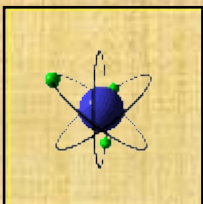


Детекторы заряженных и нейтральных частиц

А.Г.Крившич





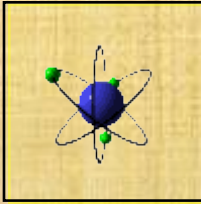
Детекторы Нейтронов

Реактор ТИК

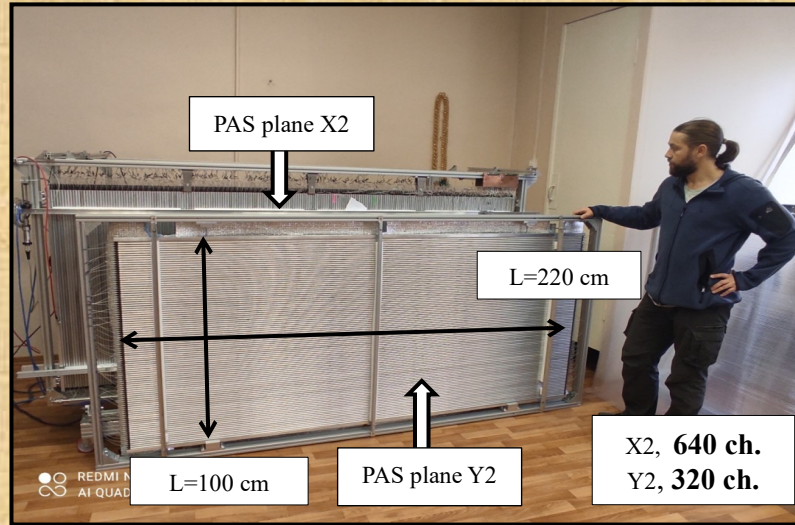
Прогресс науки и техники в современном мире неразрывно связан с разработкой новых наносистем, материалов и передовых технологий на их основе. Важнейшее значение для проведения этих разработок имеет применение методов рассеяния нейтронов, позволяющих получать детальную информацию о свойствах новых материалов на микроскопическом уровне. Следовательно требуется совершенствование экспериментальной базы и создание новых установок для проведения исследований **с помощью нейтронов**. Одним из основных функциональных элементов в таких установках являются системы детектирования.

В отделе трековых детекторов ОФВЭ разрабатываются газоразрядные позиционно-чувствительные детекторы нейтронов с ^3He конвертором.





PAS спектрометр - протоны

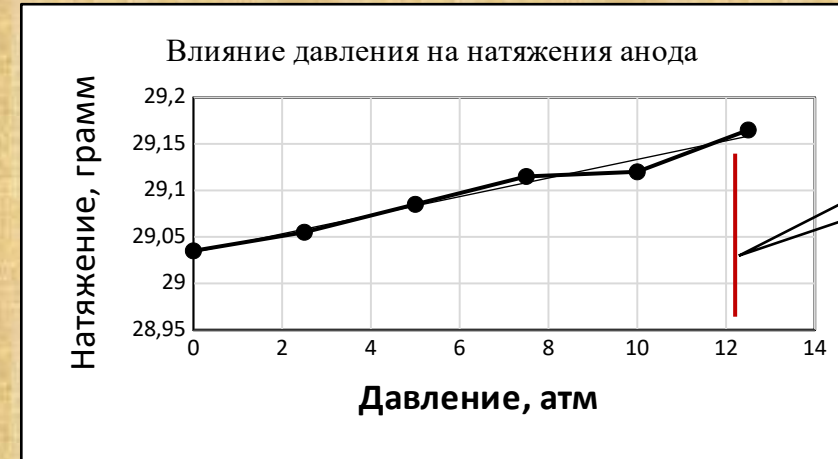
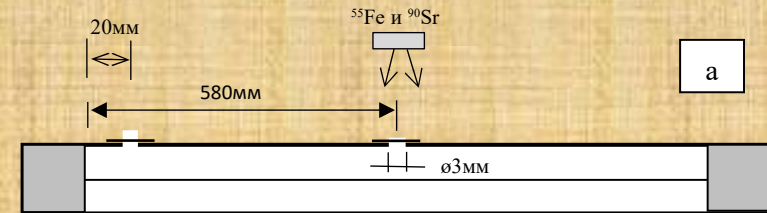


General view of two PAS planes (X2 and Y2).

