

FAIR, NUSTAR, R3B + EXL

FAIR – Facility for Antiproton and Ion Research

NUSTAR – Nuclear Structure, Astrophysics, and Reactions

NUSTAR:

HISPEC-DESPEC – High-Resolution In-Flight and Decay Spectroscopy

ILIMA - Schottky and Isochronos mass spectroscopy

MATS - Mass measurements with a Penning Trap

LASPEC – Laser Spectroscopy investigations

ELISE – Electron scattering in a storage ring

AIC – Antiproton Ion Collider

R3B – Reactions with Relativistic Radioactive Beams

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

FAIR, NUSTAR, R3B + EXL

R3B – studies at external beams of nuclei

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

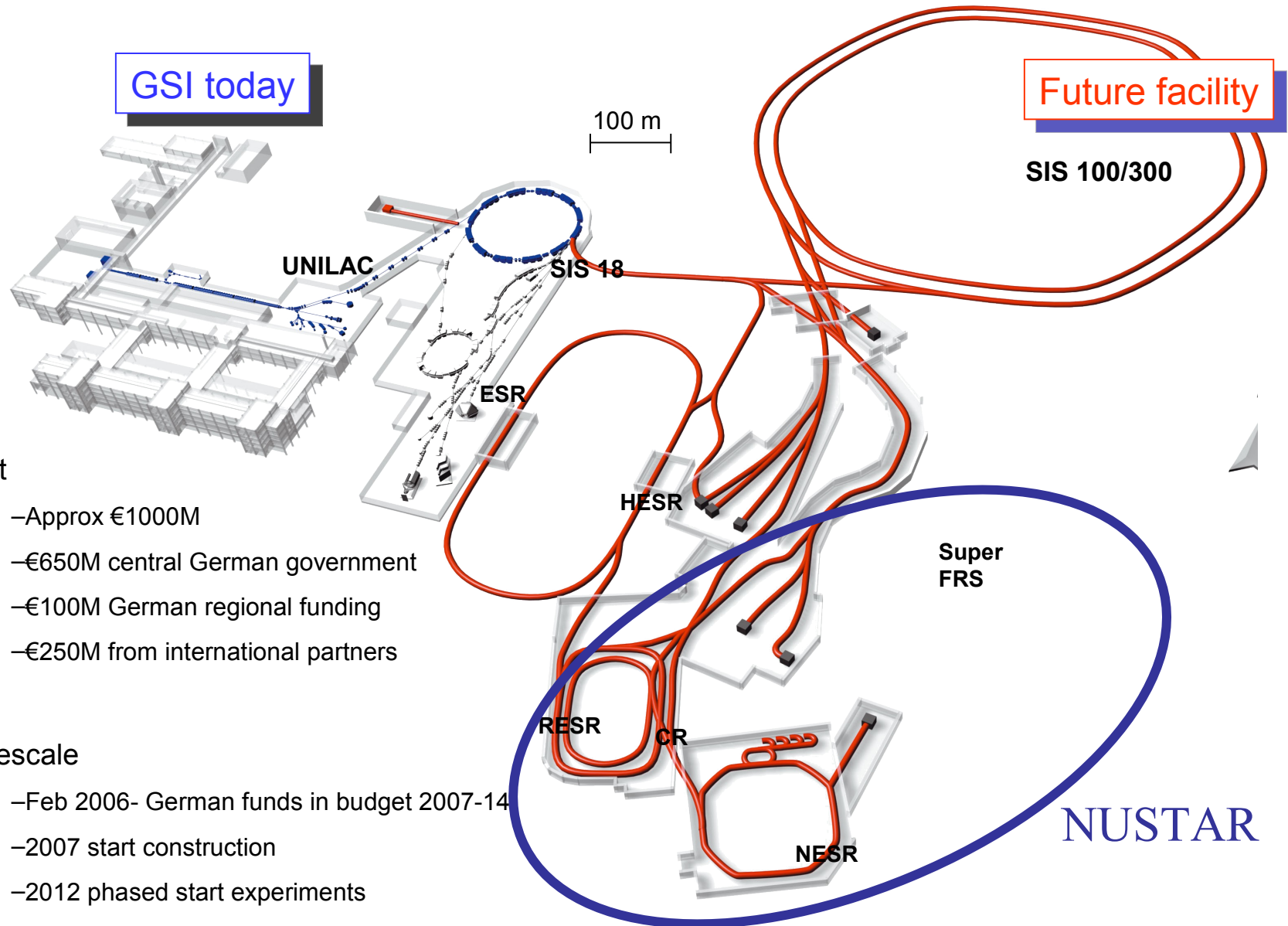
Physics goals:

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

FAIR - Facility for Antiproton and Ion Research



•Cost

- Approx €1000M
- €650M central German government
- €100M German regional funding
- €250M from international partners

•Timescale

- Feb 2006- German funds in budget 2007-14
- 2007 start construction
- 2012 phased start experiments
- 2014 completion

NUSTAR

NUSTAR facility (NUclear STructure Astrophysics and Reactions)

Exotic (radioactive) beams formed by fragmentation, selected by separator.

HiSpec : gamma spec
DeSpec : decay spec
LASPEC: laser spec
MATS: Penning traps



Pre-Separator

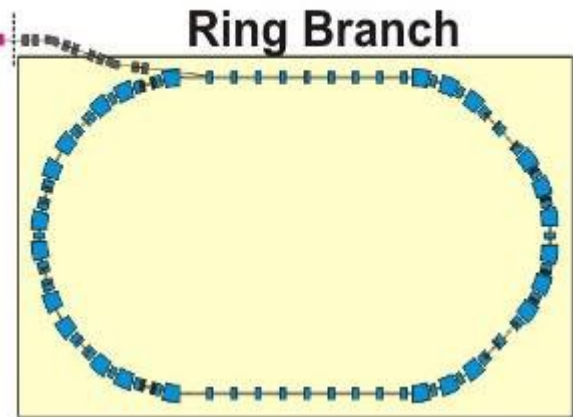
Main-Separator

High-Energy Branch

R³B: reactions

SIS-200
Production Target

100 m



Stored beam (rings):
EXL : hadron scattering
ELISE : electron scattering
AIC : antiproton scattering
ILIMA : mass spectroscopy

NESR

ELISE:

Elastic and inelastic electron scattering
(charge distributions, giant resonances)

AIC:

Antiproton annihilation on nuclear surface
(neutron skin thickness)

EXL:

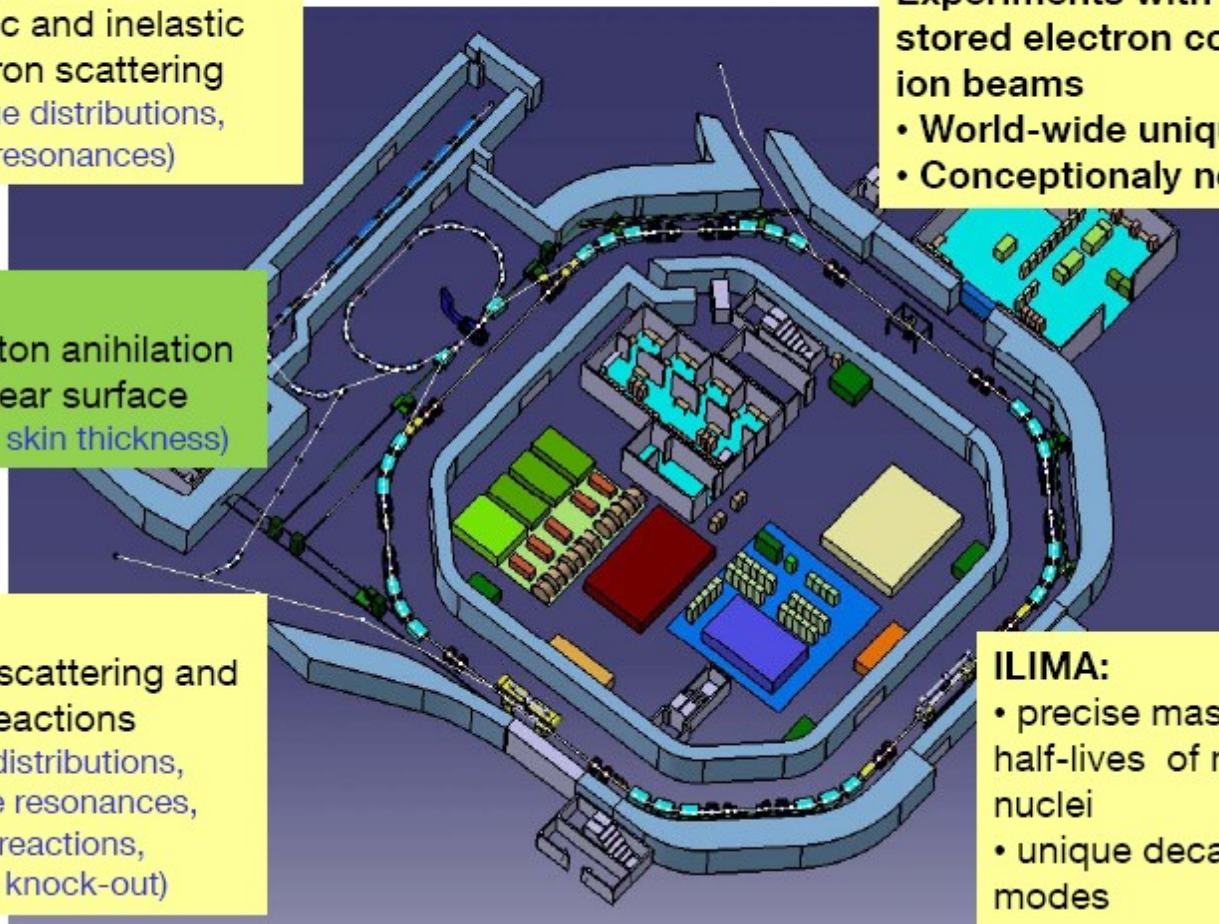
Elastic scattering and low-q reactions
(matter distributions, monopole resonances, capture reactions, transfer, knock-out)

Experiments with stored electron cooled ion beams

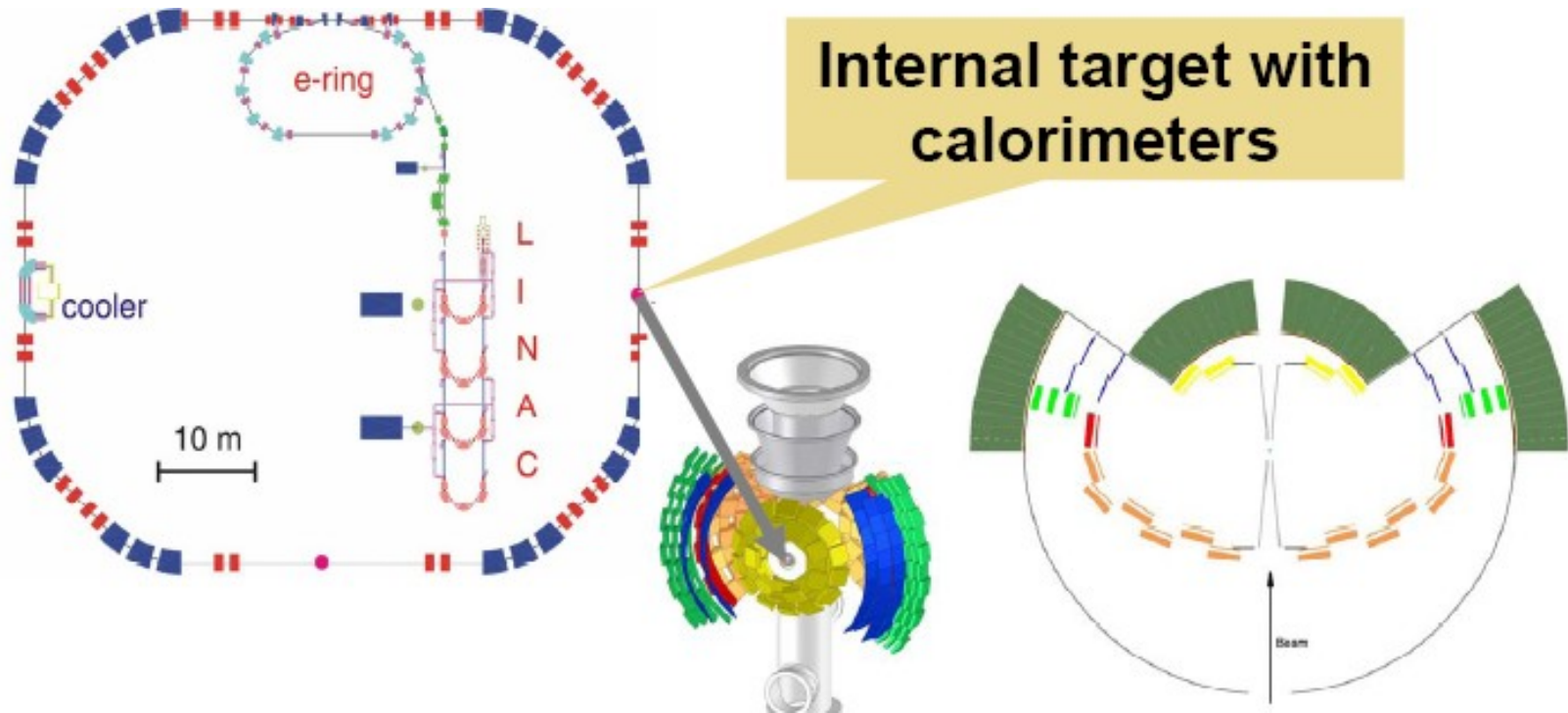
- World-wide unique
- Conceptionally new

