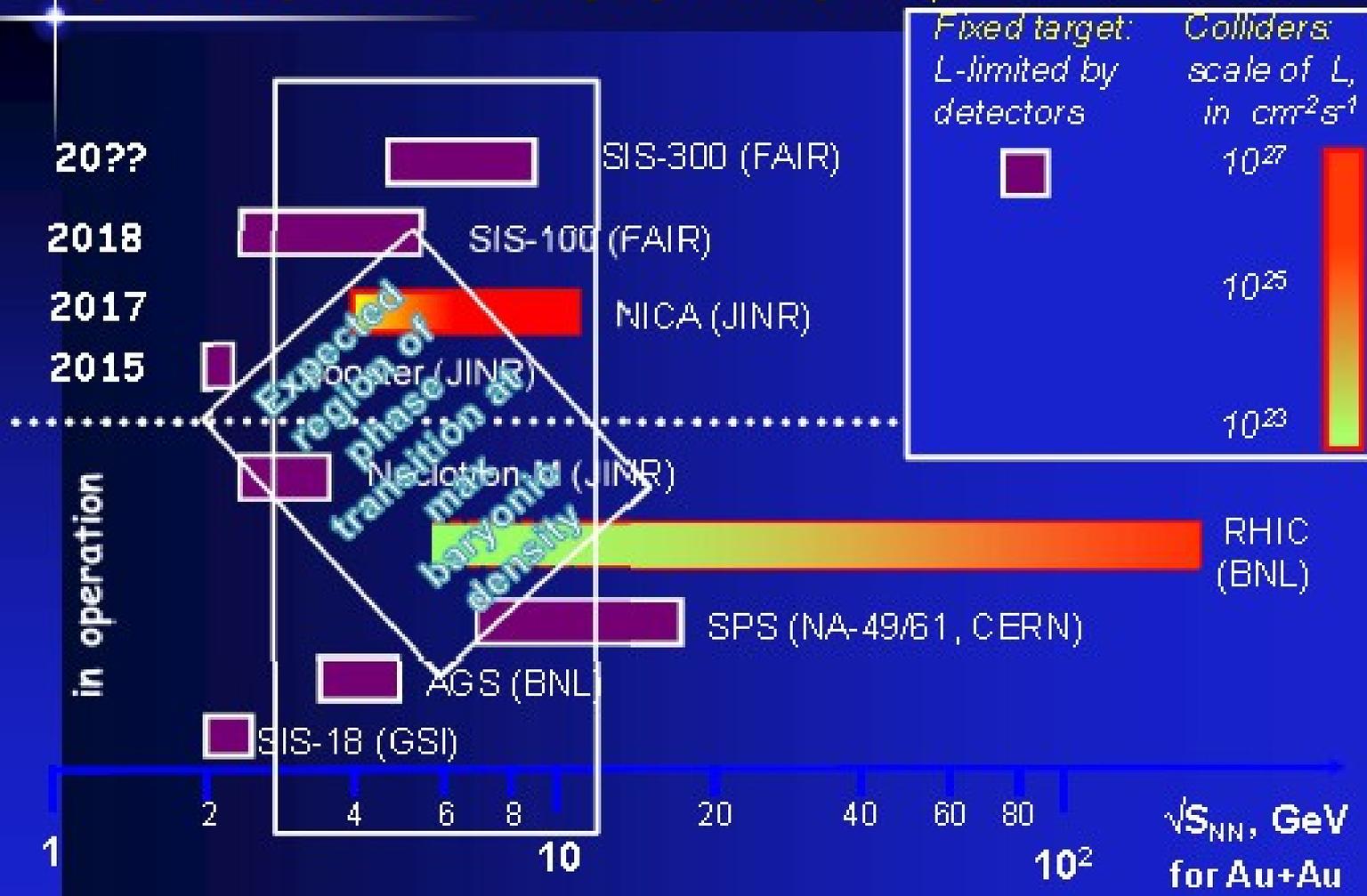
## Ситуация с российским вкладом



# 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	

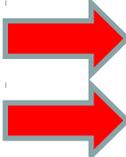
# Существующие и будущие ускорители ТИ ВЭ



# Future experiments studying Au+Au collisions at high luminosities

Tentative time lines

Facility	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
NICA		█	█	█	█	█	█	█	█
CBM@SIS100			█	█	█	█	█		
CBM@SIS300							█	█	█



Energies (A GeV)