ОФВЭ имеет **принципиально новую технологию**, которая позволяет:

- работать в вакууме;
- детектор многоканальный (2000) и основан на дрейфовых трубках;
- трубки спектрометра имеют ультра-тонкие стенки ($X/X_0 \sim 0.05\%$ на трубку);
- пространственное разрешение – $\leq 0,2\text{мм}$;
- точность размещения трубок в пространстве $\pm 30\text{мкм}$

Дрейфовые трубки - нейтроны



1. Смесь - на основе He-3
2. Стоимость - **4 раза меньше**, чем в промышленности.

Детектор Ультра-Холодных Нейтронов

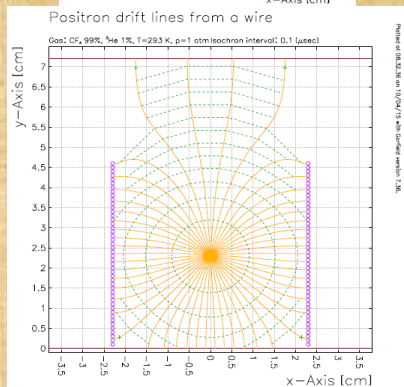
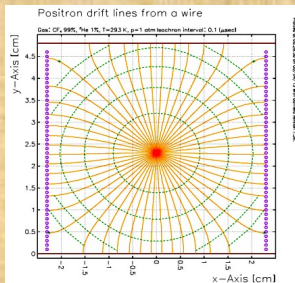
(для А.П.Сереброва)

На фоновом уровне
 $3.2 \cdot 10^{-9}$ мБар/л/сек
течей через мембрану по
He-4 не обнаружено.



Общий вид детектора

Оптимизация структуры ячейки



Мембрана $\varnothing 320 \times 0,1$ мм и решетка



Установка испытания мембран

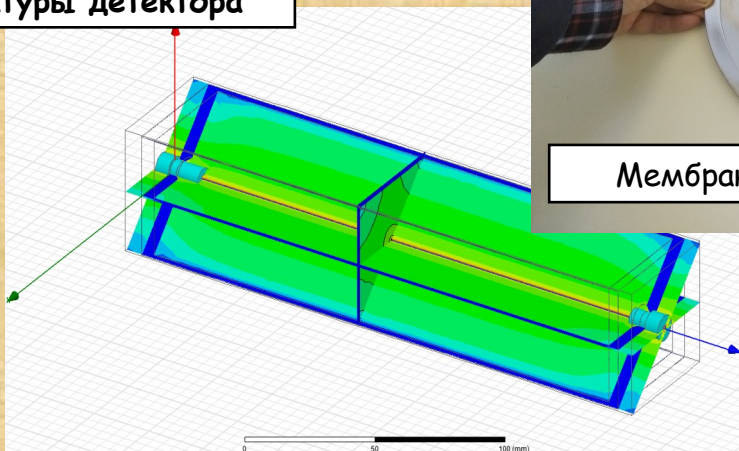


Мембрана

Симуляция структуры детектора



26.12.2023

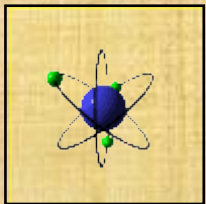


Нейтроны
Эффект. = 99,5%
6 штук



Испытания детектора

Детекторы *холодных нейтронов* и *заряженных частиц* для нейтронного приборного комплекса «Бета-распад нейтрона» реактора ПИК

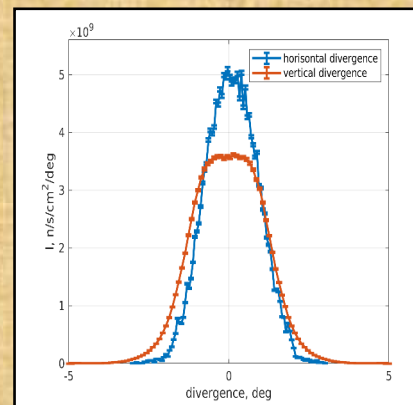
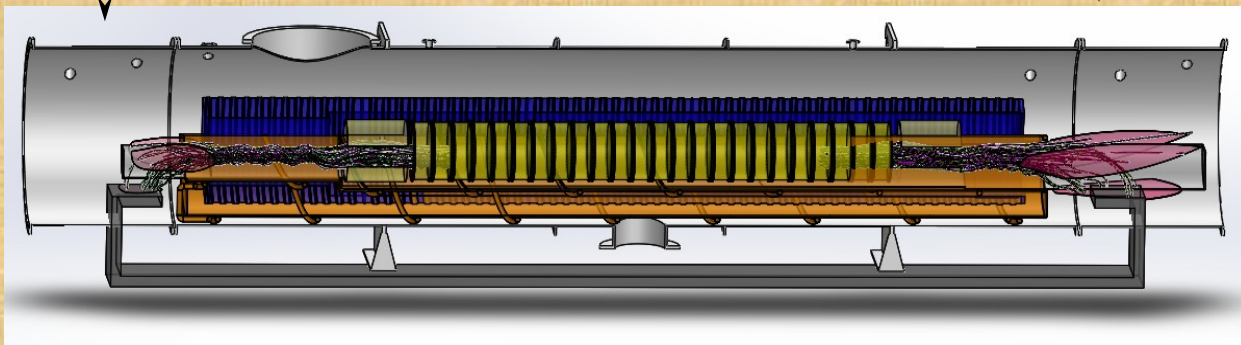
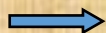