ILIMA:

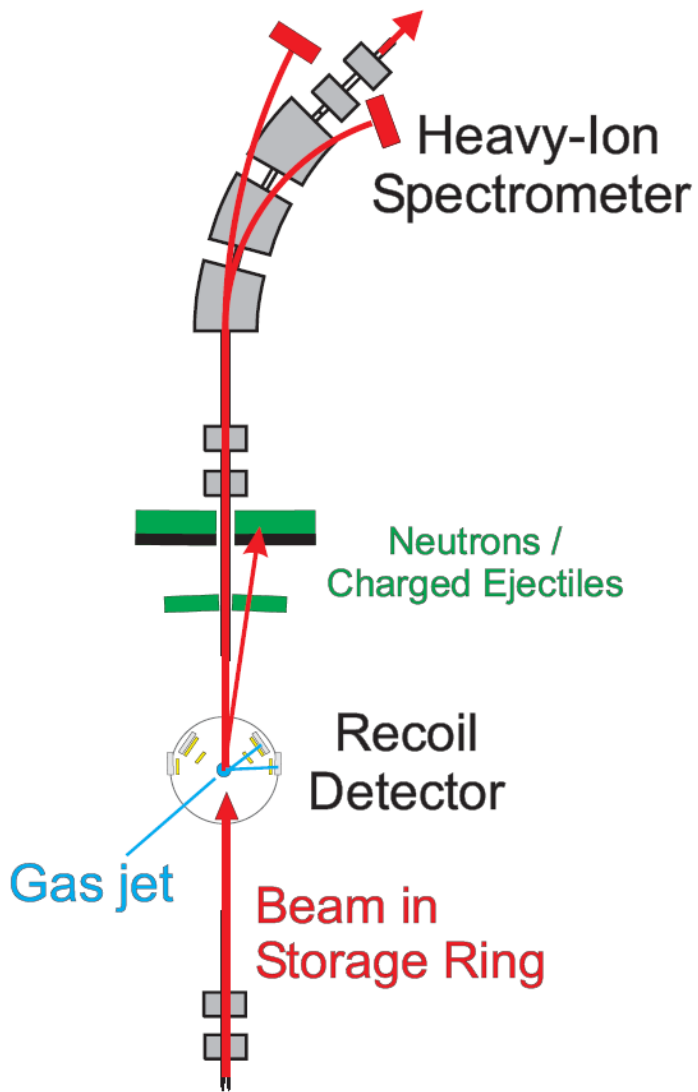
- precise masses and half-lives of many nuclei
- unique decay modes



EXL

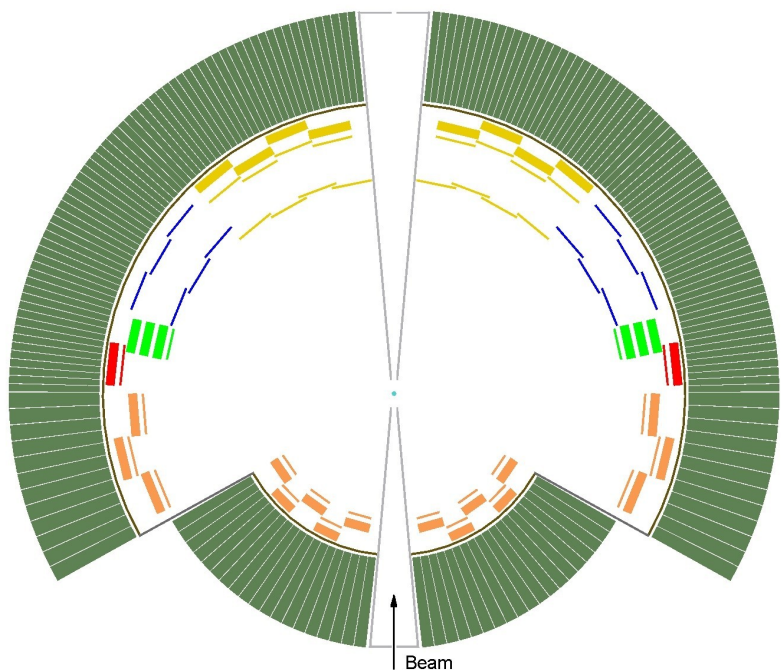


EXL setup



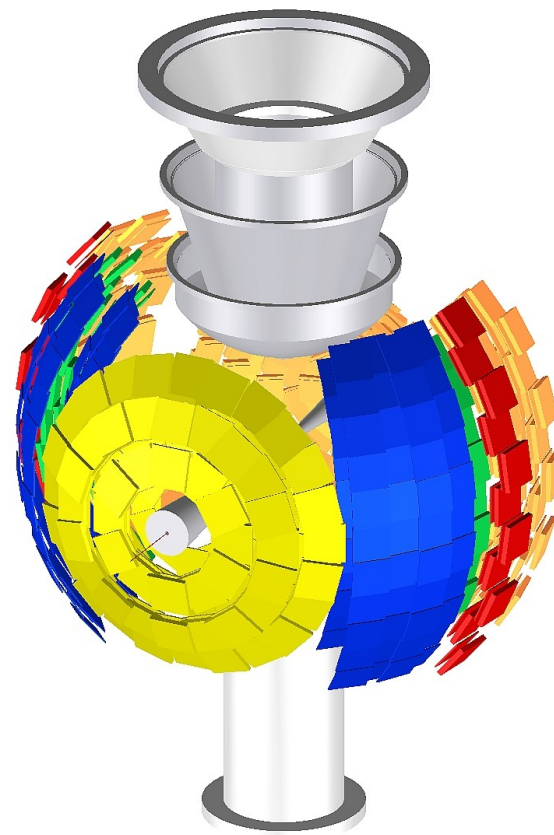
Детектор протонов (ядер) отдачи

Схематическое изображение установки EXL



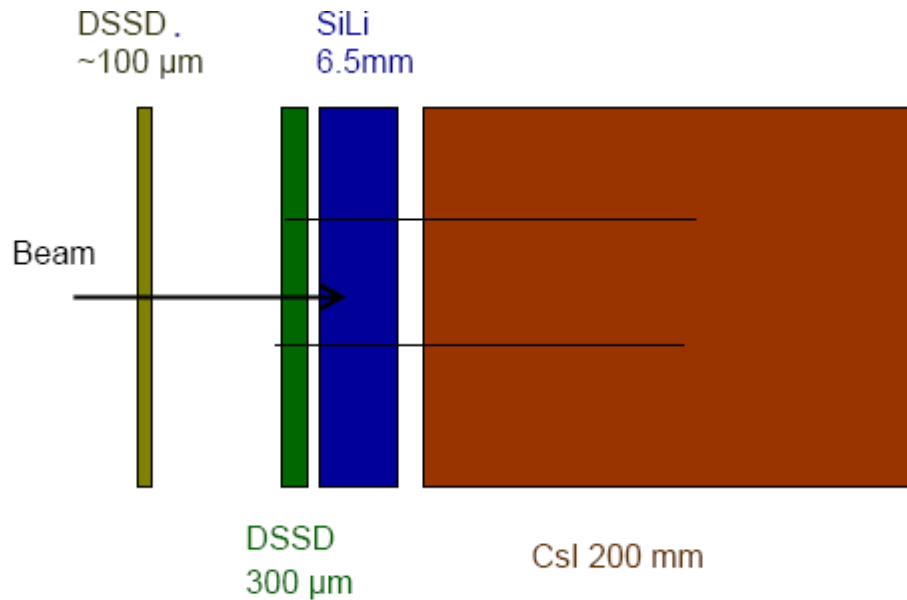
10 cm

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



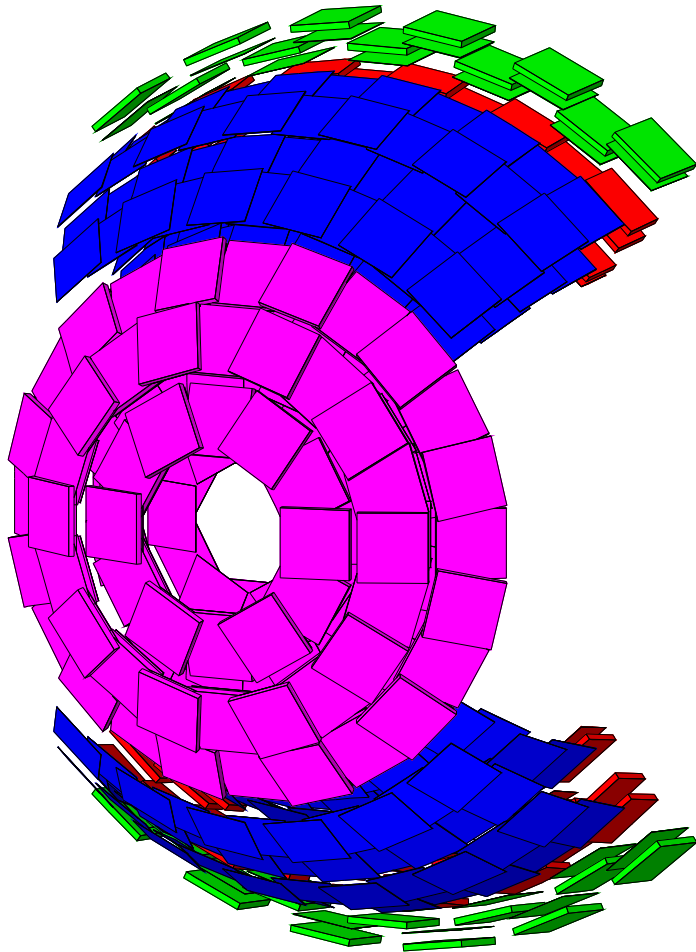
Центральное сечение детектора эксперимента EXL в горизонтальной плоскости, показывающее состав детекторов, формирующих кремниевый позиционно чувствительный спектрометр и сцинтилляционную оболочку.

Ю.К. Залите



First DSSD – e.g. $2.1 \times 2.1 \text{ cm}^2$, 0.3/1.25 mm pitch (PTI, EXL) or 0.1/0.1 mm pitch R³B
 Second DSSD – e.g. $5.2 \times 6.7 \text{ cm}^2$, 0.1/0.2 mm pitch (Micron, EXL) or 0.1/0.1 mm pitch R³B
 Si(Li) or Si – e.g. $9 \times 5 \text{ cm}^2$, 4 x 2 pads ---- EXL
 CsI – e.g. volume $3 \times 3 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm}$

(DSSD – double side silicon detector)



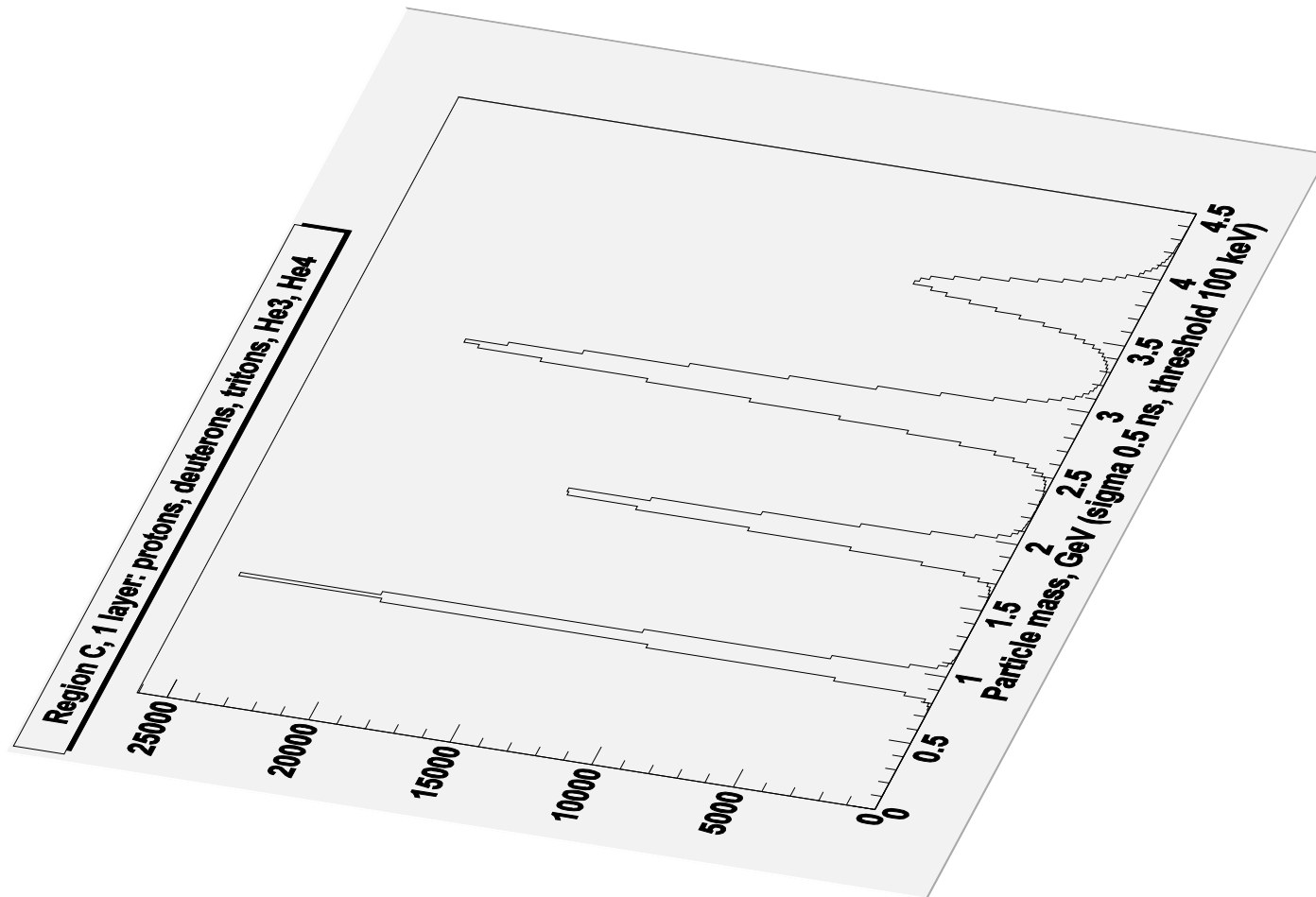
- Si, 300 μm thick, double sided, spatial resolution better than 500 μm in X and Y, $\Delta E \approx 30$ keV (FWHM)
- Si, ≤ 100 μm thick, double sided, spatial resolution better than 100 μm in X and Y, $\Delta E \approx 30$ keV (FWHM)
- Si(Li), 9 mm thick, large area 100*100 mm², $\Delta E \approx 50$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

Залите А.Ю., Залите Ю.К.

