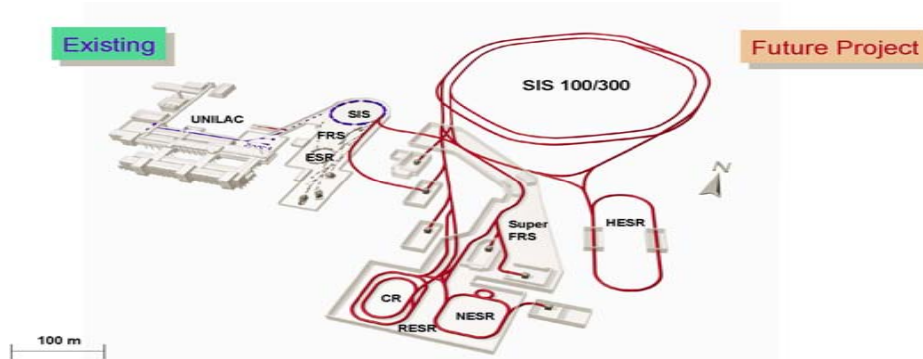


**FAIR – Facility for Beams of Ions and Antiprotons** – принятый к осуществлению проект стоимостью ~1200 М€ в GSI, Дармштадт. Официальное начало строительства – 07.11.2007 г.



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).

### **Первичные пучки**

- $10^{12}/s$ , 1.5–2 GeV/u, ионы до  $^{238}\text{U}^{28+}$
- $2 \times 10^{13}/s$ , 30 GeV, протоны
- вплоть до 90 GeV, протоны
- $10^{10}/s$ , до 35 GeV/u,  $^{238}\text{U}^{73+}$

### **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

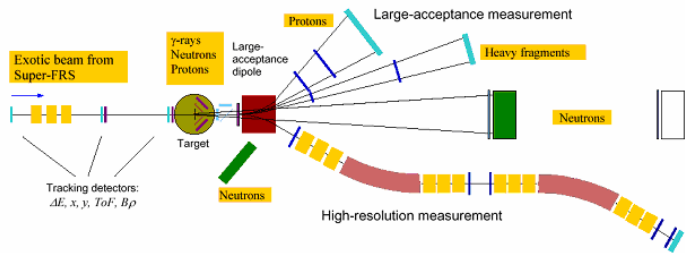


ВИСБАДЕН, 15 октября. /Спец.корр.ИТАР-ТАСС/. В присутствии Владимира Путина и Ангелы Меркель на проходящем в Висбадене 9-м раунде российско-германских межгосударственных консультаций на высшем уровне сегодня подписаны 5 документов:

Соглашение между Министерством образования и науки РФ и Министерством образования и научных исследований ФРГ "О сотрудничестве в разработке и применении источников фотонного излучения на базе ускорителей" ;

Декларация о намерениях по сотрудничеству в сооружении и эксплуатации Международного ускорительного центра по исследованию тяжелых ионов и антипротонов между Федеральным агентством по атомной энергии и Министерством образования и исследований ФРГ /проект "ФАИР"/;

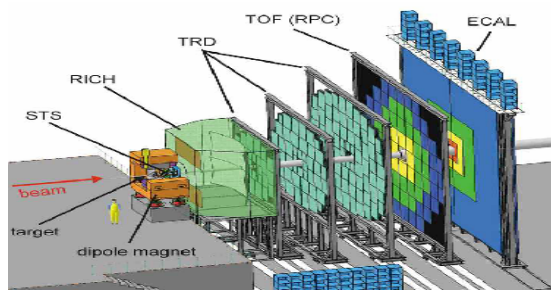
...



