

FAIR, NUSTAR, R3B + EXL

FAIR – Facility for Antiproton and Ion Research

NUSTAR – Nuclear Structure, Astrophysics, and Reactions

R3B – Reactions with Relativistic Radioactive Beams

EXL – Exotic Light-ions (exotic nuclei studied in light-ion induced reactions at the NESR ring)

R3B – studies at external beams of nuclei

EXL – studies at internal beams of nuclei at the NESR ring

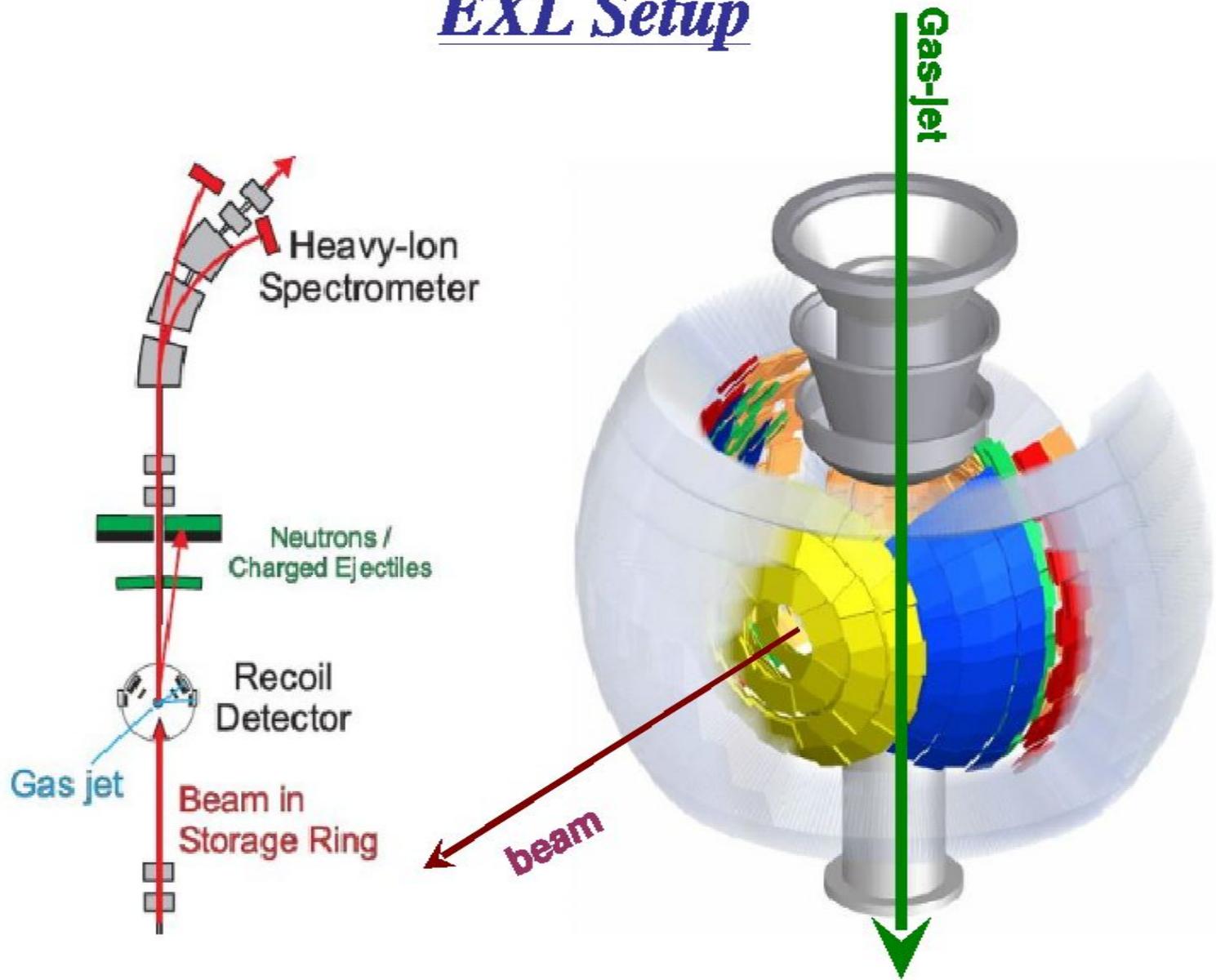
Physics goals:

Nuclear density distributions, single-particle structure, shell-occupation probabilities, unbound states, nuclear resonances, transition strengths, astrophysical S factor, giant dipole and quadrupole strength, $B(E2)$, deformations, Gamov-Teller strength, reaction mechanism, nuclear waste transmutation,...

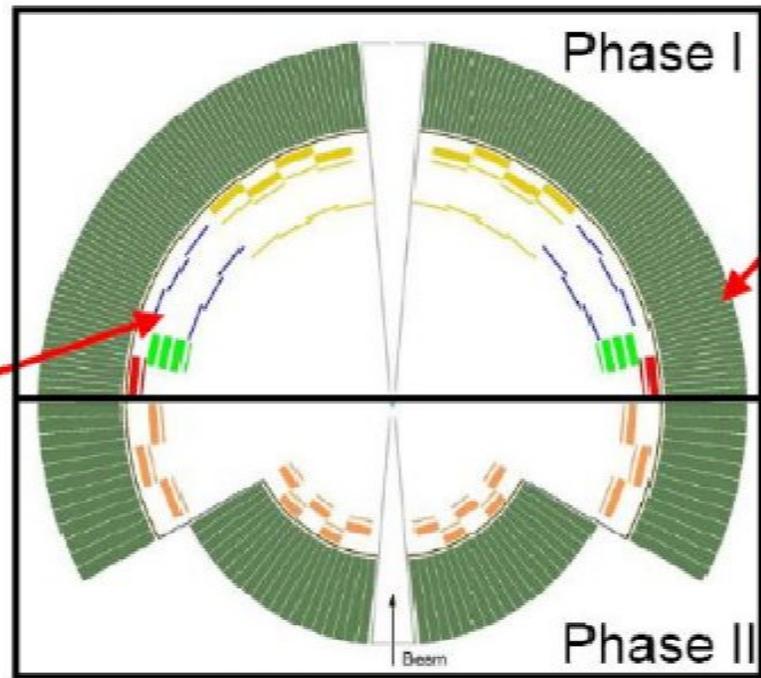
Reaction type:

Elastic and inelastic pA scattering, total reaction and interaction cross sections, knockout and quasifree scattering, electromagnetic excitation and dissociation, charge-exchange reactions, fission, spallation, fragmentation

EXL Setup



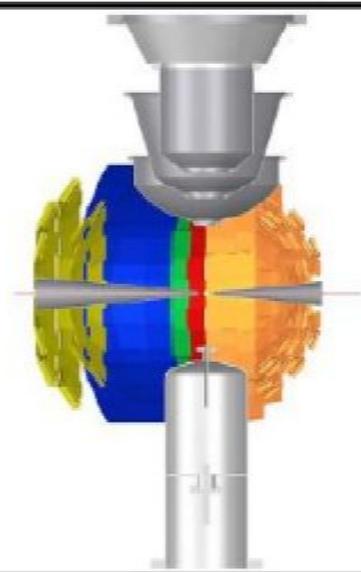
EXL Recoil & Gamma Array

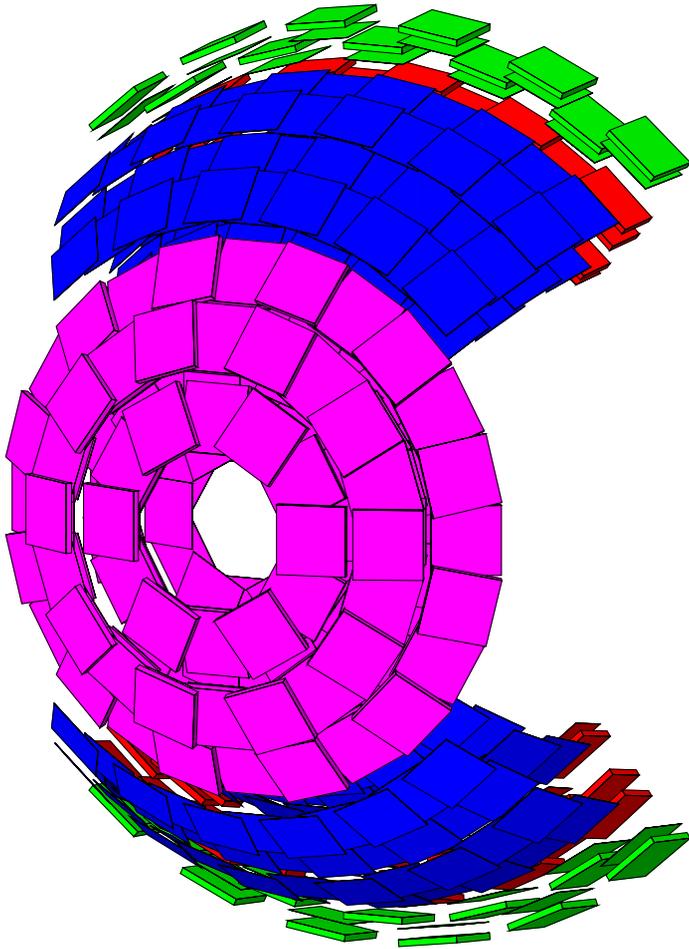


EXL Gamma & Particle Array

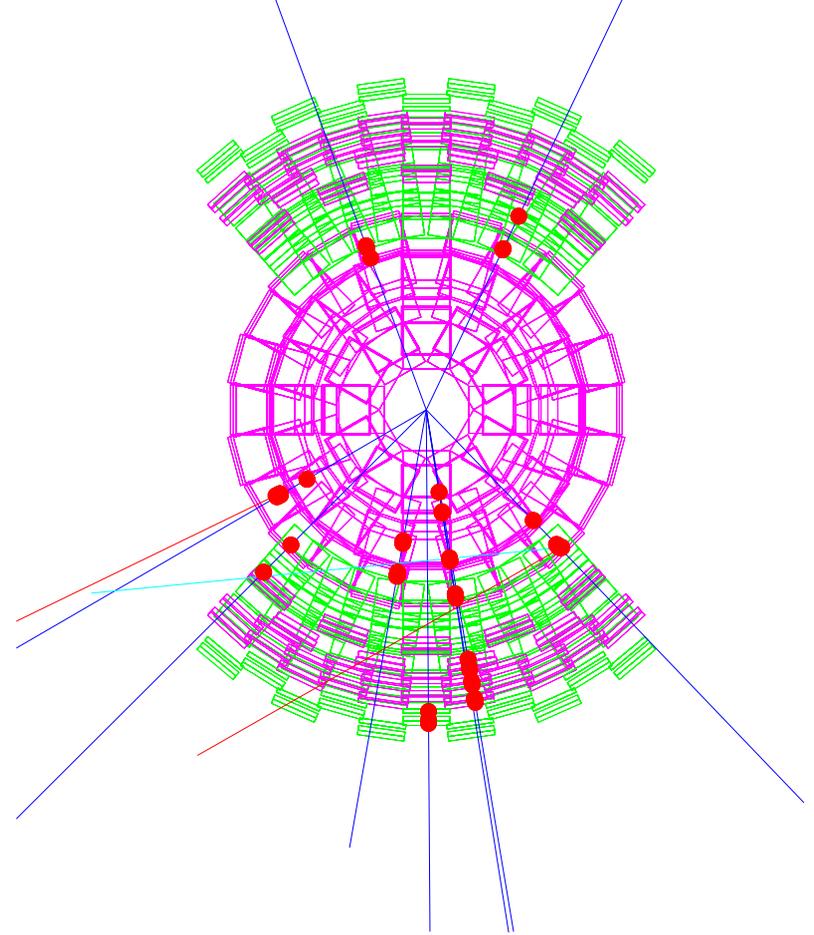
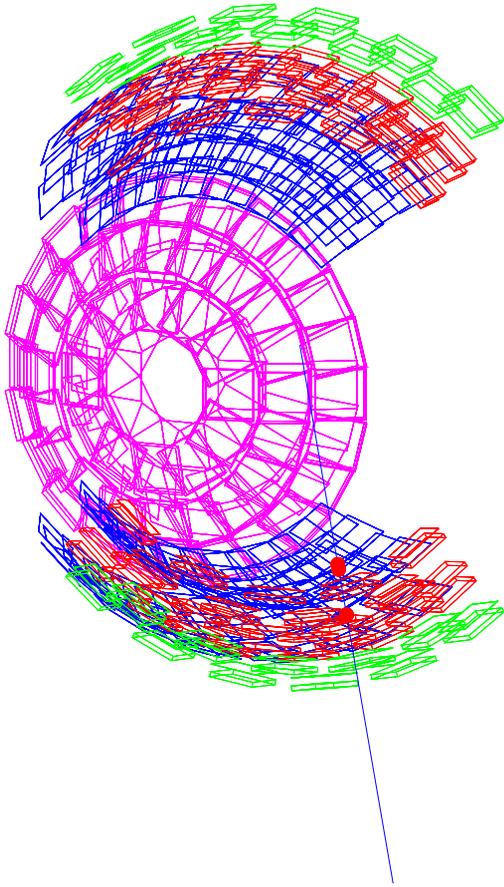
EXL Silicon Particle Array

- gas jet target
- thin window foil
- scintillator hodoscope for γ -rays and fast recoils
- silicon detectors:
 - region A
 - region B
 - region C
 - region D
 - region E