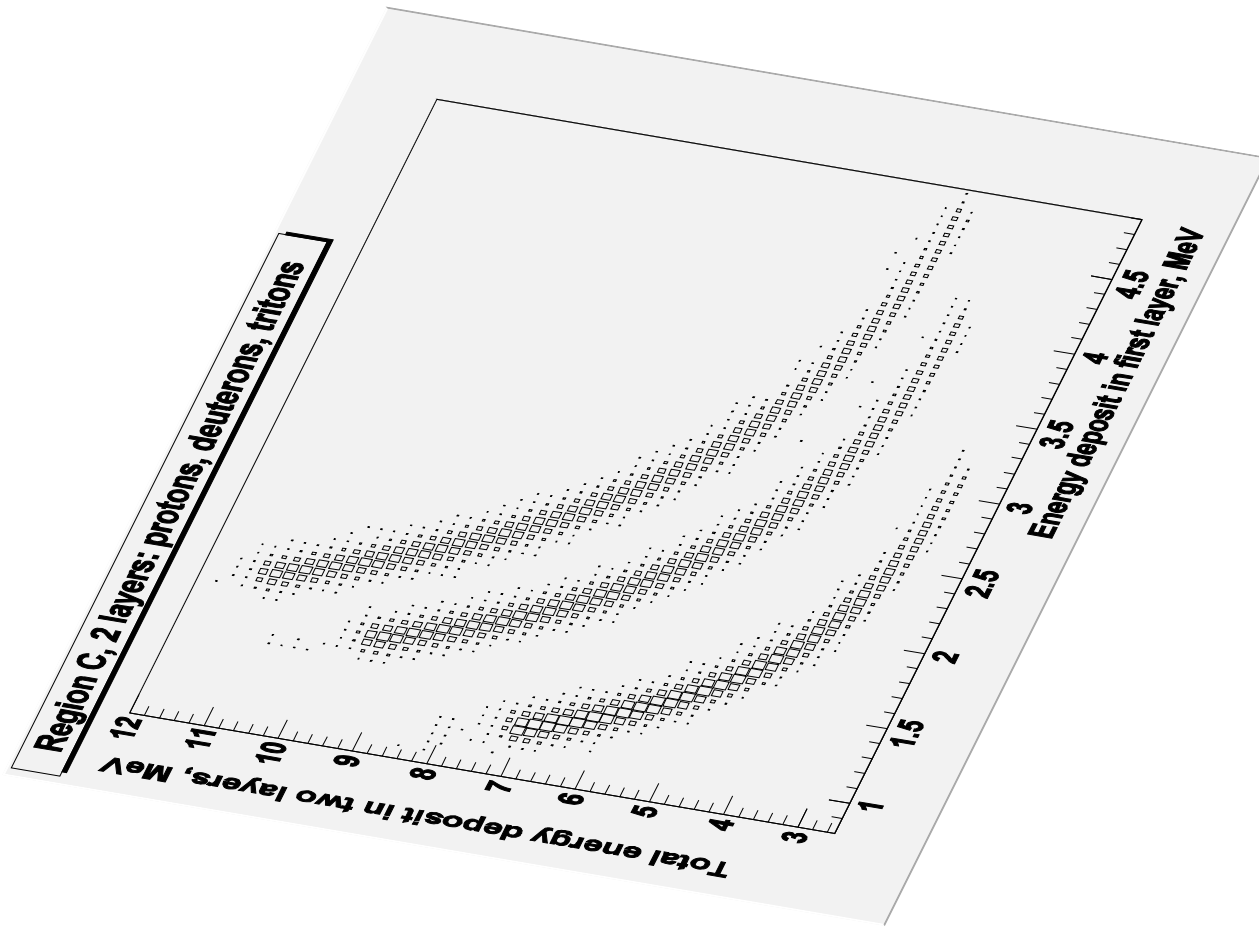
Кремниевые детекторы в эксперименте EXL (и R3B)

Назначение	Тип детектора	Технология	Новизна
100 - 1000 кэВ Позиционно чувствительная спектрометрия	150 мкм DSSD	Планарная ИИ + CVD	Аналогов нет
10 - 10мэВ Позиционно чувствительная спектрометрия	300 мкм DSSD	Планарная ИИ + 3D	Аналогов нет
10 - 100мэВ Спектрометрия	(2.5 - 3 мм) x 3 Сегментированный	Планарная ИИ	Аналогов нет
10 - 100мэВ Спектрометрия	8 мм сегментированный	Si(Li)	Аналоги существуют
Детектирующая UHV оболочка	150 мкм DSSD,	Планарная ИИ + CVD	Аналогов нет

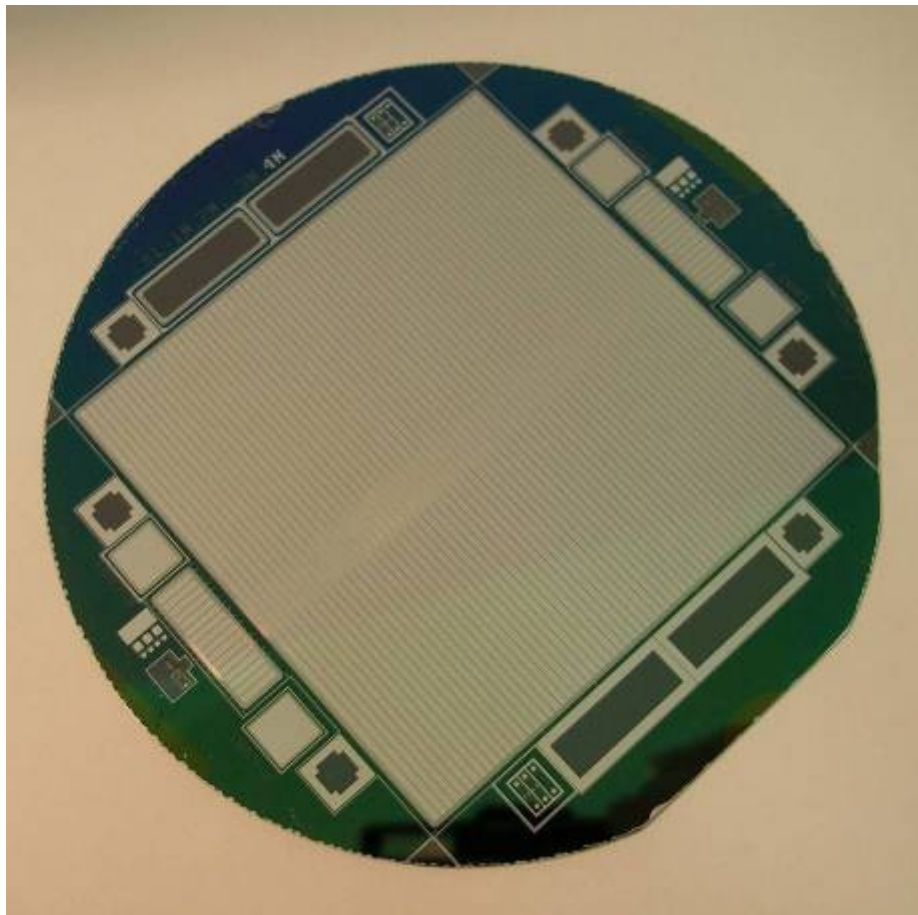
(ИИ – ионная имплантация, CVD – chemical vacuum deposition, 3D – 3-dimensional)



Identification of the particles stopped in the first layer.

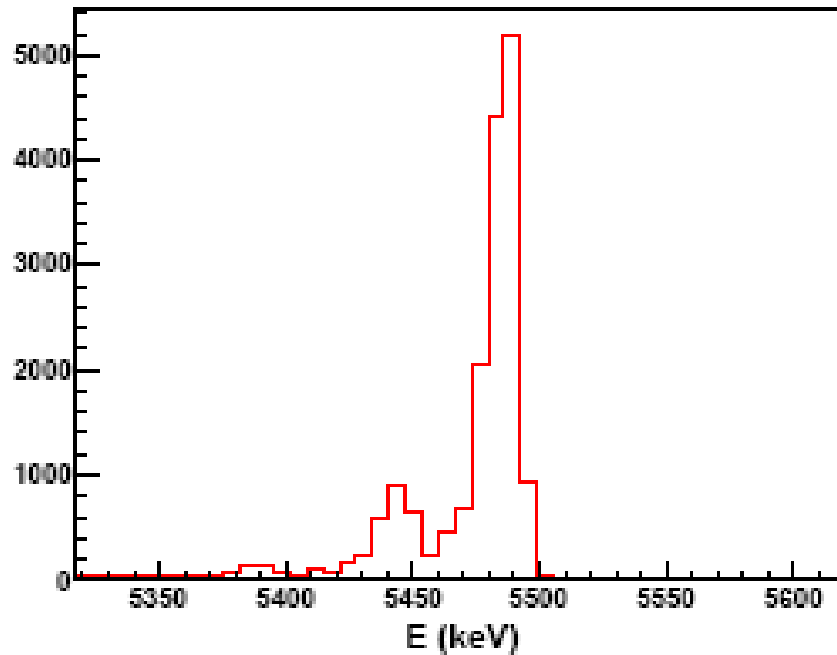


Identification of the particles stopped in the second layer

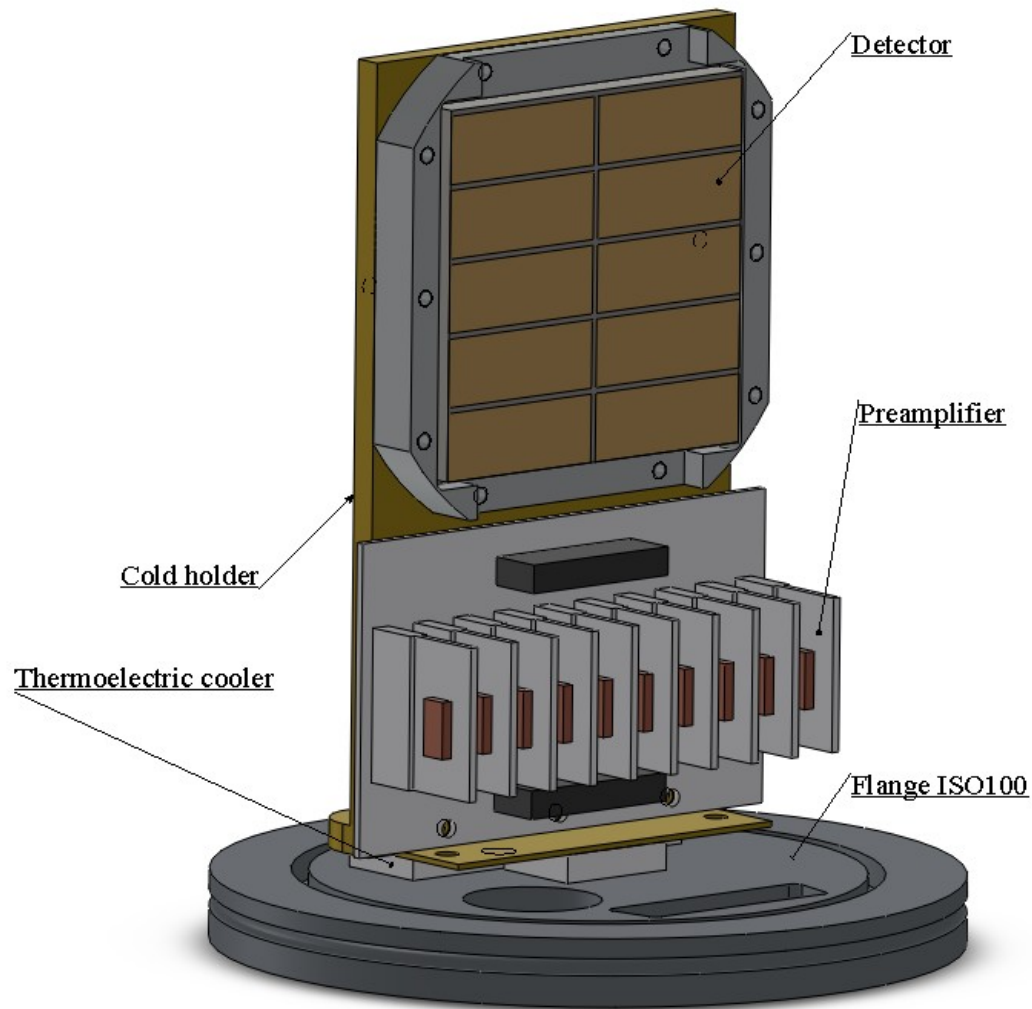


Фотография прототипа планарного сегментированного кремниевого детектора толщиной 1.5 мм (ФТИ).