А.П.Серебров, А.К.Фомин, О.М.Жеребцов, А.Г.Крившич,

Комплект
детекторов
на **входе** в установку

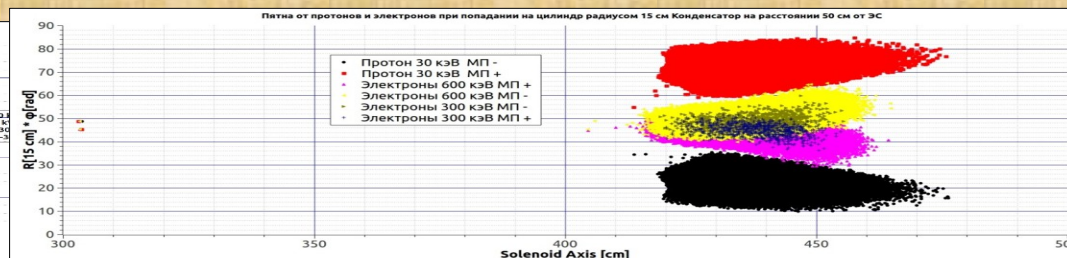
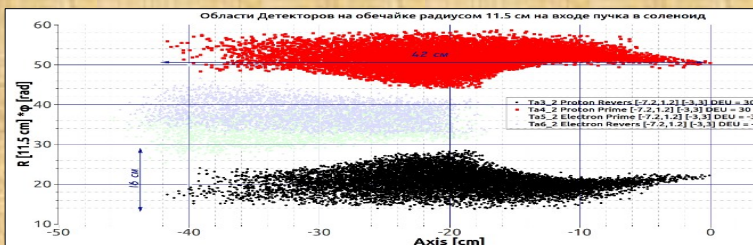
Комплект
детекторов на
выходе из установки