**NICA**

5 – 55

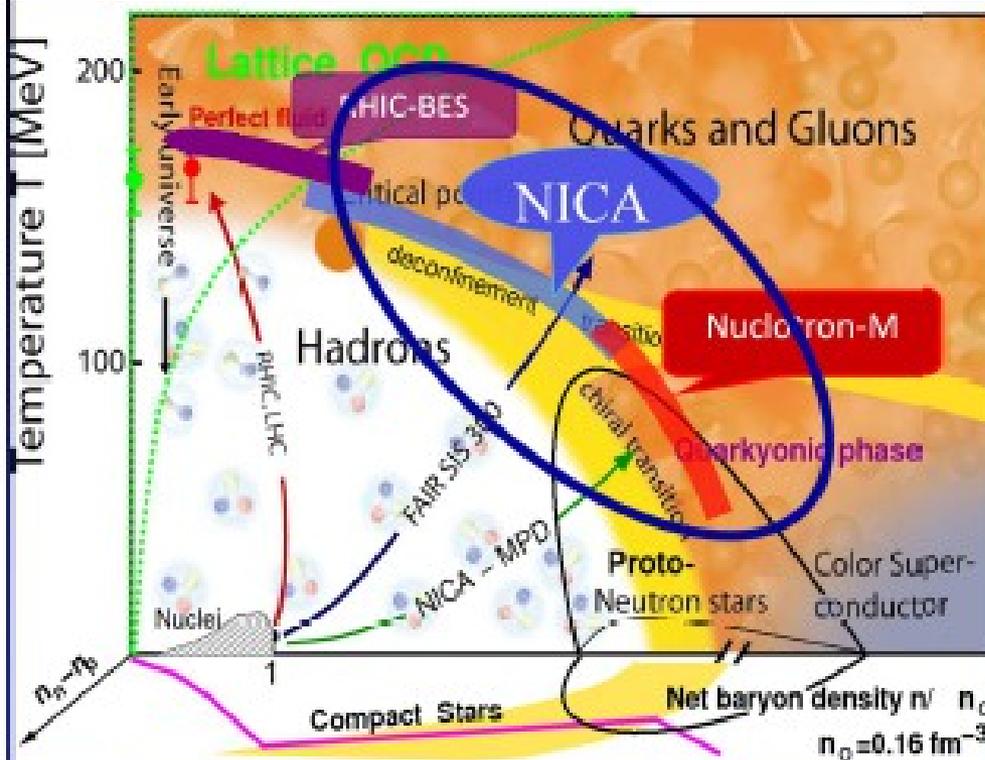
**CBM@SIS100**

2 – 11

**CBM@SIS300**

5 – 35

# Фазовая диаграмма сильновзаимодействующей материи

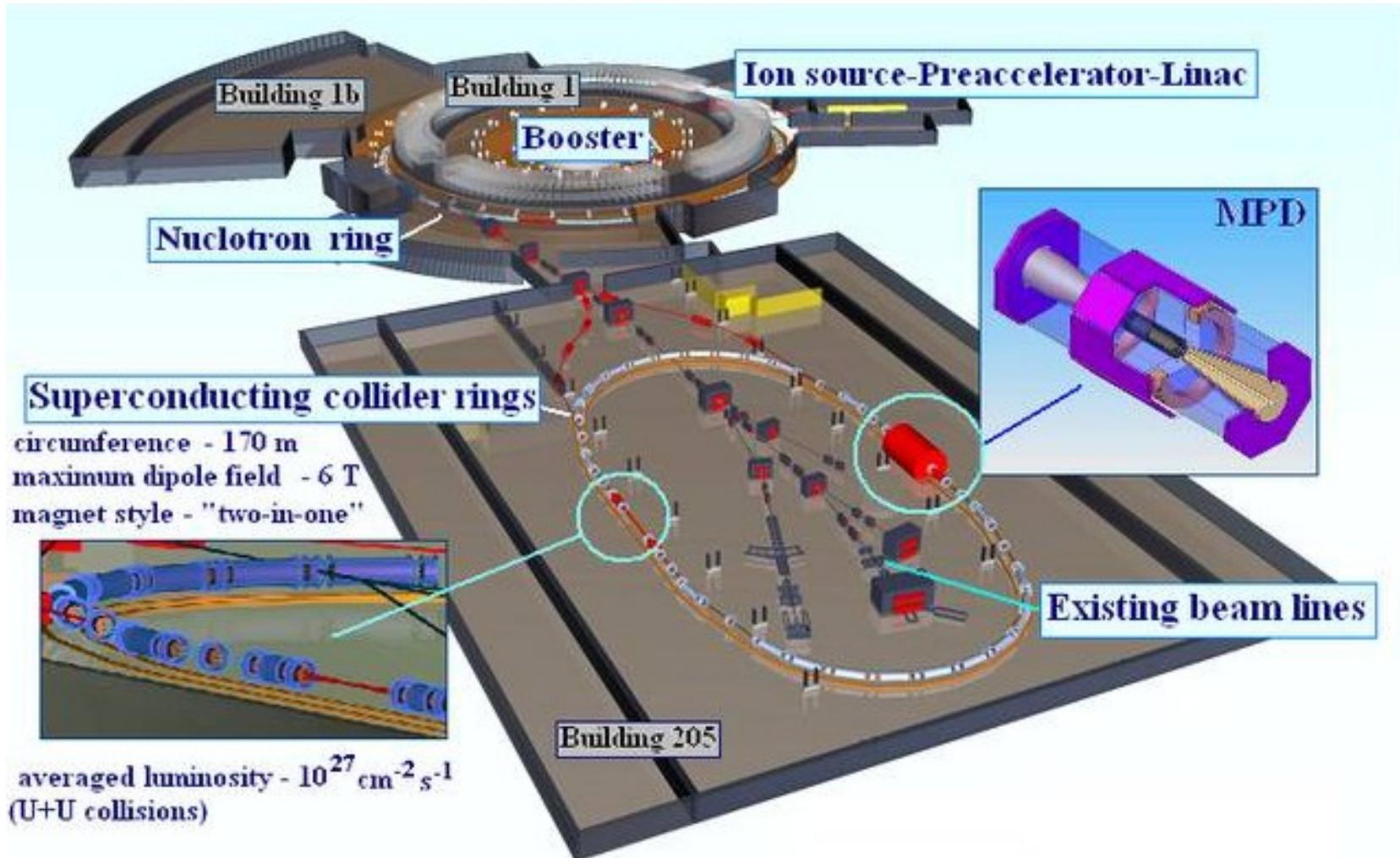


- ▶ диапазон энергии NICA - неисследованная область QCD фазовой диаграммы:
- ▶ максимальная плотность барионной материи
- ▶ начало освобождения кварков и фазовые переходы
- ▶ потенциал открытый:
  - a) критической точки
  - b) восстановления киральной симметрии