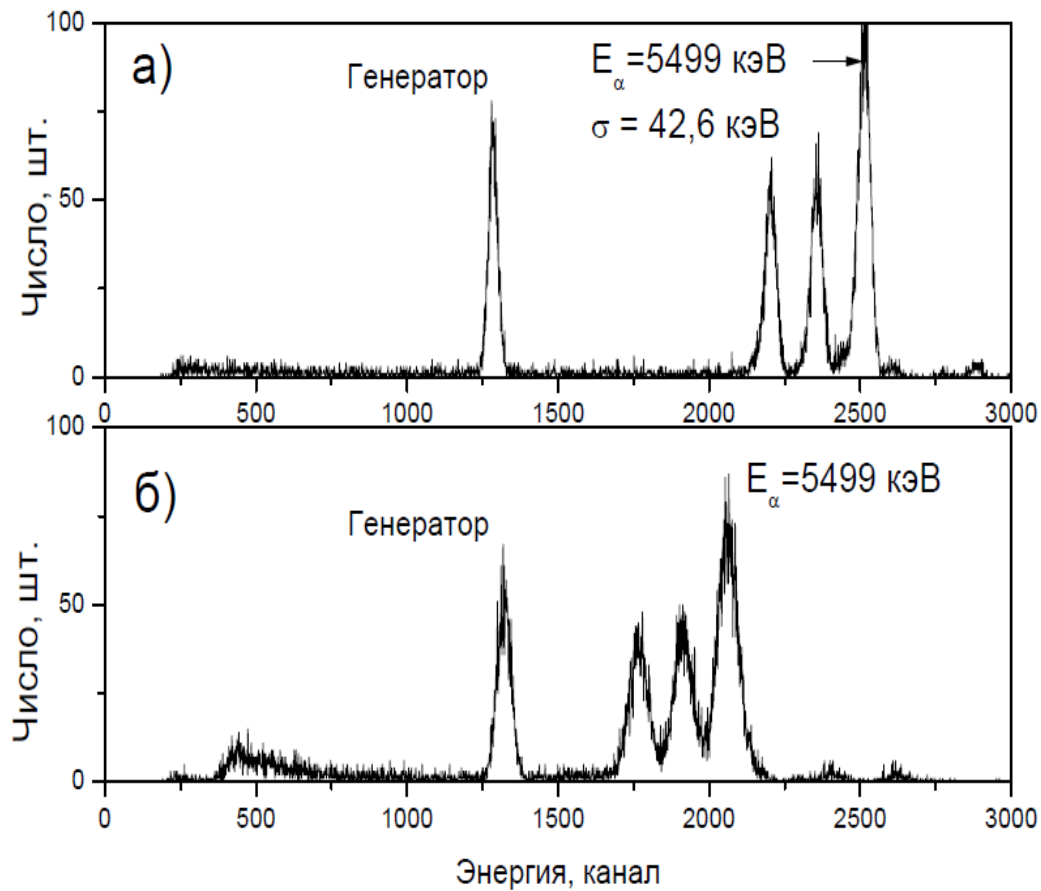
P-side Energy Spectrum



Спектр альфа частиц изотопа ^{241}Am , полученный на уменьшенном прототипе спектрометрического двухстороннего стрипового детектора, показывающий достигнутое энергетическое разрешение около 14 кэВ (ФТИ).

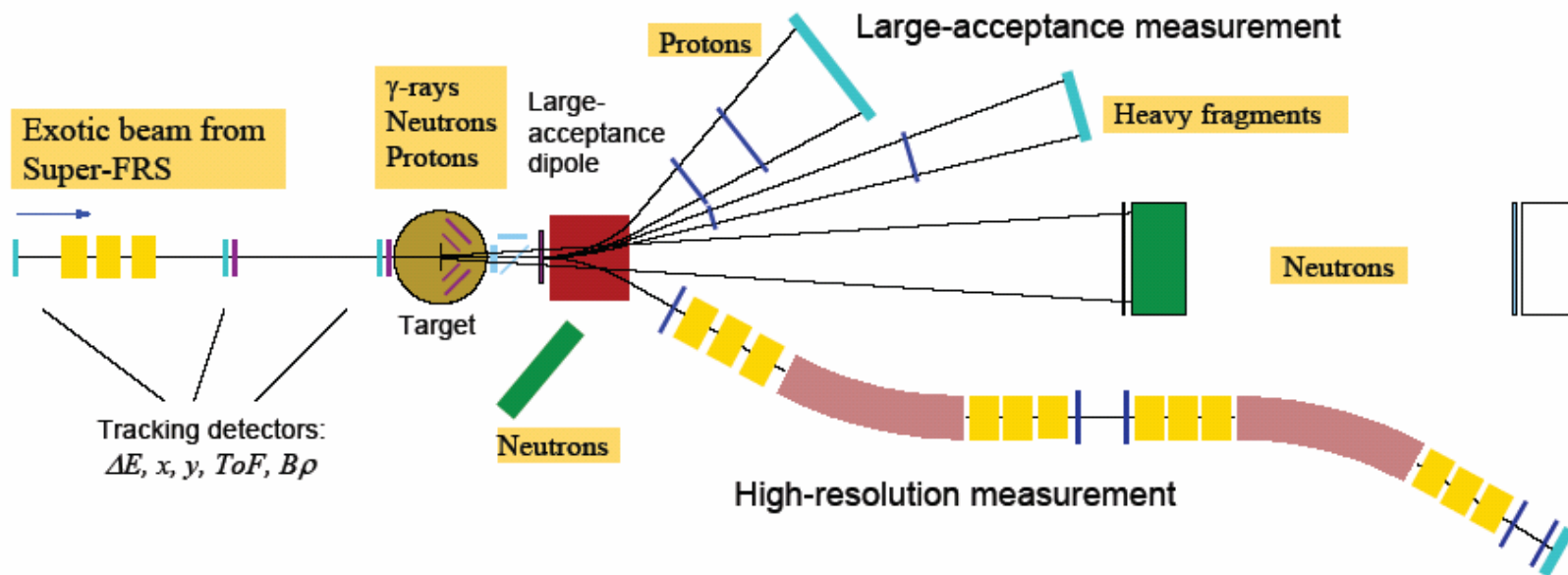


Конструкция модуля с Si(Li) детектором, изготовленным в ПИЯФ (Д.М. Селиверстов, А.Х. Хусаинов).

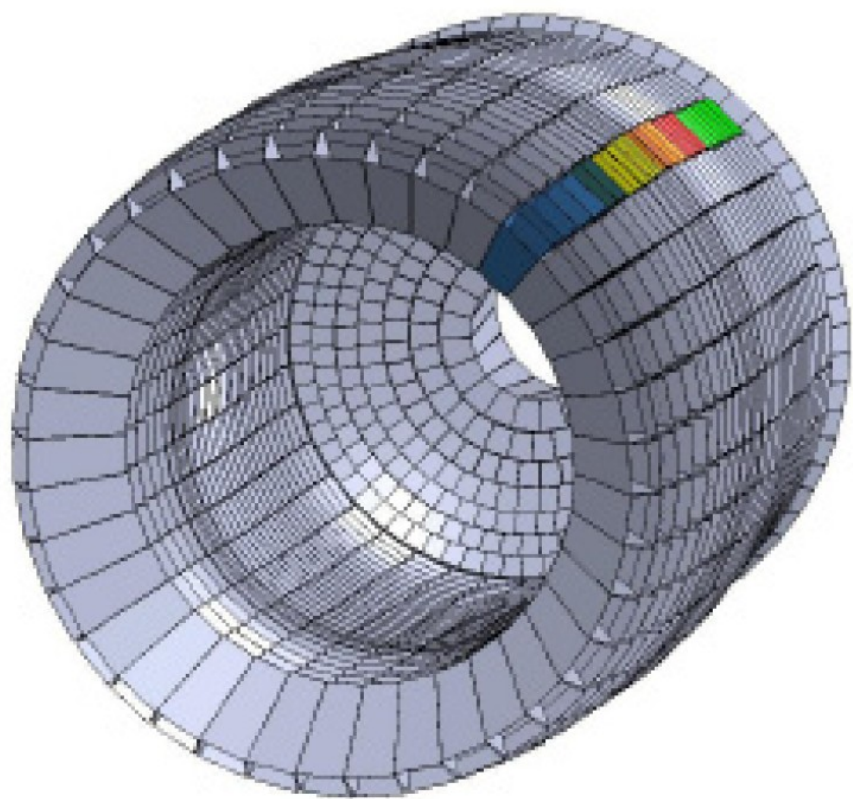


Спектр альфа источника с триплетом линий, полученный на одном из сегментов изготовленного Si(Li) детектора (ПИЯФ).

R3B setup



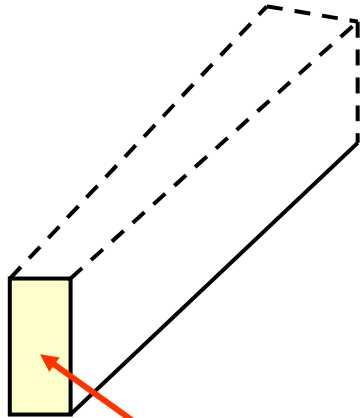
Схематическое изображение установки эксперимента R3B.



Общий вид калориметра-спектрометра CALIFA (вид по пучку) (Дубна).

Total absorption efficiency	80 % ($E_\gamma=15$ MeV lab R3B) ($E_\gamma=2-4$ MeV lab EXL)	Very large crystals
E_γ sum	$\sigma(E_{\text{sum}})/\langle E_{\text{sum}} \rangle < 10\%$	
γ Multiplicity	$\sigma(N_\gamma)/\langle N_\gamma \rangle < 10\%$	
$\Delta E/E$ for γ	2-3 %	$R(\%)=5.15/\sqrt{E_\gamma}$, MeV
$\Delta E/E$ for p (up to 300 MeV) Calorimeter for p	1 %	$R(\%)=5.1/\sqrt{E_p}$, MeV