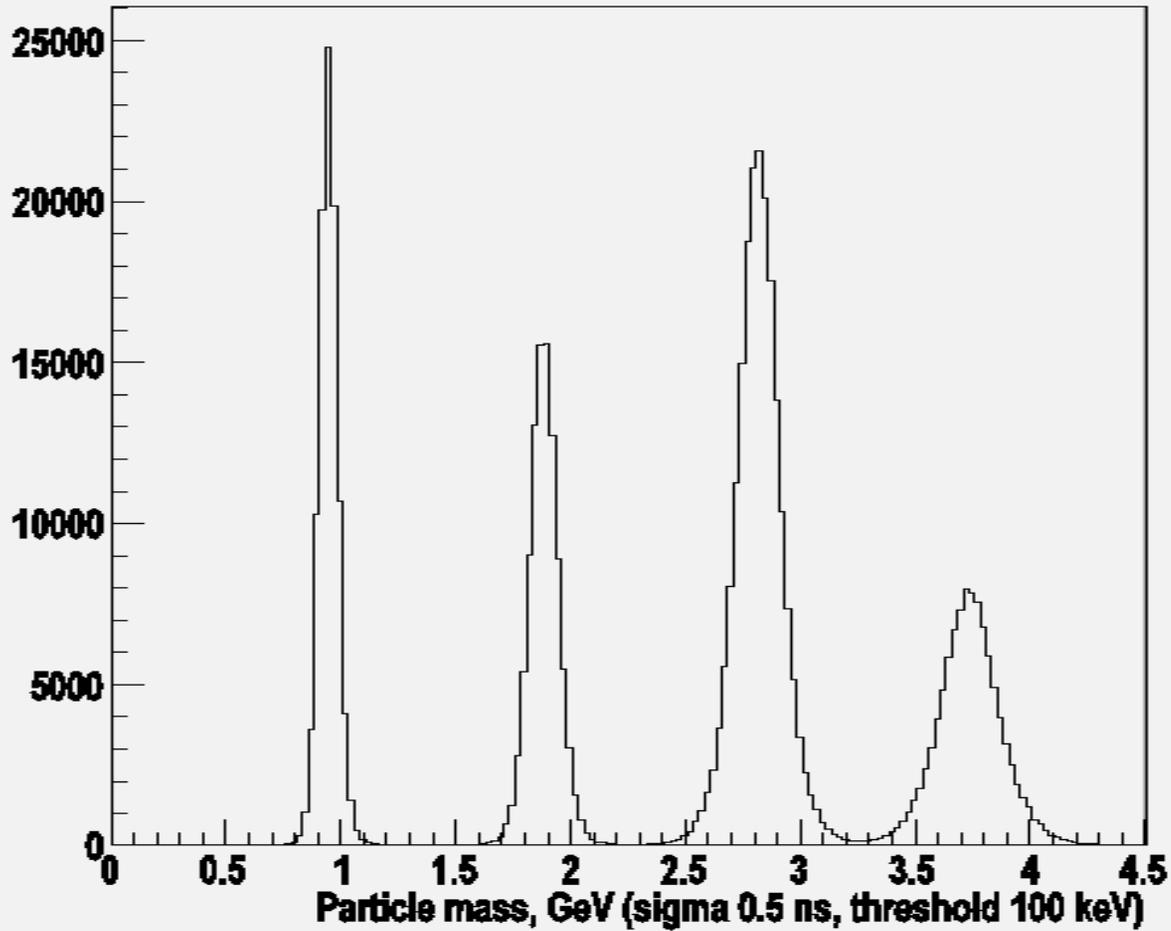


- Si, 300 μm thick, double sided, spatial resolution better than 500 μm in X and Y, $\Delta E \approx 30$ keV (FWHM)
- Si, ≤ 100 μm thick, double sided, spatial resolution better than 100 μm in X and Y, $\Delta E \approx 30$ keV (FWHM)
- Si(Li), 9 mm thick, large area 100*100 mm², $\Delta E \approx 50$ keV (FWHM)