$n(6,5 \text{ \AA})$



Нейтроны

- Эффект. = 1%.
100*150 мм
4 штуки
- Эффект. = 99,5%.
100*150 мм
4 штуки



Электроны

30 кэВ, 240*270 мм, R = плоские, 2 штуки

Протоны

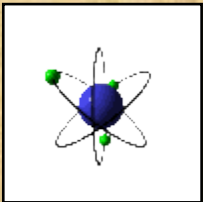
30 кэВ, 460*200 мм, R = 115 мм, 3 штуки

Электроны

600 кэВ, 540*420 мм, R = плоские, 2 штуки

Протоны

30 кэВ, 640*320 мм, R = 150 мм, 3 штуки

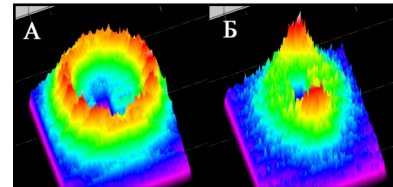
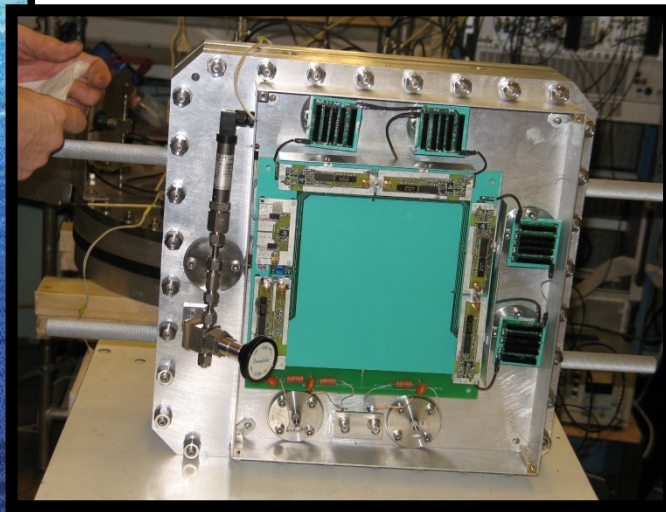
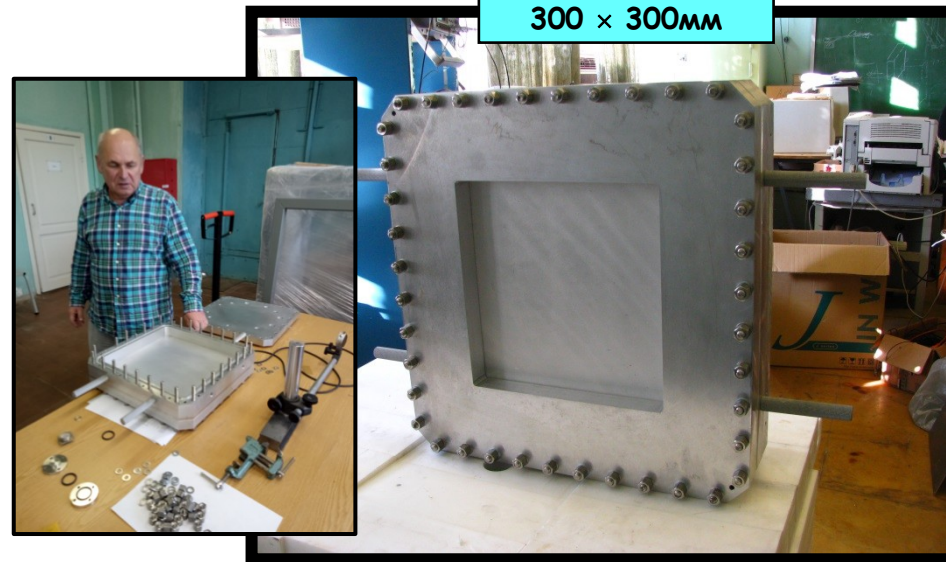
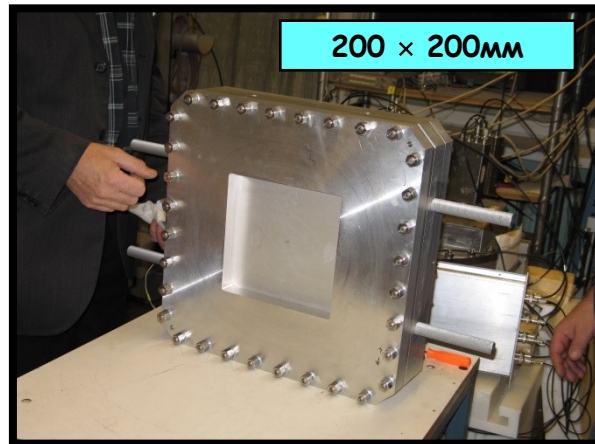


Детекторы нейтронов ПЧД.

200*200; 300*300;

Работа с детектором нейтронов

- Утечки на основе He-3 газа - очень низкие: 5% в год.
- Диапазон давлений: Вакуум ÷ 7 атм.
- Пространственное разрешение: 2×2 мм.



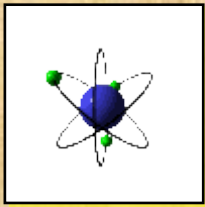
Симметричное рассеяние нейтронов на фторопластовой пленке ДО ее деформации и ПОСЛЕ.

Первая премия ПИЯФ за 2009 год.

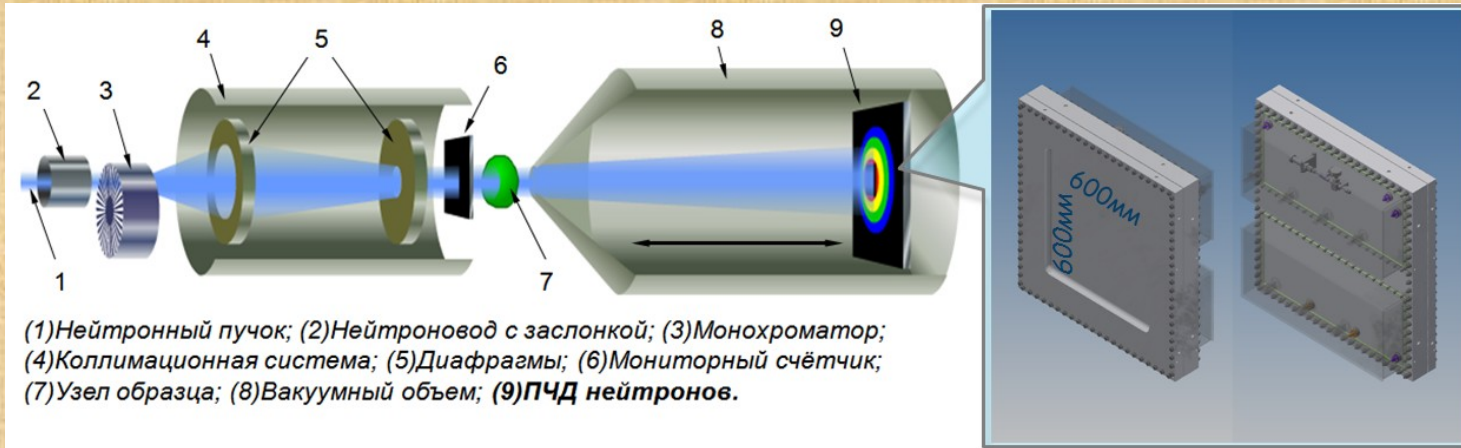
Разработка и создание двухкоординатного детектора тепловых нейтронов.