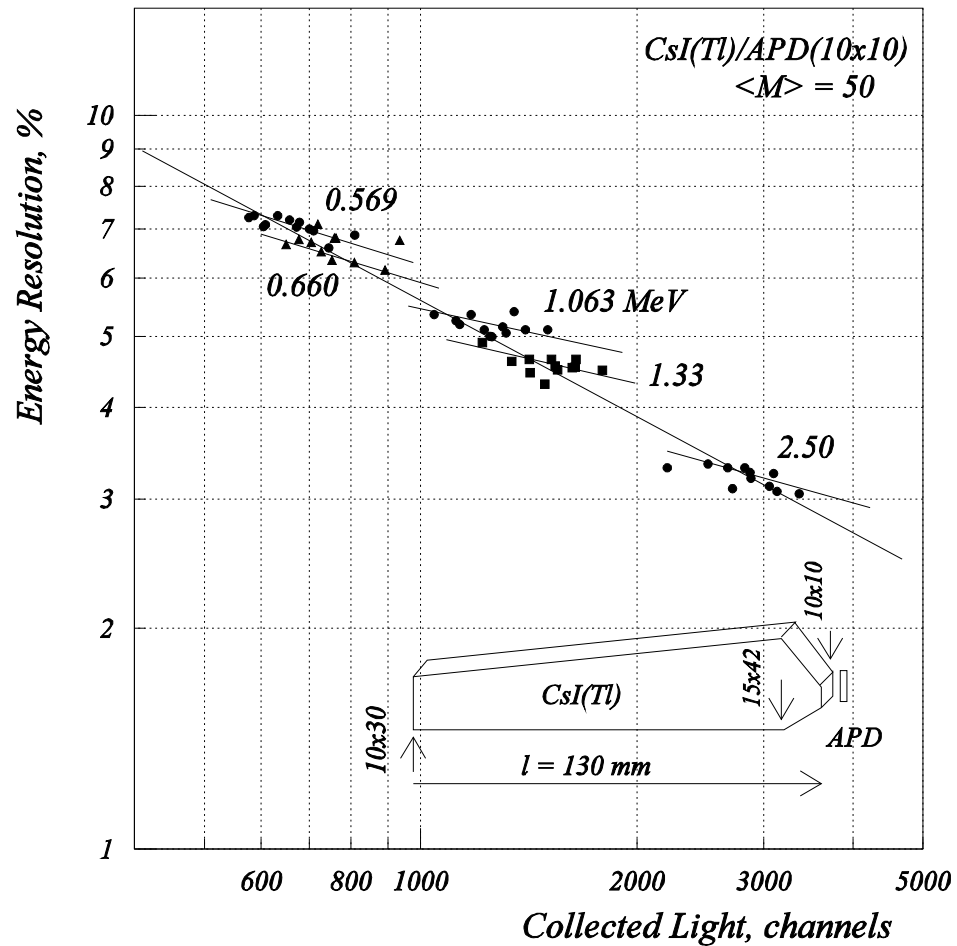
10 * 30 * 130 mm³



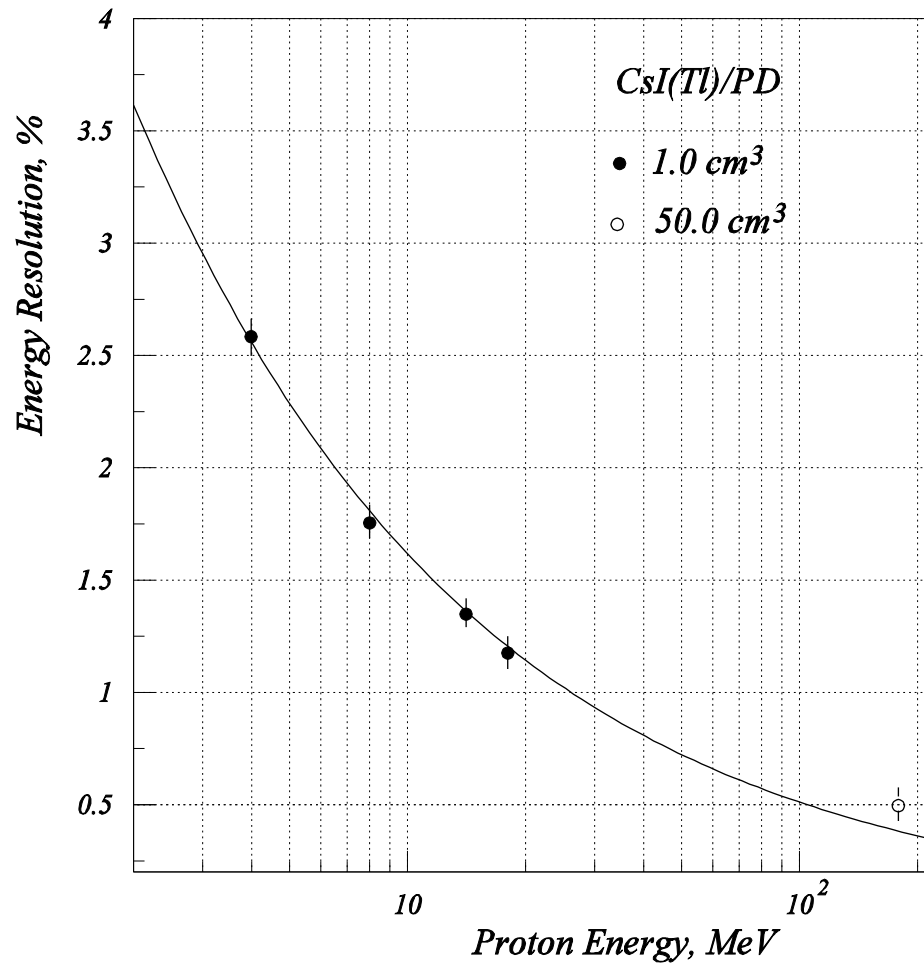
R3B
Calorimeter
element



R3B Calorimeter Demonstrator: 15 CsI(Tl) elements

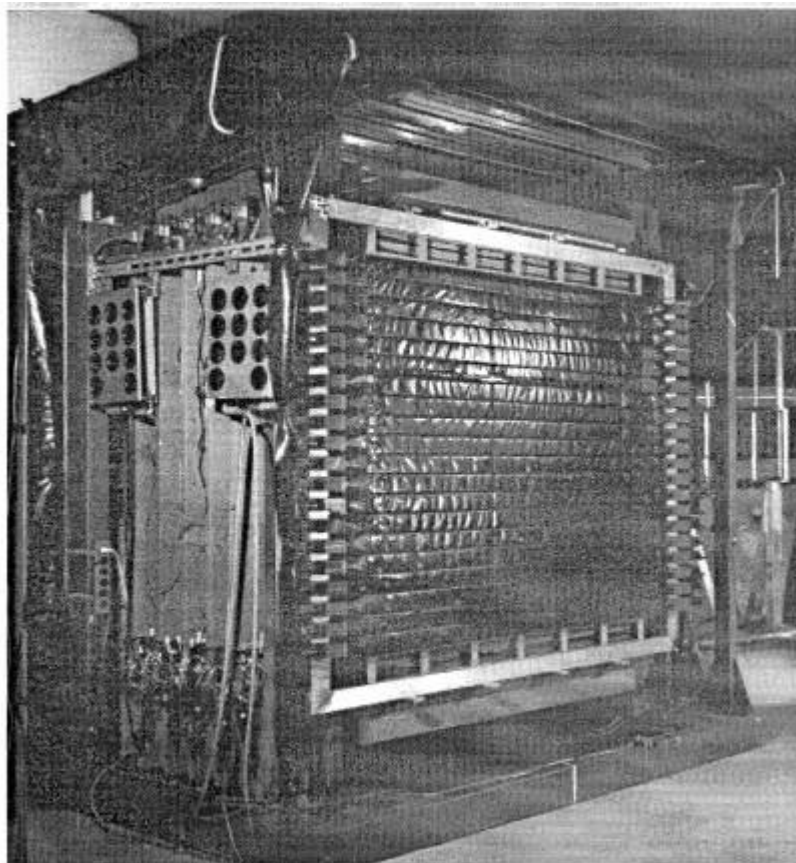


Энергетическое разрешение CsI(Tl)/ЛФ элементов для γ -излучения с энергией 0.57 – 2.50 МэВ.
 На рисунке изображена также геометрия отдельного кристалла.



Энергетическое разрешение CsI(Tl)/ФЭУ элементов объемом 1 cm^3 и 50 cm^3 для протонов в зависимости от их энергии.

NeuLAND – детектор быстрых нейтронов

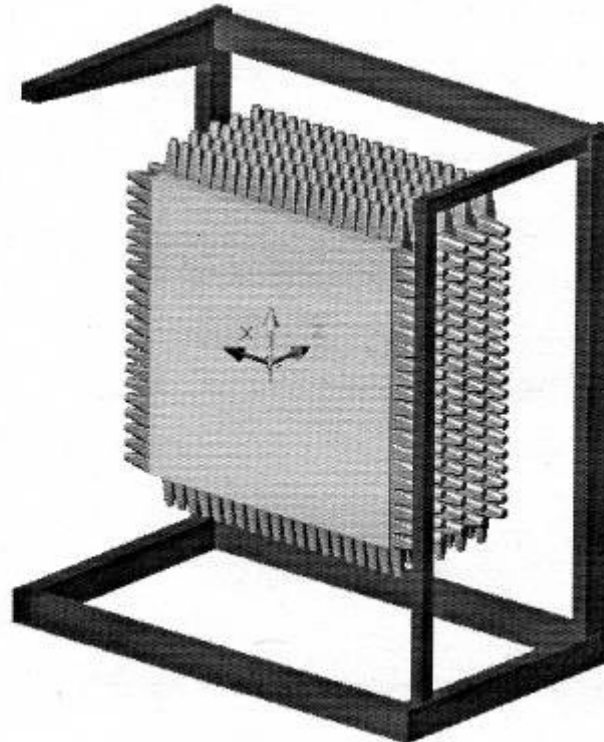


LAND – Large Area Neutron Detector

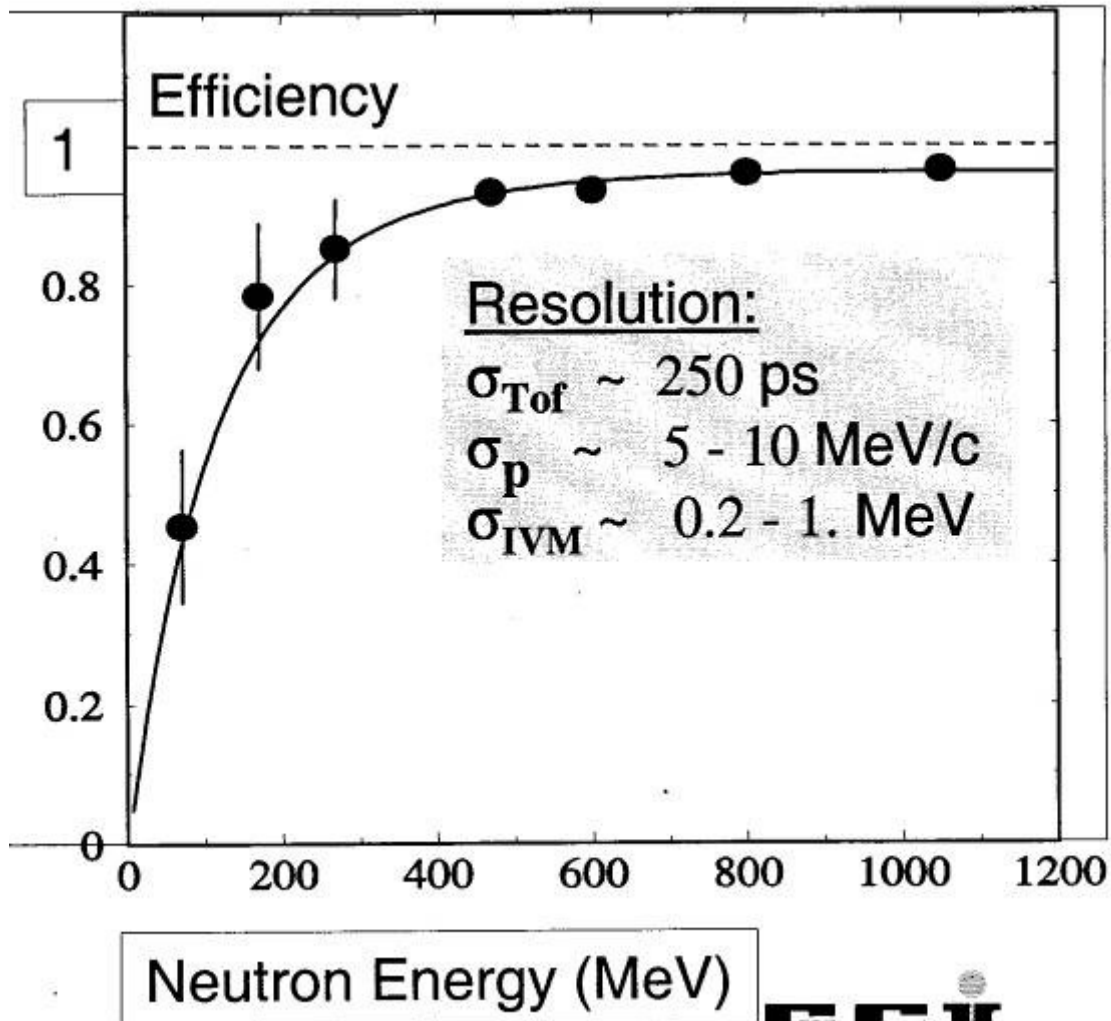
Existing LAND detector:

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

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



Land efficiency



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



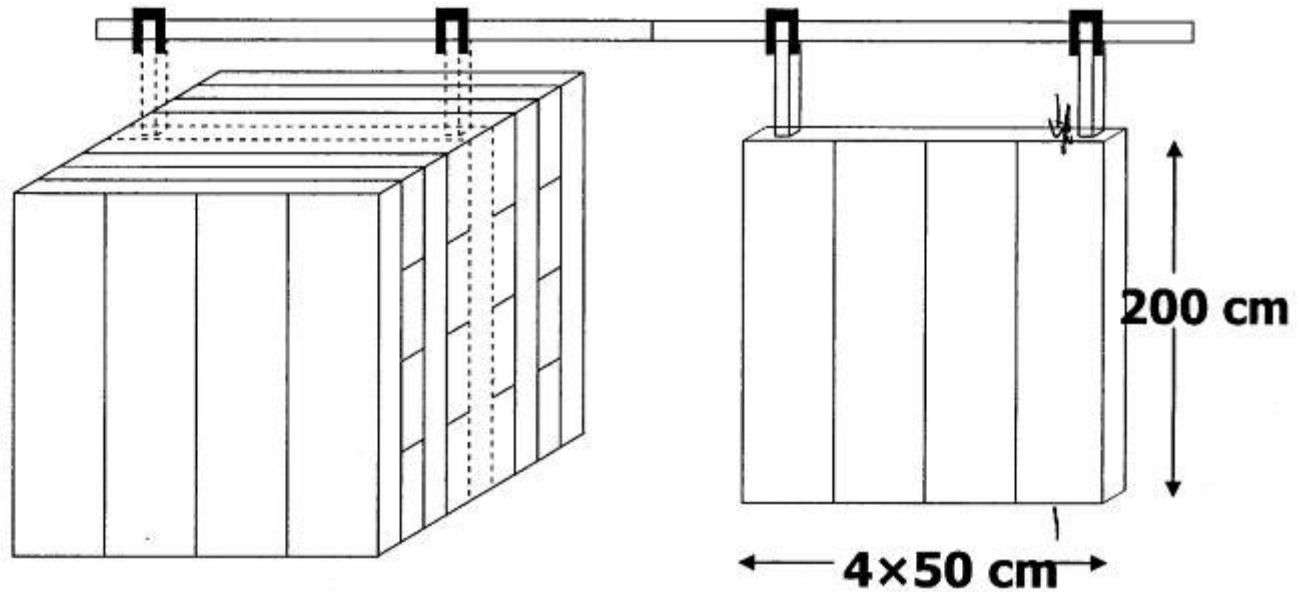
Timing RPC concept:

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



Compared to existing RPC types:

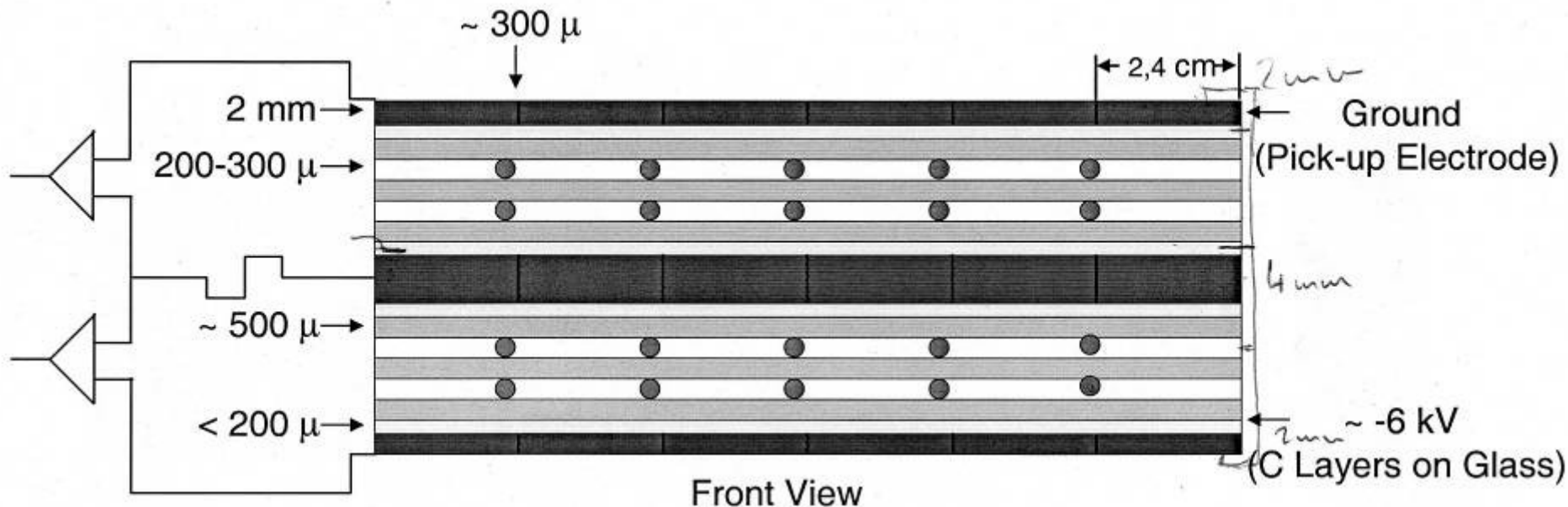
- Low count rates (< 1 Hz/cm²)
- Massive detector for higher efficiency
- Protons at various energies (non-MIPs)



- 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

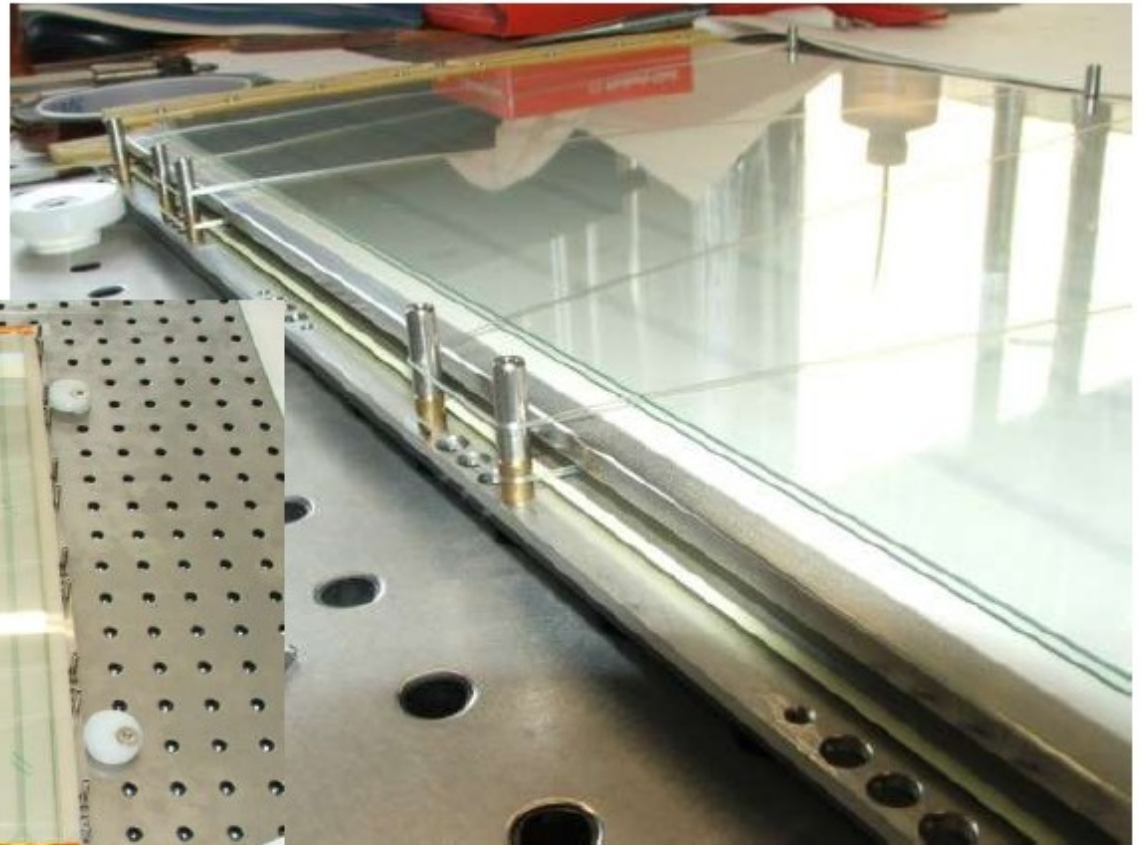
■ Spacer (Fishing Line)

□ GAS ~ 98,5% $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ + 1% SF_6 + 5% iso - C_4H_{10}

□ Kapton

GSI

MRPC prototype developed and built at FZD: stack of glass plates



Новый вариант детектора:

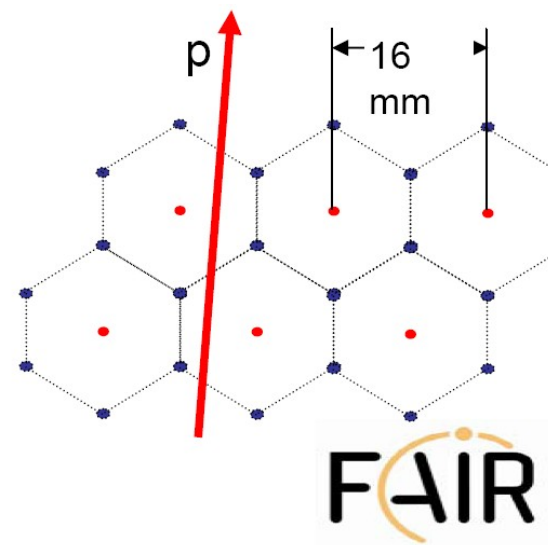
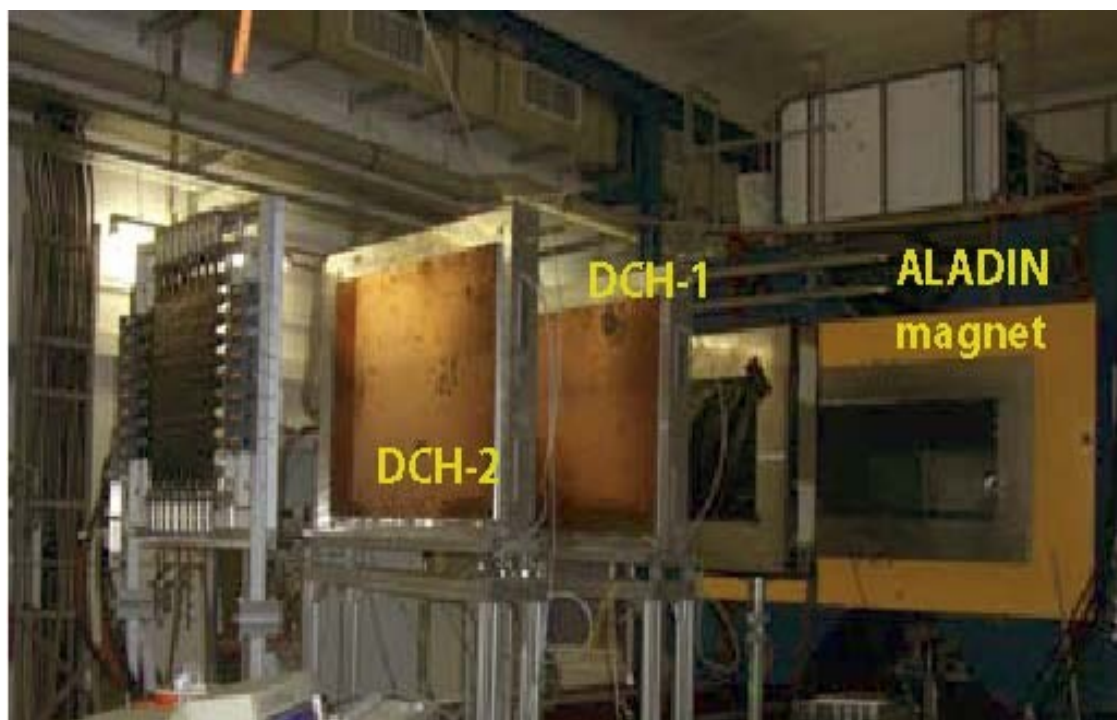
с использованием сцинтилляционных детекторов,
но при этом без железного конвертора

Детектор состоит из пластин сцинтилляционного пластика с поперечными размерами – $5 \times 5 \text{ см}^2$, всего 1600 пластин и 3200 ФЭУ (или $3 \times 3 \text{ см}^2$, всего 4400 пластин и 8800 ФЭУ). Детектор имеет размер $2 \times 2 \times 2 \text{ м}^3$.

ПИЯФ – детекторы для R3B и EXL.

Трековые детекторы для регистрации быстрых протонов и легких заряженных фрагментов в эксперименте R3B

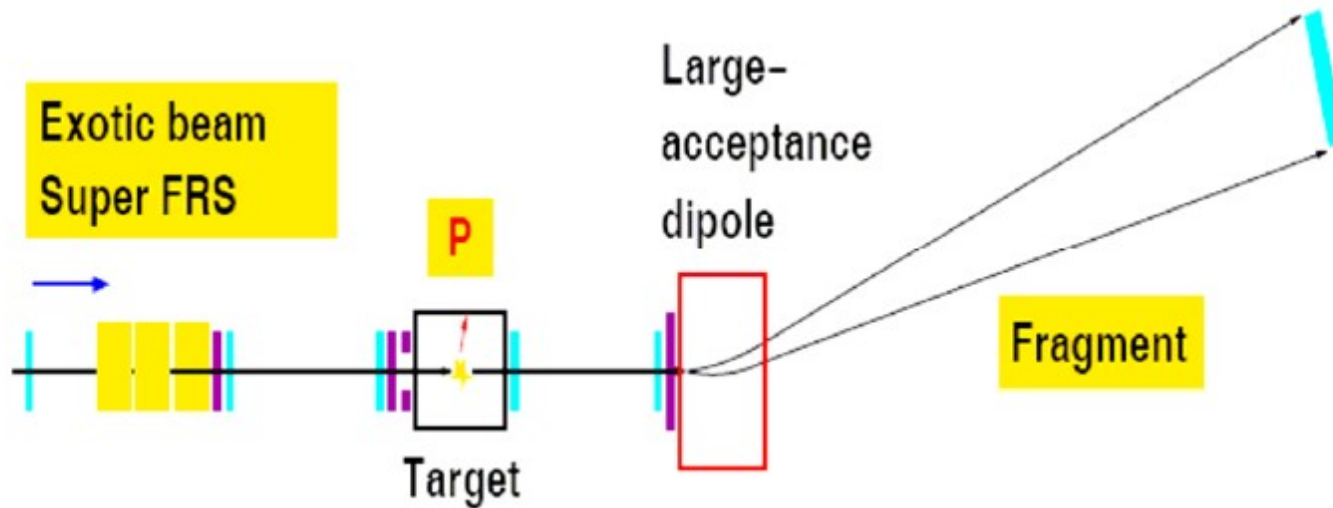
ПИЯФ уже внес свой вклад в **R3B** – две дрейфовые камеры гексагональной структуры для регистрации протонов, размером **1.2x0.8 м²**, со считывающей электроникой **CROS3**. Каждая камера имеет 2 слоя ячеек X, и два слоя Y. В настоящее время камеры успешно используются в эксперименте LAND.