- CsI crystals, high efficiency, high resolution, 20 cm thick
- TOF resolution ≈ 1 ns (FWHM)



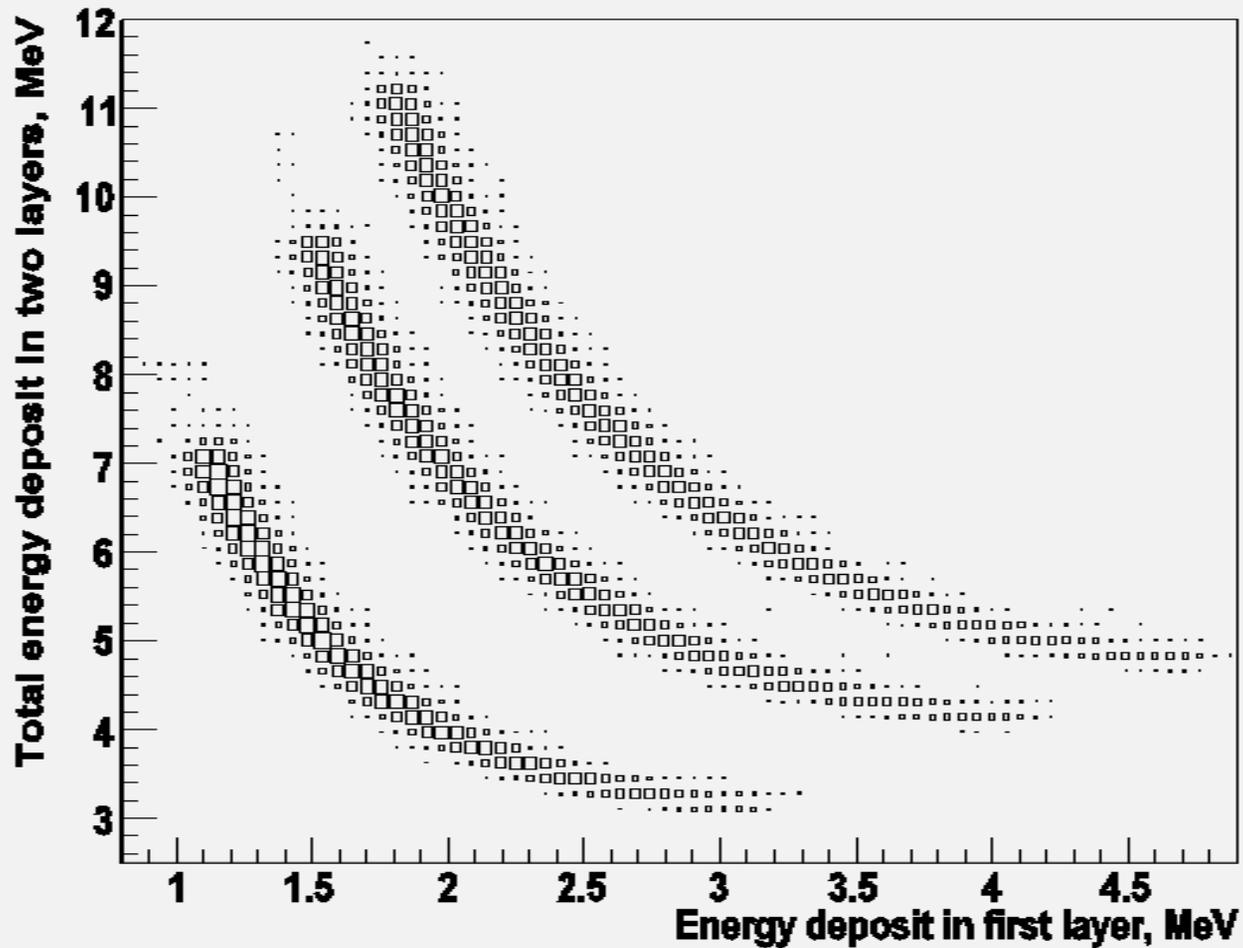
First layer – 100 μm , distance from the vertex – 480 mm.
Second layer – 300 μm .

Region C, 1 layer: protons, deuterons, tritons, He3, He4



Identification of the particles stopped in the first layer.