В. А. Андреев, Г. А. Ганжа, Д. С. Ильин, Е. А. Иванов, С. Н. Коваленко, М. Р. Колхидашвили, А. Г. Крившич, А. В. Надточий, В. В. Рунов, В. А. Соловей, Г. Д.

Шабанов.



Монокамерный ПЧД нейтронов для спектрометра малоуглового рассеяния для реактора ИР-8 НИЦ "КИ"

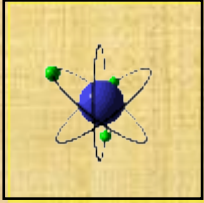


2021 год

Входное окно	600×600 мм ²
Газовая смесь	³ He+CF ₄
Пространственное разрешение	≤ 5 мм
Эффективность регистрации (λ=5÷10Å)	≥ 70%
Метод съема сигналов	LC-Линия задержки
Загрузочная способность	300 кГц
Чувствительность к γ-фону (по ¹³⁷ Cs)	≤ 1×10 ⁻⁷

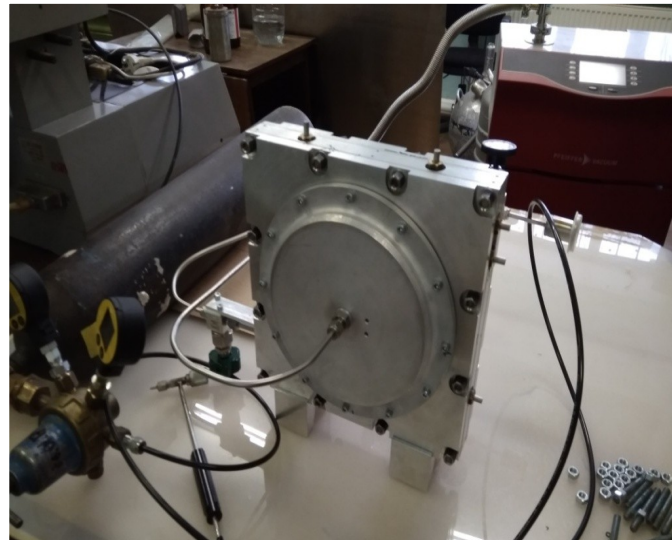
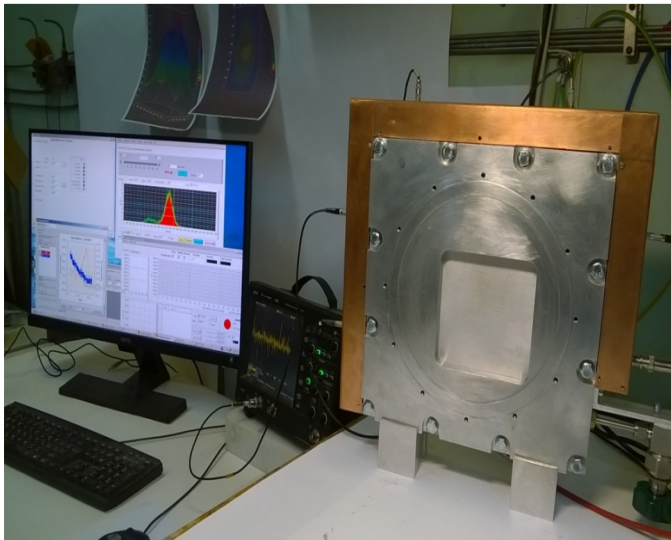
В 2018г. ОТД получил грант Минобрнауки “Создание инновационной технологии производства новейших систем регистрации нейтронного излучения для решения задач по физике конденсированного состояния”. В рамках этого проекта в ОТД были разработаны технологии создания детекторов нейтронов различных типов и применений.*

* Работа выполнялась при финансовой поддержке Минобрнауки России, Соглашение №075-02-2018-260



Мониторы нейтронов

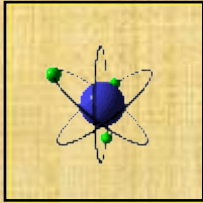
Разработка и создание 2D-мониторов нейтронных пучков для реактора ПИК.