**R3B** – реакции с радиоактивными пучками

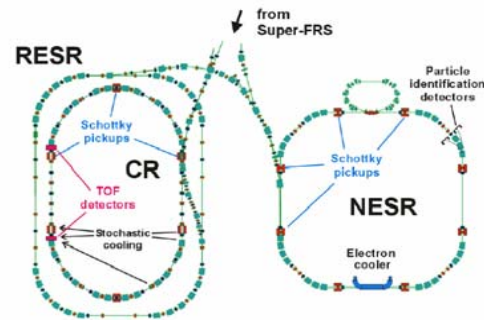


**EXL** – изучение экзотических ядер на накопительном кольце

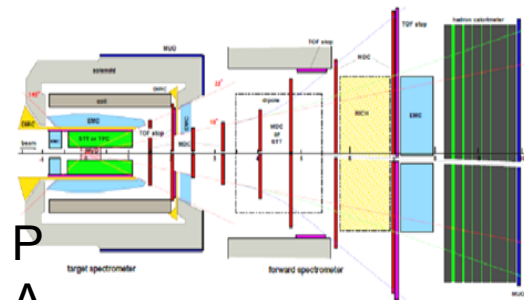


**CBM** – изучение сжатой барионной материи

## ИНТЕРЕСЫ ПЯФ В ФИЗИЧЕСКИХ ПРОГРАММАХ НА FAIR

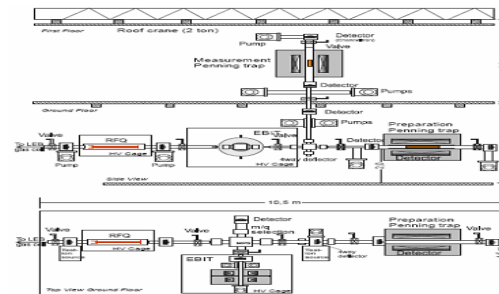


**ILIMA** – Шоттки масс спектрометрия



**PANDA** – физика аннигиляции антипротонов

**PAX** – измерения с пучками поляризованных ионов



**MATS** – сверхточные измерения масс

**NUSTAR** (**N**uclear **S**tructure and **A**strophysics) – блок, включающий 8 физических проектов, объединенных на некотором уровне управления.

Направление - изучение нестабильных ядер (инверсная кинематика):

- Структура экзотических ядер – необычная геометрия, новые типы оболочечной структуры, новые коллективные моды, особые формы деформации, кластеризация нуклонов, ...
- Ядерная астрофизика – экспериментальное изучение путей происхождения сверхтяжелых элементов (*s*-, *r*- и *rp*-процессы через измерения масс,  $\beta^-$ - и  $\beta^+$ -распадов).
- Фундаментальные взаимодействия и симметрии – через прецизионное изучение  $\beta$ -распадов специфических экзотических ядер проверка гипотезы сохранения векторного тока (CVC); вкладов в слабое взаимодействие, помимо (V-A), скалярного, тензорного или (V+A) членов; ...

**ПИЯФ** выразил намерение участвовать, и уже участвует, в 4-х экспериментах **NUSTAR** блока - это **R3B**, **EXL**, **ILIMA** и **MATS**.

Г.Д.Алхазов

Д.М.Селиверстов

Ю.Н.Новиков

## R3B – Reaction with Relativistic Radioactive Beams

Широкий спектр исследуемых реакций – прямое выбивание, квази-упругое рассеяние, полное поглощение, упругое рассеяние протонов, зарядово-обменные реакции, фрагментация налетающей частицы и мульти-фрагментация, деление, резонансы, ...

Универсальная экспериментальная установка, работающая в двух модах:

- 1) Относительная точность измерения скорости и  $B\rho$   $10^{-3}$  при большом акцептансе.
- 2) Высокое разрешение ( $10^{-4}$ ).