Region C, 2 layers: protons, deuterons, tritons



Identification of the particles stopped in the second layer

R3B setup

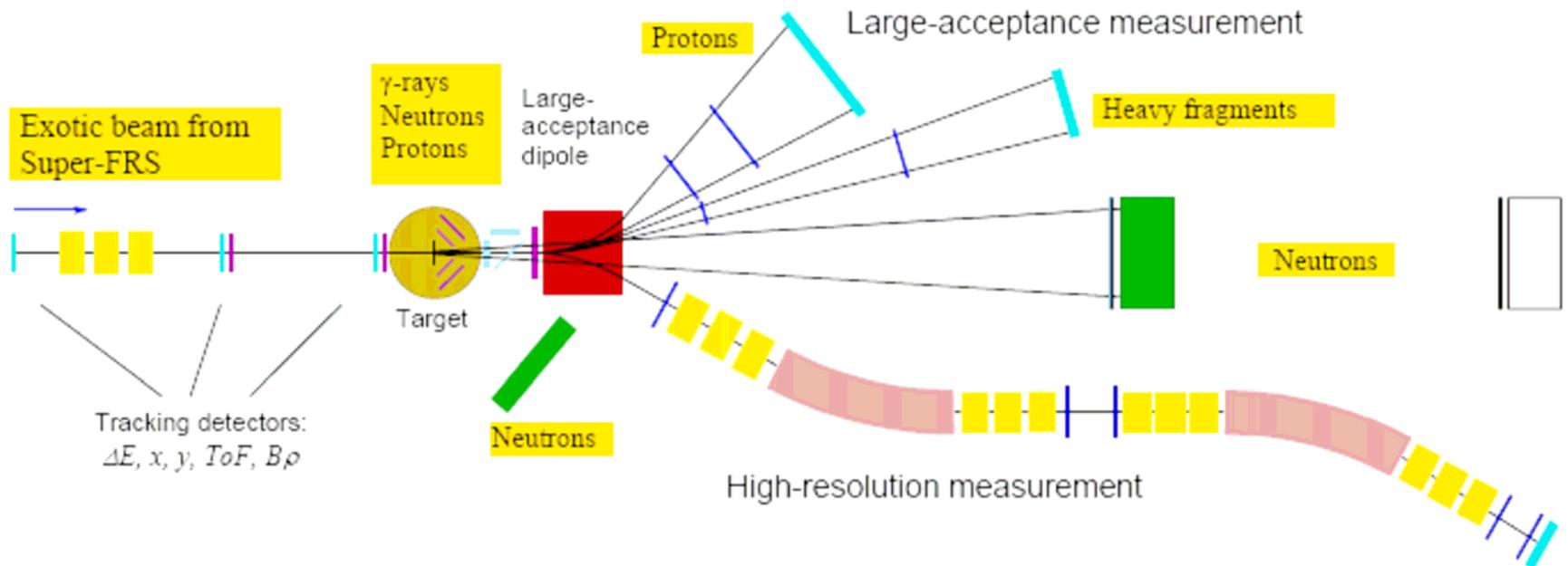
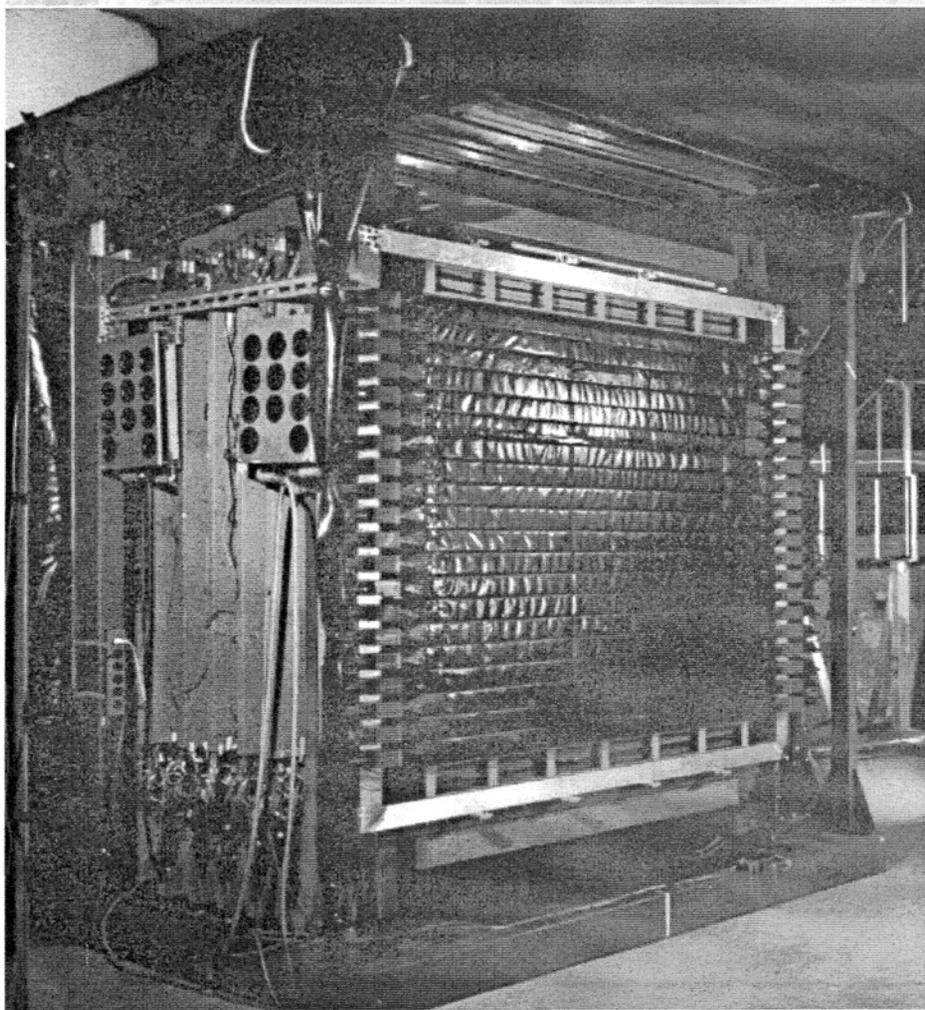


Figure 1: Schematic drawing of the experimental setup comprising γ -ray and target recoil detection, a large-acceptance dipole magnet, a high-resolution magnetic spectrometer, neutron and light-charged particle detectors, and a variety of heavy-ion detectors.