Мониторы-профилметры востребованы во всевозможных нейтронных экспериментах:

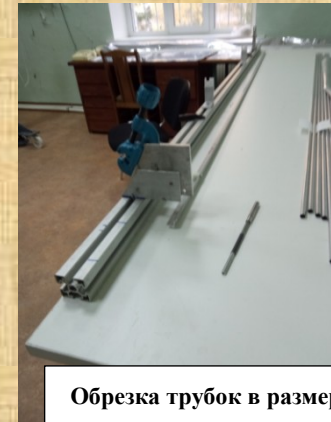
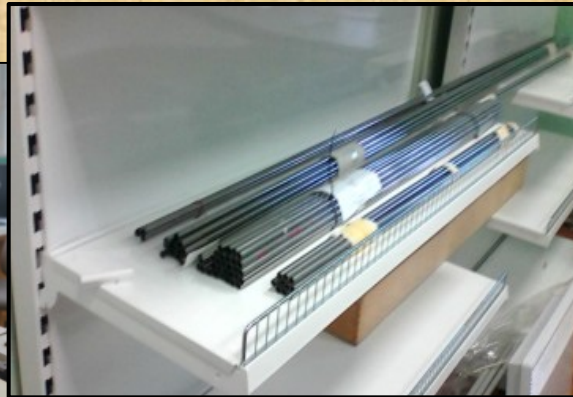
- дифрактометрия,
- спектроскопия,
- рефлектометрия
- измерения параметров пучка
- как средство локализации пучка при юстировке оптических систем экспериментальных установок.
- измерения параметров пучка в режиме реального времени
- и др.

Эффективность регистрации ($5 \div 10$)Å	$\geq 0,01$ %
Быстродействие	$\geq 1 \times 10^4$ н/сек
Пространственное разрешение	3мм
Апертура	$\geq 60 \times 60$ мм ²
Чувствительность к γ -фону	$\leq 1 \times 10^{-7}$



Технология

Проверка и подготовка трубок.



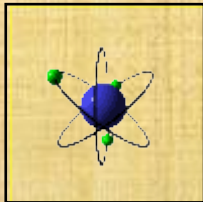
Обрезка трубок в размер.



**Проверка трубок на
прямолинейность. Наше
предельное требование – 150
микрон на 1 метр длины.**



**Очистка трубок
детекторов. Дистиллятор
для воды 250 литров**

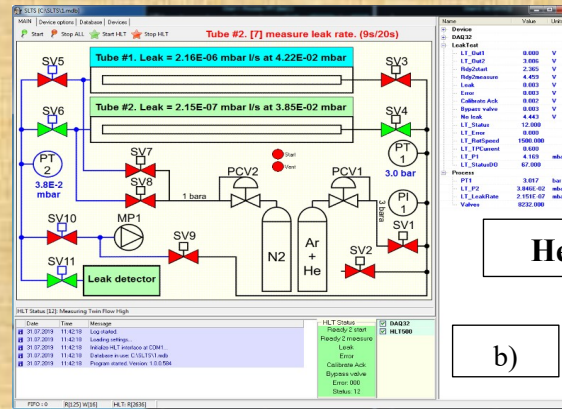


Отбор дрейфовых трубок по утечкам.

- Чувствительность для отбора - очень высокая: лучше 4×10^{-6} mbar×liter/sec.
- Диапазон давлений: Вакуум ÷ 5 атм.
- Газовая смесь: на основе гелия.

Чувствительность - 1×10^{-8} mbar×l/sec

1. Какие именно в дрейфовых трубках утечки



Straw Leak Test Station a); SLTS software main window b).

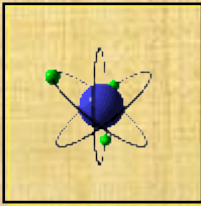
2. Где именно в дрейфовых трубках утечки



Чувствительность - 1×10^{-6} mbar×l/sec

ВОДА.

Процент хороших трубок (95%)



Подготовка **сверхчистых** газов для
детекторов нейтронов.



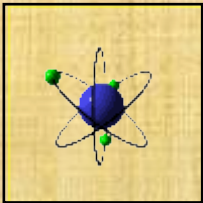
Установки по очистке
гелий - 3 и бустер по
его перекачиванию до
 $P=100\text{Атм}$



Установка для очистки CF_4
до уровня – менее 1ppm от
примесей.



Установка по очистке CO_2



Чистая комната.
Для сборки детекторов.