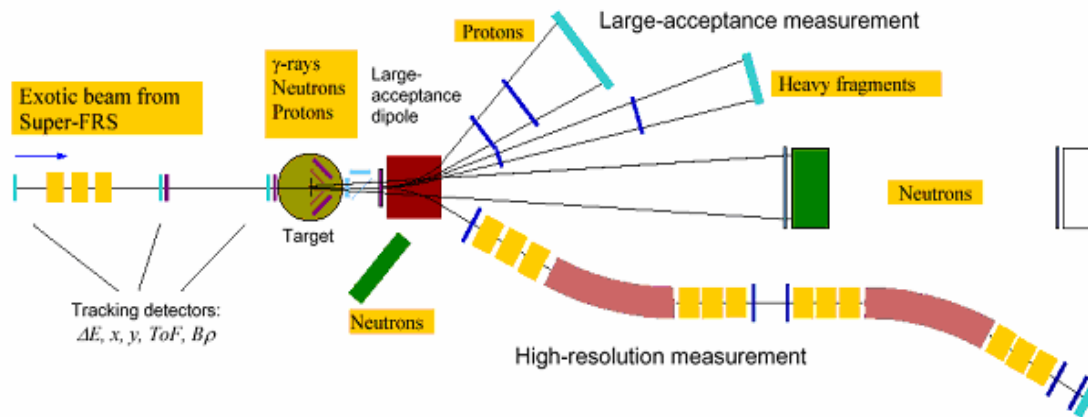
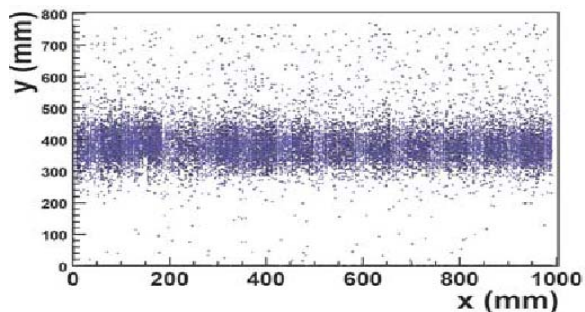
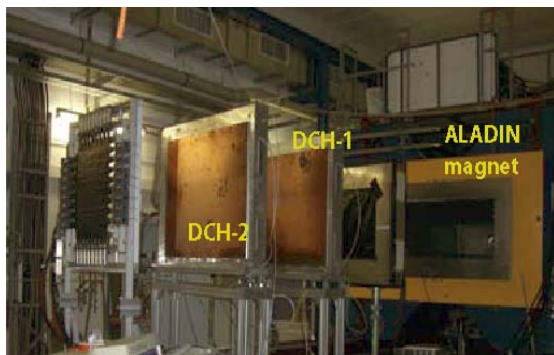
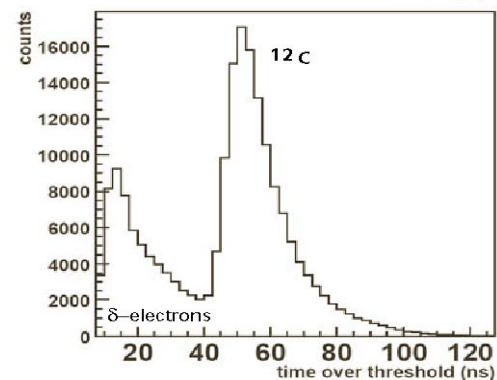
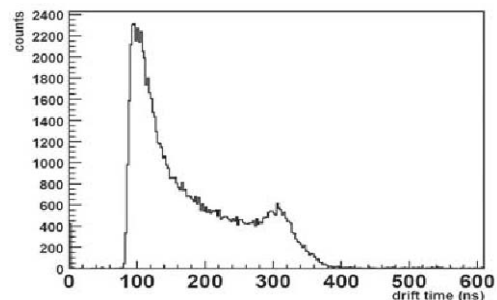


Схема эксперимента R3B

**ПИЯФ** уже внес свой вклад в **R3B** – предназначенные для регистрации протонов две дрейфовые камеры гексагональной структуры, размером **1.2x0.8 м<sup>2</sup>**, со считывающей электроникой **CROS3** были разработаны, изготовлены и поставлены в GSI. Камеры работают в эксперименте **LAND** и к настоящему времени отработали в четырех сеансах на ускорителе.



Распределение хитов при сканировании пучком  $C^{12}$  вдоль оси  $x$ .



Время дрейфа (верхняя гистограмма) и распределение ширины импульсов (отражает распределение заряда).

Обсуждается участие ПИЯФ в создании время - пролетного нейтронного детектора на базе RPC камер с временным разрешением  **$\sigma \sim 50$  ps**.

**EXL (EXotic nuclei studied in Ligh-ion induced reactions)** – выполняется на внутренней пучке накопительного кольца **NESR**.

Физическая программа **EXL** в значительной степени перекрывает и дополняет программу **R3B** со смещением акцента в сторону малых передач.