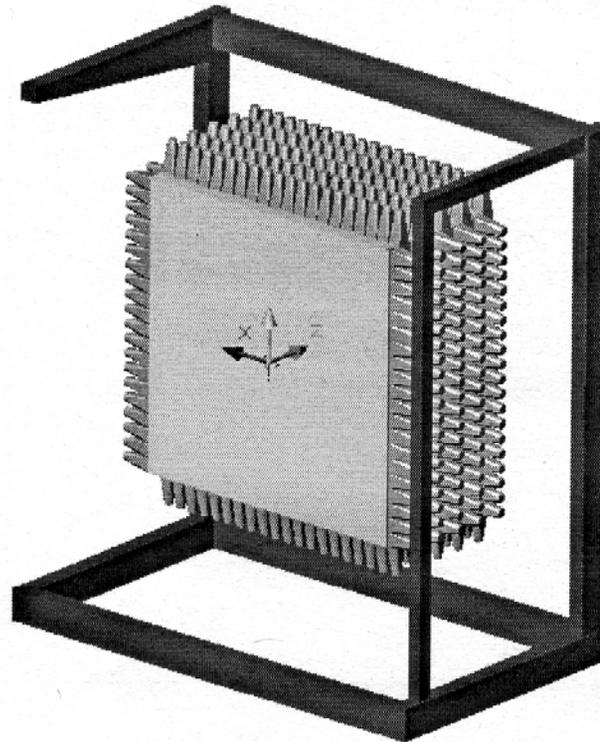


LAND – Large Area Neutron Detector

Existing LAND detector:

- $\sigma_t < 250$ ps
- $\sigma_{x,y,z} \approx 3$ cm
- Size: $2 \times 2 \times 1$ m³
- Plastic scintillator / Fe converter sandwich structure

Th. Blaich *et al.*, NIM A **314** (1992), 136



NeuLAND design goals:

- $\sigma_t < 100$ ps
- $\sigma_{x,y,z} \approx 1$ cm
- Size : approx. $2 \times 2 \times 0.8$ m³
- Efficiency $> 90\%$ for 1-n hits
- Improvement of multi-n recognition



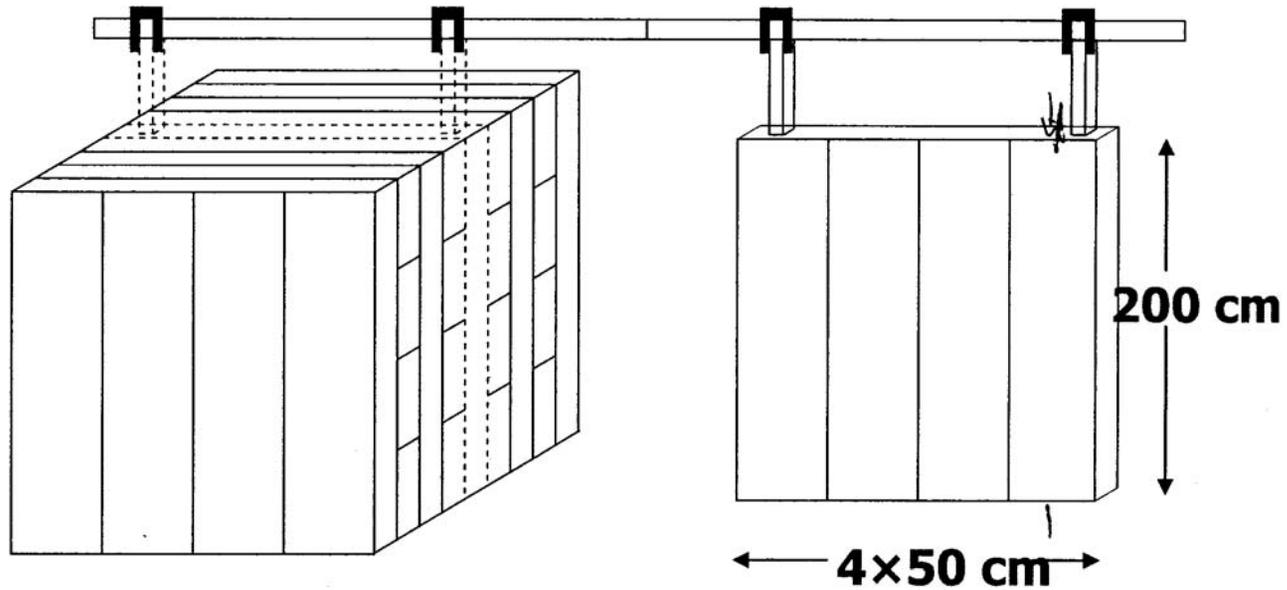
Timing RPC concept:

- Total of 140 m² RPC
- Approx. 10'000 channels
- Converter material: integrated in RPC structure



Compared to existing RPC types:

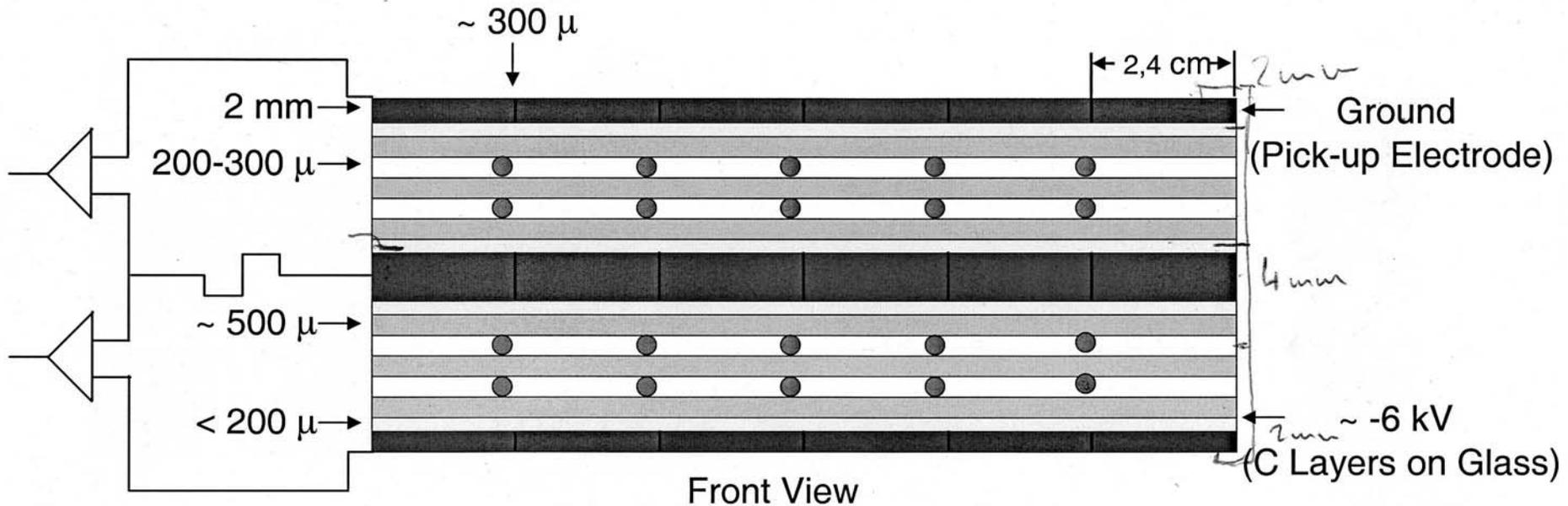
- Low count rates (< 1 Hz/cm²)
- Massive detector for higher efficiency
- Protons at various energies (non-MIPs)



- total 140 m² RPC
- approx. 10⁴ channels
- each module hanging on slide rod
- total weight app. 15 t

first test RPC – planned at GSI

detector size $20 \times 40 \text{ cm}^2$ with 8 anode strips $2.4 \times 40 \text{ cm}^2$
 converter material integrated in the detector



Fe ($\lambda_n \approx 17 \text{ cm}$)

Floating Glass ($\sim 10^{12} \Omega/\text{cm}$, $\lambda_n \approx 12 \text{ cm}$)

Glue

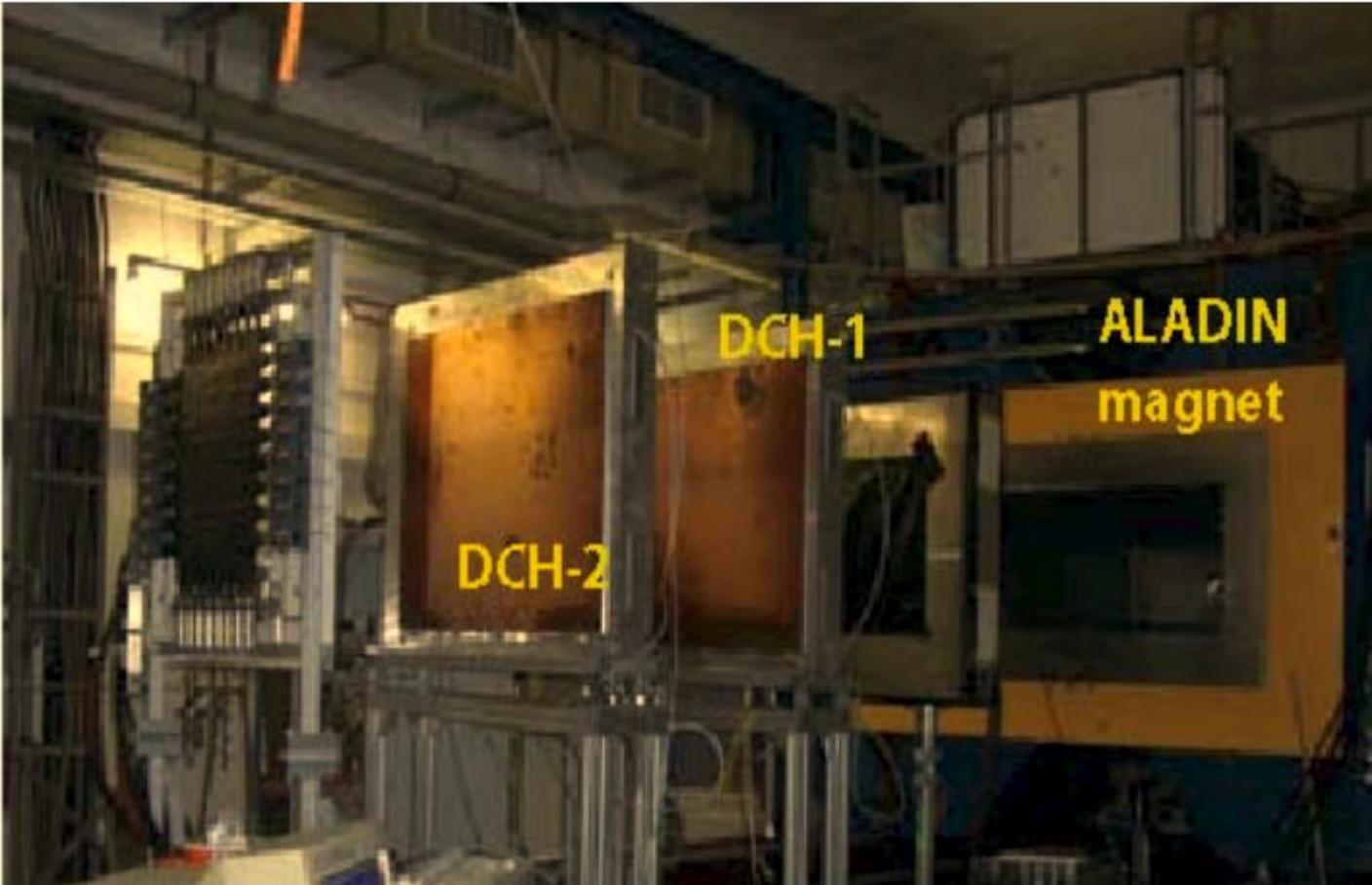
Spacer (Fishing Line)