Наши камеры – DCH1 и DCH2

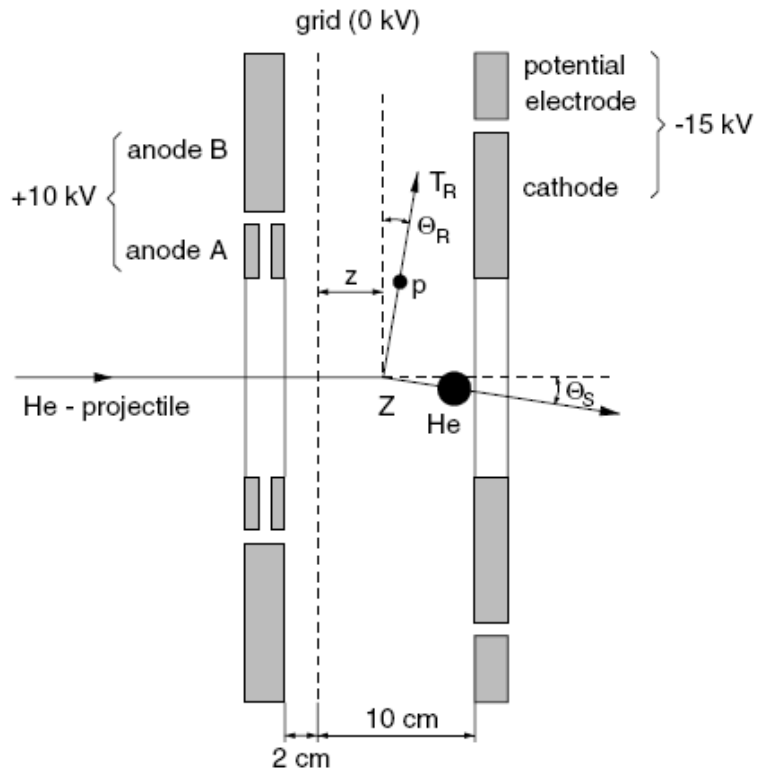
ACTAR

ACTAR at R3B

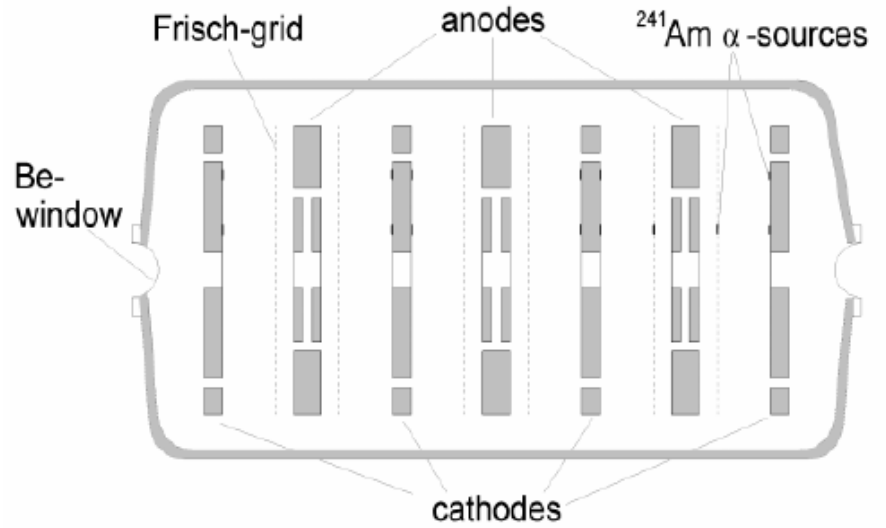


Preliminary study of $^{132}\text{Sn}(p,p)^{132}\text{Sn}$ at 700 A.MeV

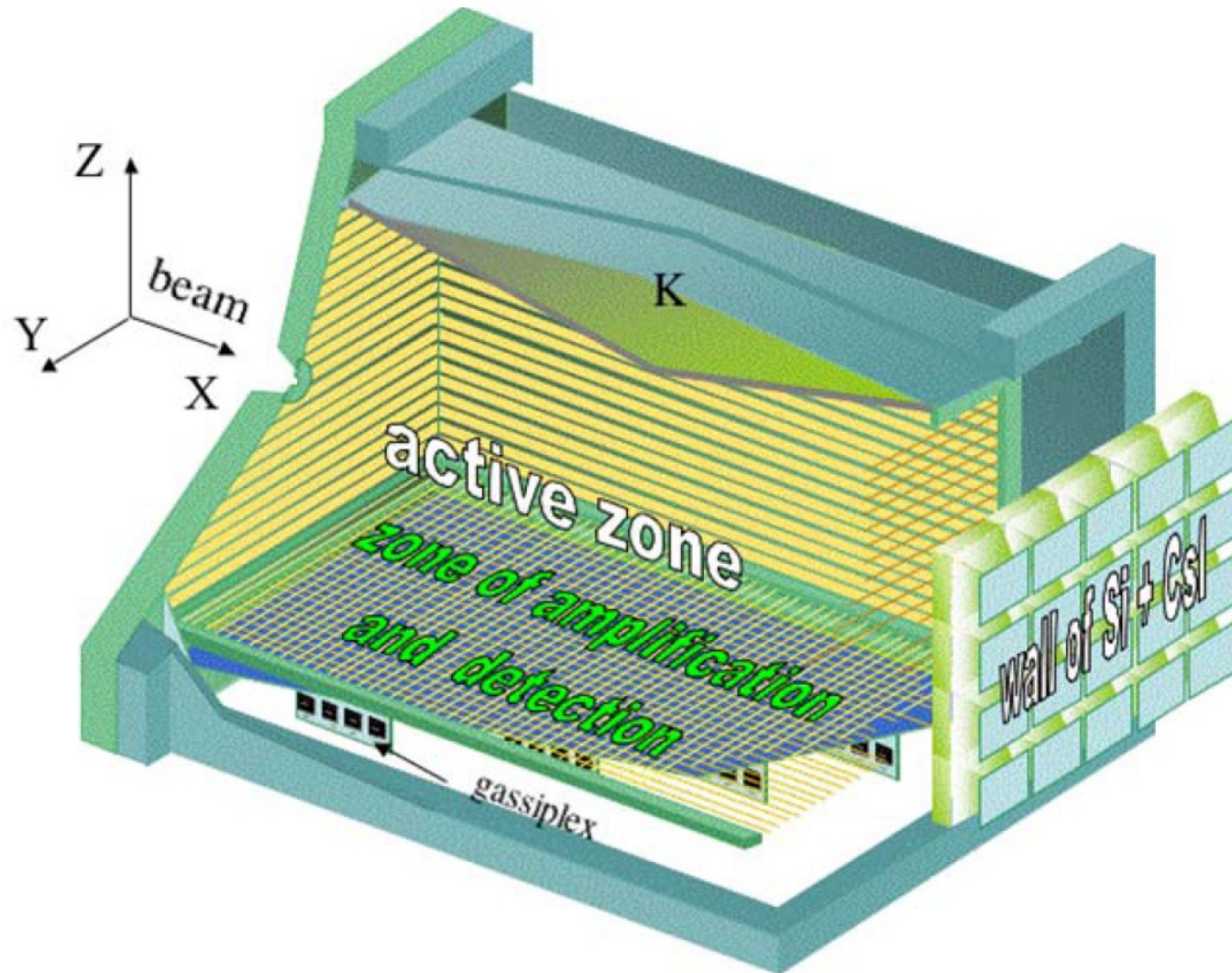
ACTAR



IKAR



ACTAR



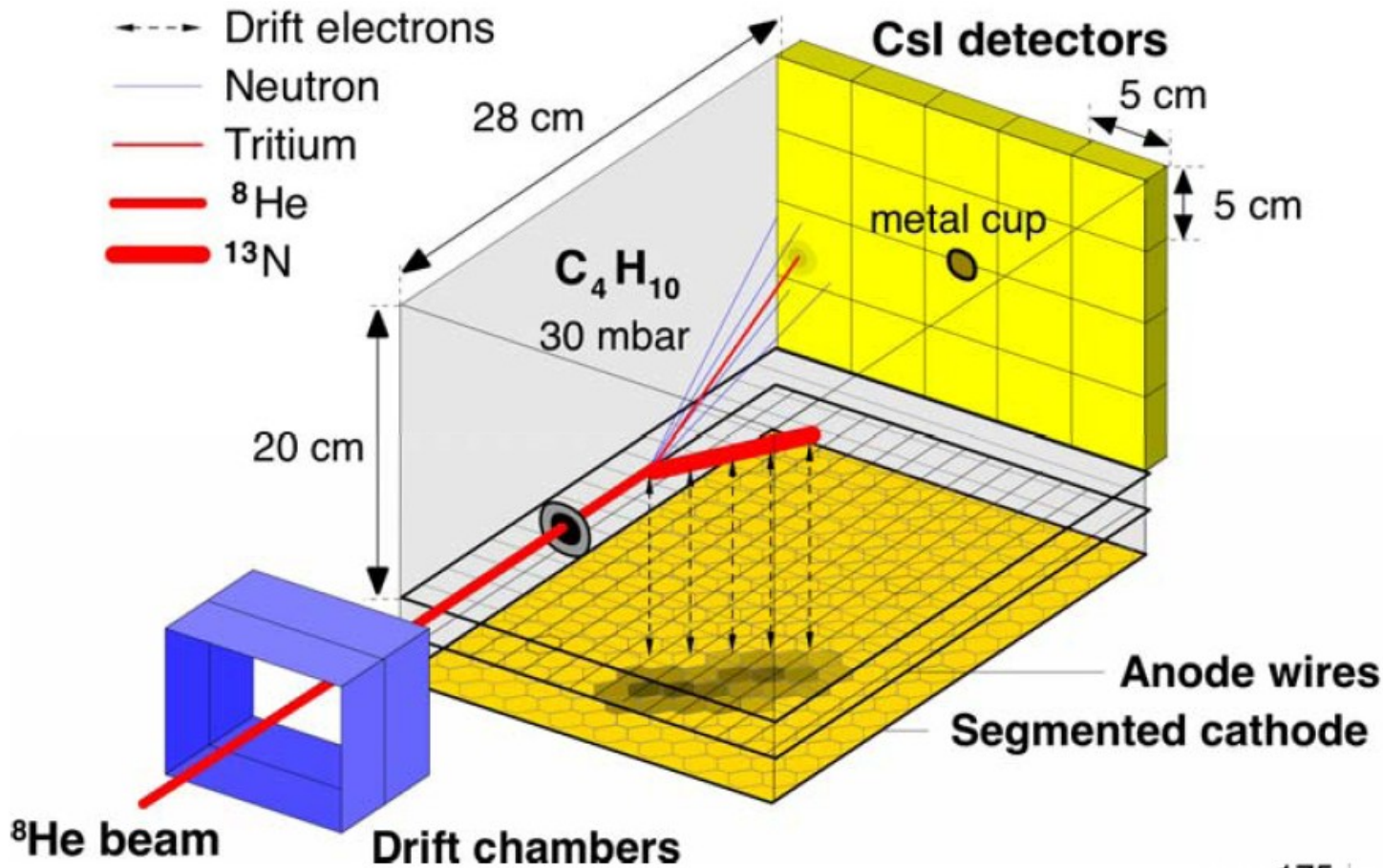


15.4 A MeV (SPIRAL)

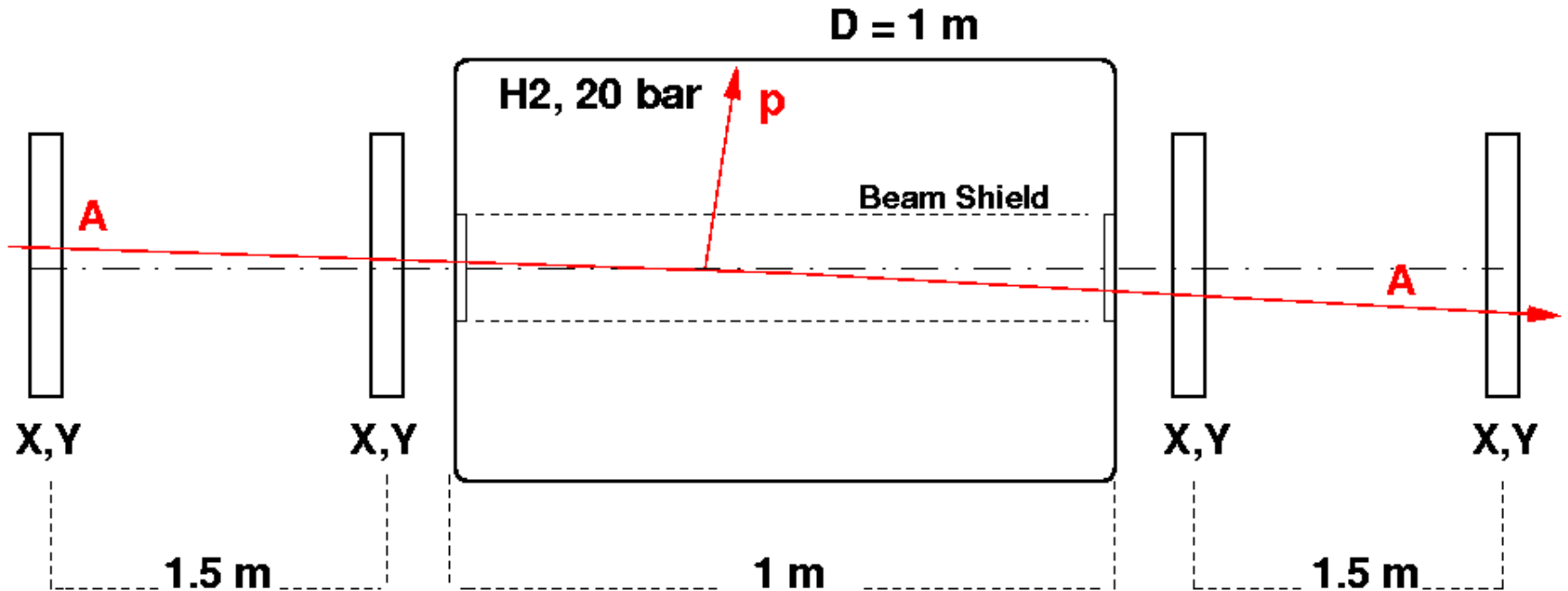
H. Savajols *et al.*

Resonance State in ${}^7\text{H}$

MAYA: C. E. Demonchy *et al.* NIM A 583(2007) 341.