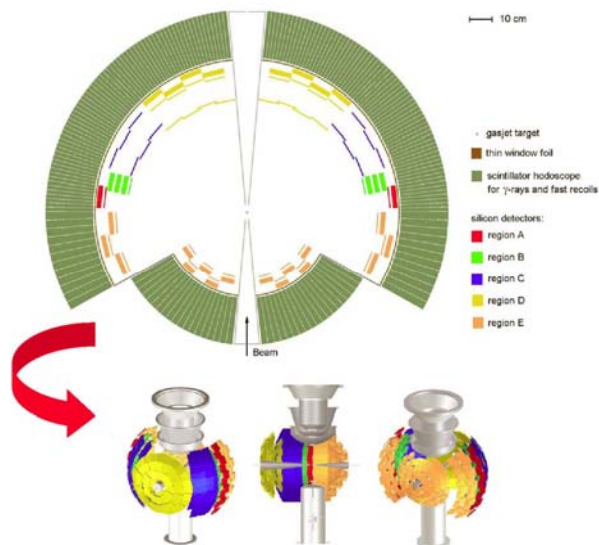
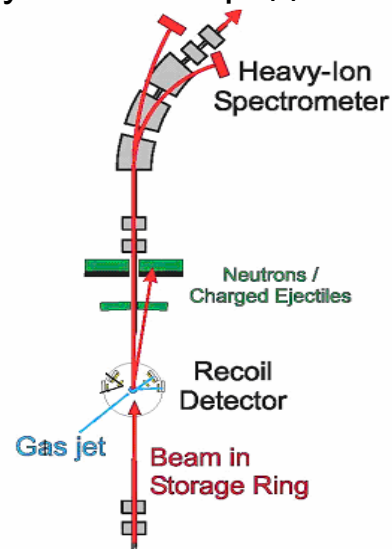


Схема детектора частиц отдачи



Блок-схема установки

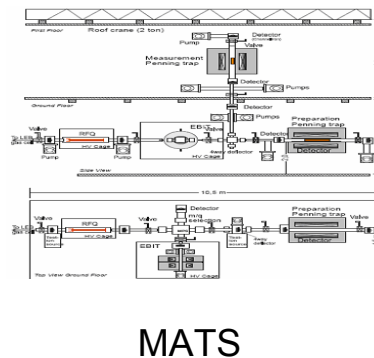
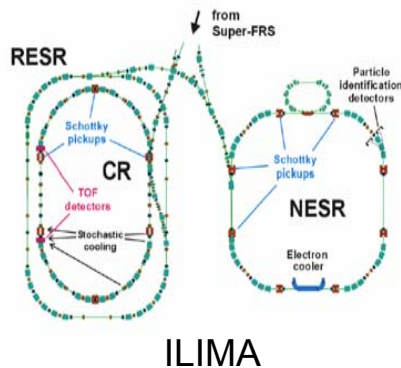
- В настоящее время в ПИЯФ проводится R&D полупроводниковых Si(Li) детекторов большой площади ( $87 \times 87 \text{ см}^2$ ) и толщины (9 мм). Общее количество таких детекторов 280.
- Обсуждается разработка и изготовление некоторых позиций электроники, а также
- Участие в создании время - пролетного нейтронного детектора – полного аналога варианта R3B.

**ILIMA** и **MATS** – два взаимодополняющих проекта по измерению масс и спектроскопии включают:

- Измерение неизвестных масс ядер вблизи и на пороге стабильности, ядер с  $N \approx Z$ , ядер в окрестности дважды-магических ( $^{48}\text{Ni}$ ,  $^{78}\text{Ni}$ ,  $^{100}\text{Sn}$ , и  $^{132}\text{Sn}$ )
- Измерение времен жизни высоко-зарядных ионов, их моды и вероятности распадов
- Изомерные состояния
- Создание чистых изомерных пучков и исследования с ними

**ILIMA** измеряет массы экзотических ядер в накопительном кольце методом Шоттки масс-спектрометрии (для охлажденных, достаточно долгоживущих изотопов) и методом изохронной масс-спектрометрии (для короткоживущих изотопов), достигая точности измерения массы  $\sim 30$  эВ.

**MATS**, применяя ионные ловушки Пеннинга, обеспечивает точность в измерении массы на уровне 0.3-0.5 эВ. Массы, измеренные в MATS, будут использованы в ILIMA в качестве калибровочных.