Непрерывная
очистка воздуха



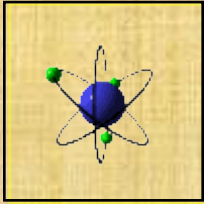
Подготовительная
очистка воздуха



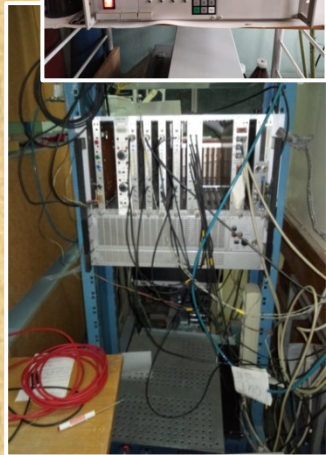
Стол для сборки
детекторов



Счетчик пылевых частиц.
Диапазон измерения
0-2000мкг/м3



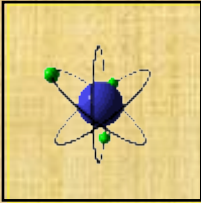
Испытания детекторов



Проверка детектора нейтронов.



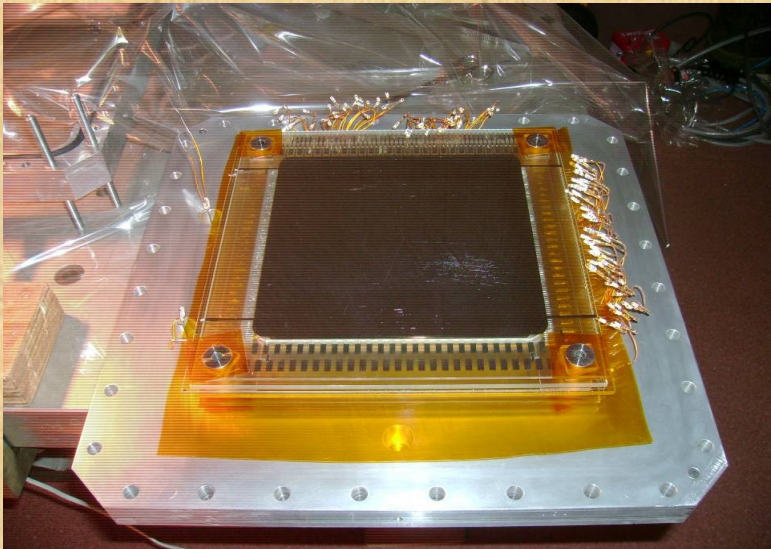
**Калифорний - 252
Источник нейтронов**



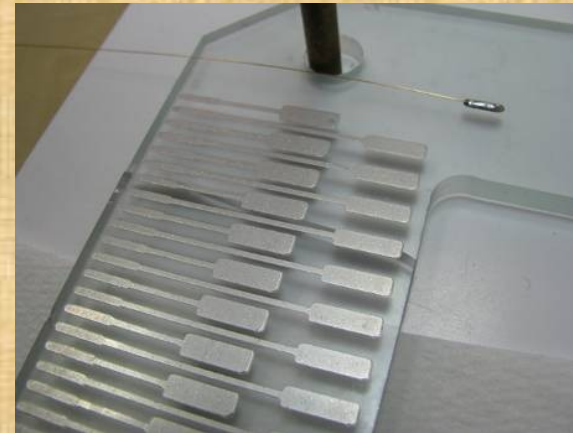
Сверх малые газовые утечки

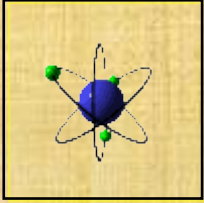
Уникальность создаваемых в ОТД приборов заключается в применении **особой технологии изготовления электродов** детектора на основе сверхчистого стекла. Такое конструкционное решение обеспечивает долговременное сохранение чистоты рабочего газа детектора, а следовательно увеличенный ресурс работы и стабильность характеристик во времени в сравнении с аналогами

**Детектор 200×200.
вид изнутри**



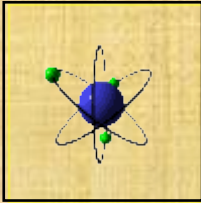
**Все электроды изготовлены из
кварцевого стекла**