- ▶ комплементарность к экспериментальным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

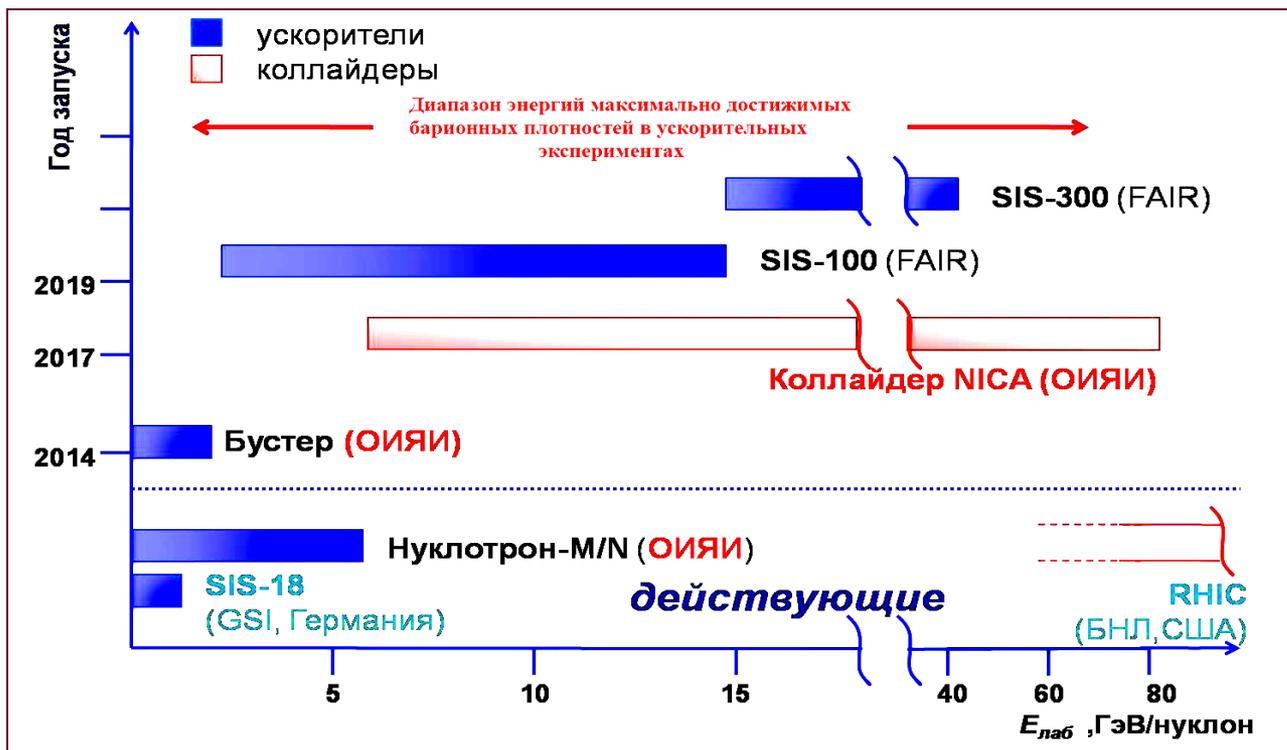
**NICA** комплекс обеспечивает уникальные возможности для изучения разнообразных явлений в широком диапазоне фазовой диаграммы

# 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  $\sqrt{sNN} = 4 \div 11 \text{ ГэВ}$ ;
- 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).

# FAIR Computing