GAS $\sim 98,5\% \text{ C}_2\text{H}_2\text{F}_4 + 1\% \text{ SF}_6 + 5\% \text{ iso} - \text{C}_4\text{H}_{10}$

Kapton

GSI

ПИЯФ уже внес свой вклад в **R3B** – две дрейфовые камеры гексагональной структуры для регистрации протонов, размером **1.2x0.8 м²**, со считывающей электроникой **CROS3**. Каждая камера имеет 2 слоя ячеек X, и два слоя Y. В настоящее время камеры успешно используются в эксперименте **LAND**.



Наши камеры – DCH1 и DCH2

Запрос на финансирование вклада оборудованием Петербургского института ядерной физики РАН в проект FAIR по эксперименту R3B (NUSTAR): нейтронный детектор на базе плоских резистивных камер RPC.

Вид работ	Разбивка объёмов работ по годам (тыс. Евро)								Итого
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
НИОКР	170	300	300						770
Изготовление (ПИЯФ)			200	600	800	270			1870
Монтаж, наладка, испытание в России					60	20			80
Доставка в Дармштадт						60			60
Монтаж на месте *)						120			120
Наладка и испытания без пучка *)							120		120
Дополнительное оборудование, инструменты, стенды	50	50							100
Всего	220	350	500	600	860	470	120		3120

*) Стоимость из расчёта 1 человеко-месяц равен 1500 – 1600 Евро

ТАБЛИЦА ПО БЛОКАМ РАБОТ (WP) УЧАСТИЯ РОССИЙСКИХ ИНСТИТУТОВ В ПРОЕКТЕ FAIR В ОБЪЕДИНЕНИИ NUSTAR.

Рассматривать совместно с FAIR Work Packages (WP).

WP	Вид работ (work package)	Поставка (узлы, системы, полностью)	Принимаемое обязательство в рамках <i>in kind contributions</i> , количество (Указать % от полного объема WP),	Институт исполнитель, или Консорциум, указать головное предприятие	Стоимость работы по Cost-Book (**)	Стоимость работы в ценах 2009 года (***)	Обоснование цены по каждой позиции: цена комплектующих, соисполнители, договора, монтаж, тестирование, проч. Ссылка на № листа. Цель - полная смета
1.0	Эксперименты						
1.2.5	NUSTAR, R3B						
1.2.5.1.2.5	Нейтронный времяпролетный спектрометр.	Полностью	100%	ПИЯФ	2 500 к€	3120 к€ 112320 тыс. руб.	Лист № 1
1.2.5.1.2.1	Трековые детекторы.	Полностью	43% (*) Пропорциональные многопроволочные камеры.	ПИЯФ	370 к€	160 к€ 5760 тыс. руб.	Лист № 2

1.2.9	NUSTAR, EXL						
1.2.9.4.2	Фаза 2. Нейтронный спектрометр на основе плоских резистивных камер.	Полностью	100%	ПИЯФ	2 500 к€	2950 к€ 106200 тыс. руб.	Лист № 4.
1.2.9.3.1	Сборка кремниевых детекторов (спектрометр ESPA).	Полностью	12% (*) Толстые литий- дрейфовые детекторы	ПИЯФ	7200 к€	1000 к€ 36000 тыс. руб.	Лист № 6
1.2.9.4.1	Передний детектор быстрых частиц. Фаза 1.	Полностью	80% (*) Пропорциональные многопроволочные камеры	ПИЯФ	200 к€	160 к€ 57600 тыс. руб.	Лист № 8

1.2.3	NUSTAR, MATS						
1.2.3.6	Ловушка Пеннинга.	Системы	56% (*) Блок калибровки масс одиночных ионов.	ПИЯФ	460,9 к€	254.44 к€ 9150 тыс. руб.	Лист № 9
1.2.3.8	Детекторы распада.	Блоки	50% (*) Детекторы для спектрометрии медленных заряженных частиц	ПИЯФ	308,7 к€	155 к€ 5580 тыс. руб.	Лист № 10
1.2.6	NUSTAR, ILIMA						
1.2.6.5	Детекторы продуктов распада.	Полностью	100%	ПИЯФ	188 к€	220 к€ 7920 тыс. руб.	Лист № 11