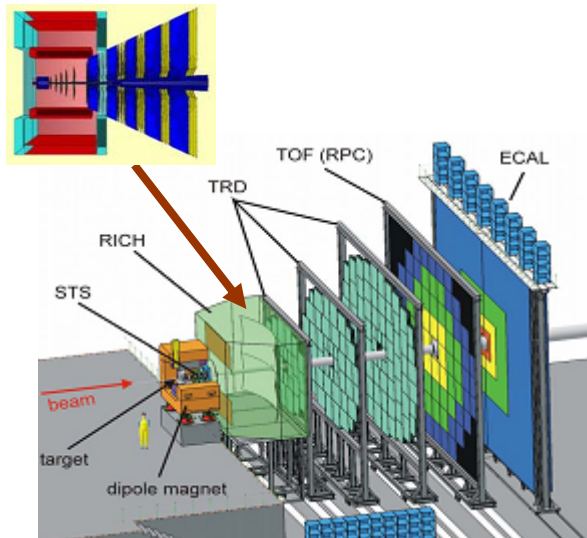
### **Вклад ПИЯФ в эти проекты:**

- R&D и производство различного размера Si-детекторов
- Моделирование процесса транспорта ионов через ловушку Пеннинга
- R&D, участие в производстве и сборке ловушек Пеннинга



**CBM (Compressed Baryonic Matter)** – на выведенном пучке ядер (вплоть до урана) с энергией 10- 35 ГэВ/нуклон планирует исследование предсказанных физических явлений, возникающих в сверхплотной ядерной материи (сравнима с плотностью в сердцевине нейтронных звезд):

- модификация адронов в плотной среде
- фазовый переход к состоянию свободных кварков при высоких барионных плотностях
- возникновение возможно нового фазового перехода к состоянию с коррелированными кварками (состояние “цветовой сверхпроводимости”)
- экзотические состояния материи такие, как конденсаты странных частиц.



Первоначальная версия **CBM** – регистрация  $e^+e^-$  пар от распада короткоживущих векторных мезонов и мезонов, содержащих очарованные кварки. При участии **ПИЯФ** предложен и принят стартовый вариант эксперимента – изучение мюонных мод распада.

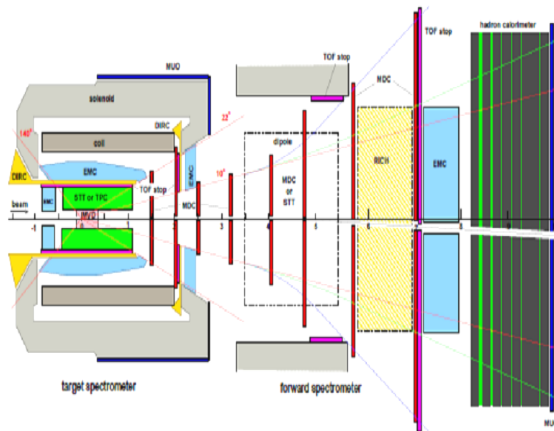
### Участие ПИЯФ на сегодняшний день:

1. В мюонной системе (**MuCh**)
  - моделирование процессов с выходом мюонов
  - оптимизация абсорбера и трековой системы
  - R&D базовых трековых детекторов
  - проектирование трековой системы **MuCh**
2. В детекторе **RICH** - дизайн механики
3. В детекторе **TRT** – R&D трековых детекторов на основе **straw**
5. Обсуждается участие в системах газоснабжения
6. Обсуждается участие в разработке и производстве электроники

## **PANDA** – anti**P**roton **A**nnihilation at **D**armstadt

Экспериментальная установка **PANDA** будет размещена на пучке антипротонов (накопительное кольцо **HESR**) с энергией, варьируемой в диапазоне 1.5-15 ГэВ.

Физическая программа эксперимента **PANDA** включает:



- прецизионные измерения масс, ширин, мод распада всех состояний чармониума
- обнаружение глюонных возбужденных состояний (очарованные гибриды, глюболы)
- поиск модификации свойств мезонов в ядерной среде как следствие частичного восстановления киральной симметрии для легких кварков
- прецизионная  $\gamma$ -спектроскопия гиперядер
- спектроскопия D-мезонов
- поиск CP-нарушения в очарованном и странном секторах.

По предложению **ПИЯФ** система идентификации заряженных частиц установки **PANDA** дополнена время - пролетным спектрометром (с разрешением  $\sigma \sim 50$  ps), проектирование которого ведется в **ПИЯФ**.

А.А.Васильев

PAX

Для PAX планируется разработка и создание мишенной секции. В настоящий момент проводится R&D на эту тему.