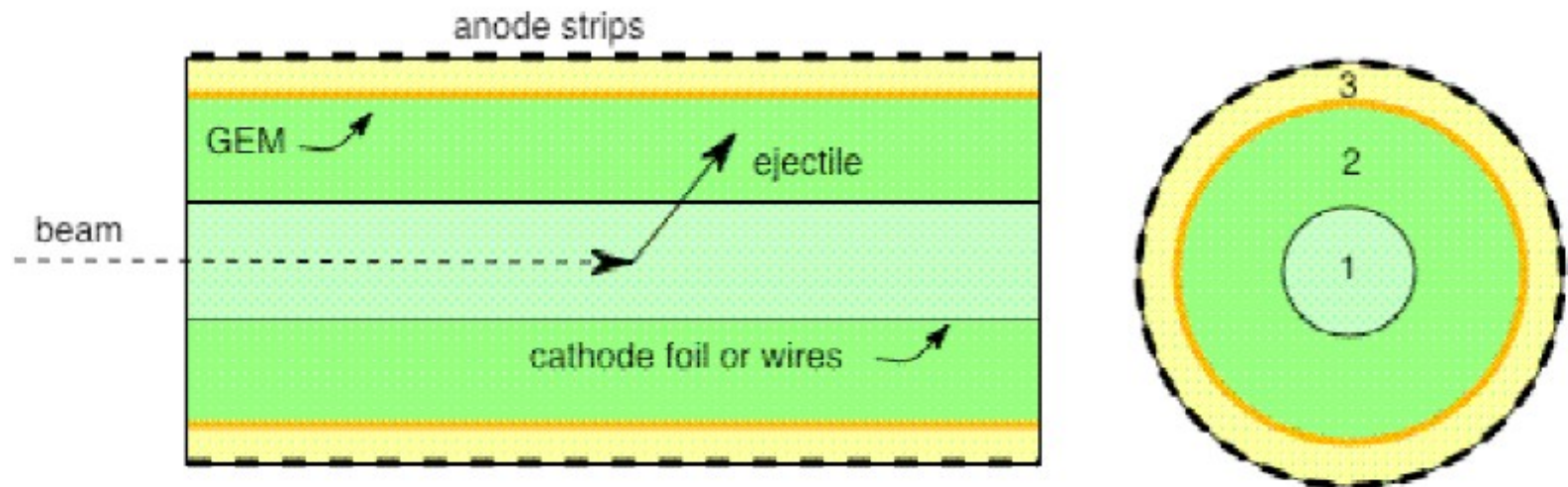
p, A elastic scattering scheme



- Cylinder with Be windows $500\text{ }\mu\text{m}$
- Beam shield $d = 2\text{ cm}$
- Beam tracking + vertex reconstruction
- Pressure P in the range 10 to 20 bar

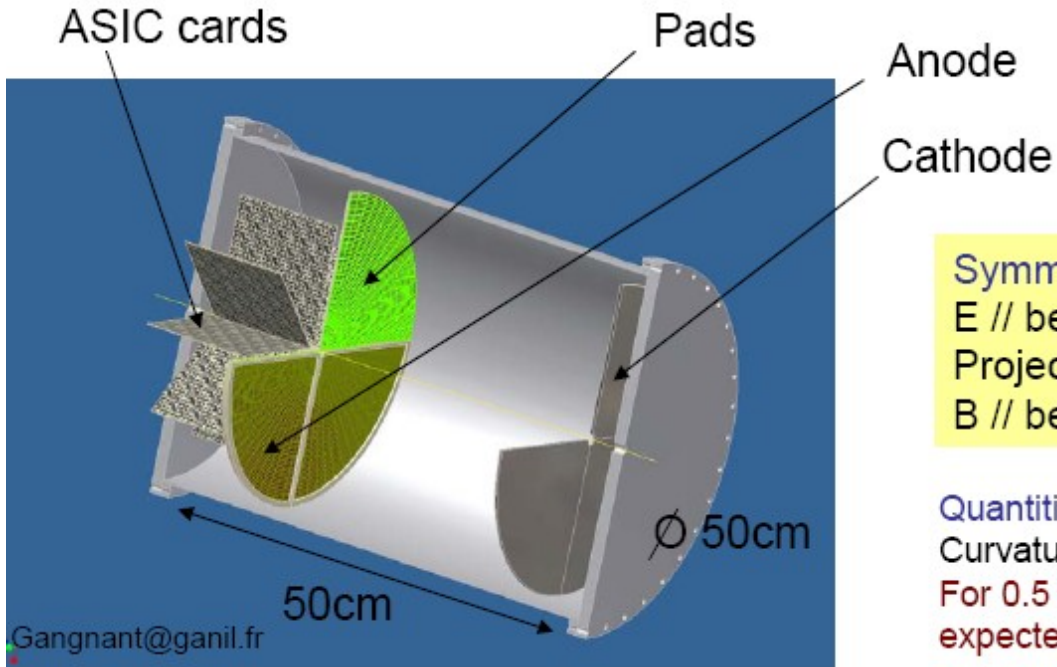
ACTAR

How is it going to work?



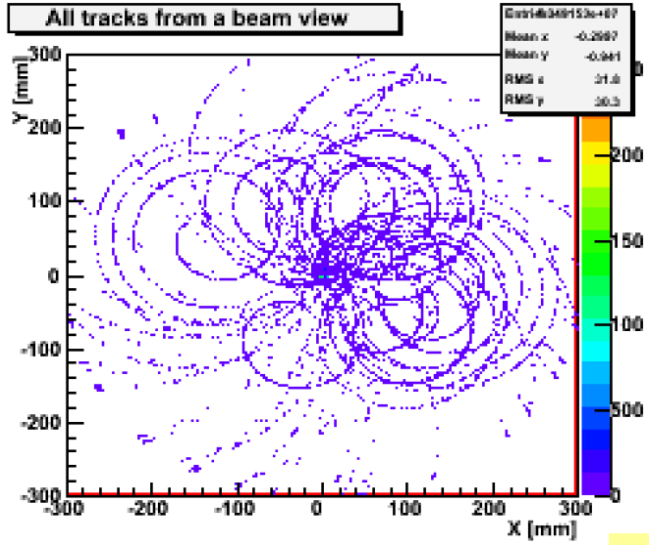
90% helium 10% CO₂ gas mixture
Pressure of a few hundred mbar
Drift voltage $\sim 100\text{V/cm}$

ACTAR



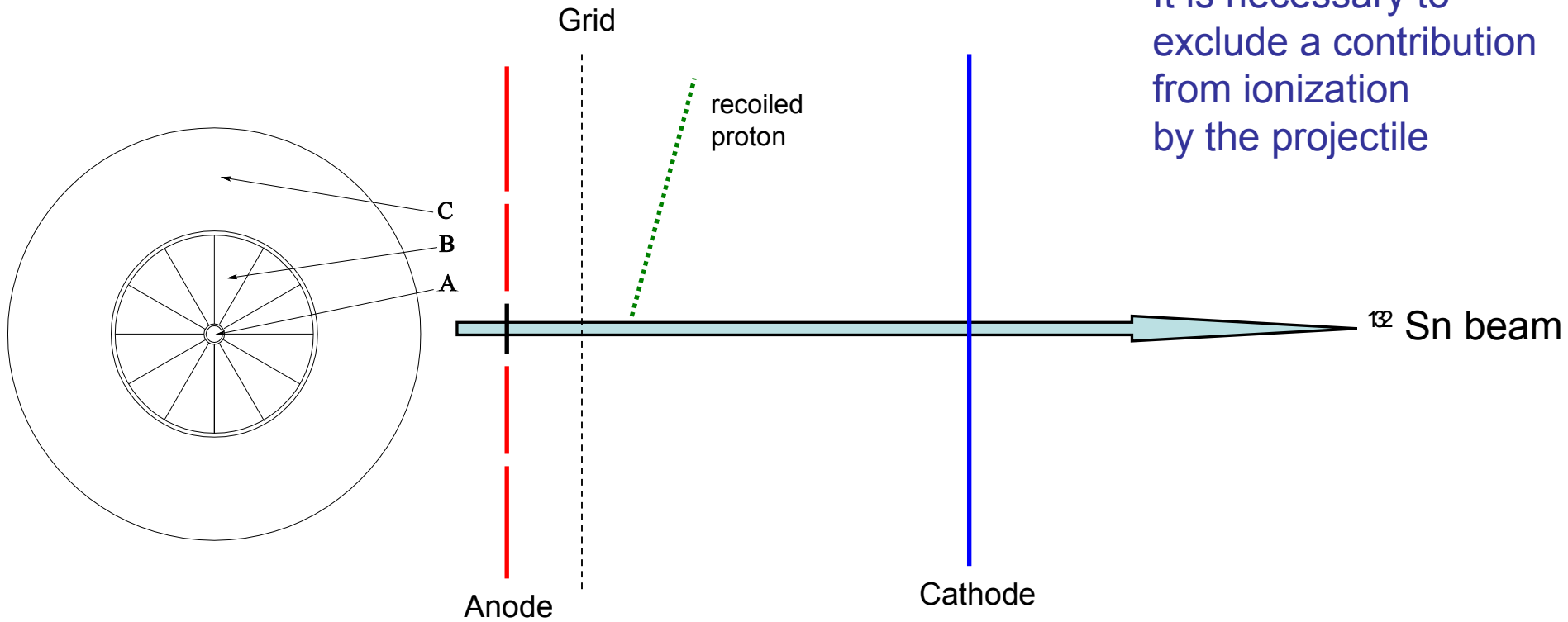
Symmetry around the beam axis
E // beam axis, uniform
Projection on the endcap of the cylinder
B // beam axis

Quantities to be measured:
Curvature radius, collected charge, range, angles.
For 0.5 mm position resolution, $\Delta E/E=2\Delta R/R$,
expected energy resolution ≈ 100 keV for $\theta_{cm} > 20^\circ$



First step: IKAR chamber

It is necessary to exclude a contribution from ionization by the projectile



A correction on the energy lost in the central dead region

Запрос на финансирование для экспериментов NuStar

WBS	Вид работ	Исполнители	Запрашиваемая сумма
1.2.5	R3B		
1.2.5.1.2.5	Нейтронный спектрометр (узлы)	ПИЯФ	1400 к€
1.2.5.1.2.3	Гамма спектрометр (узлы)	РНЦ КИ, ОИЯИ, РФЯЦ-ВНИИЭФ	1000 к€
1.2.5.2.3	Активная мишень (полностью)	ПИЯФ	1238 к€
1.2.9	EXL		
1.2.9.4.2	Нейтрон. спектрометр (полностью)	ПИЯФ	2800 к€
1.2.9.3.1.1	Кремниевые планарн. детекторы	ФТИ, ЗАО НИИМВ, ПИЯФ	5880 к€
1.2.9.3.1.1	Толстые Si Li-дрейф. детекторы	ПИЯФ	1000 к€
1.2.9.3.1.2	Электроника к детекторам	ФТИ, ЗАО НИИМВ	1500 к€
1.2.9.3.2	Гамма спектрометр (полностью)	РНЦ КИ, ОИЯИ, РФЯЦ-ВНИИЭФ	3626 к€
1.2.9.4.1	Трек. детект. (проп. камеры) (полн.)	ПИЯФ	224 к€
1.2.3	MATS		
1.2.3.6	Блок калибровки (полностью)	ПИЯФ	275 к€
1.2.3.8	Детекторы медлен. частиц (узлы)	ПИЯФ	174 к€
1.2.6	ILIMA		
1.2.6.5	Кремниевые детекторы (полн.)	ПИЯФ	210 к€
1.2.8	ELISE		
1.2.8.3	Монитор светимости (полностью)	РНЦ КИ, ИЯИ	45 к€
1.2.8.4	Детекторы LANReS	ИЯИ	425 к€

Финансирование работ в России: 2008 г., 2009 г., 2010 г., 2011 г.?

Индия – 1.6 МЕвро,
Британия – 6 МЕвро
Испания – 0.5 МЕвро
Германия ...
Венгрия ...
Португалия...

Россия - ?

Взнос – 10-20 кЕвро в год...