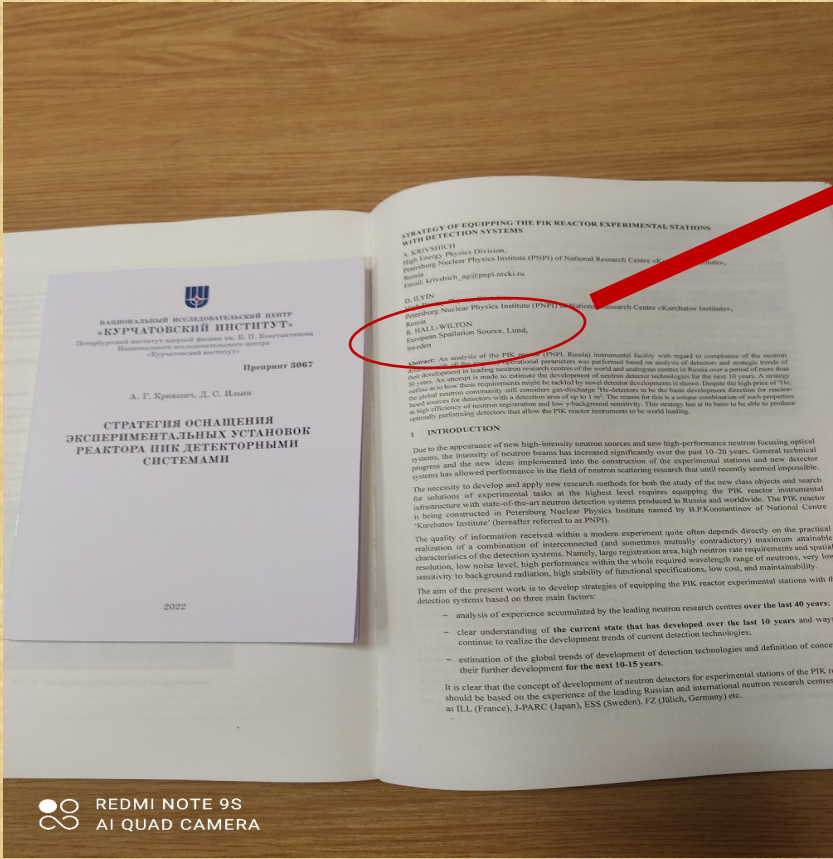
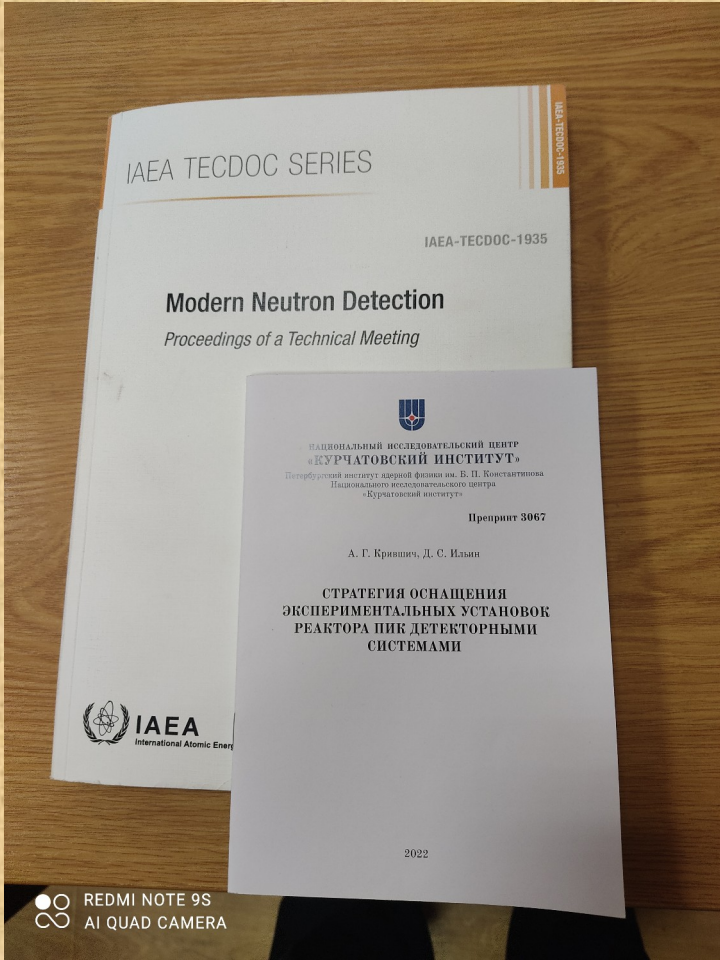


Чем мы уверенно владеем

1. Дрейфовые трубки:
 - длина до 1500мм;
 - диаметр от 8мм и более;
 - пространственное разрешение 8×8 мм.
 - газовые утечки – 5% в год.
2. Детекторы для ядерно-физических исследований.
3. Позиционно - Чувствительные Детекторы (ПЧД):
 - апертура до 600×600 мм;
 - пространственное разрешение 2×2 мм.
 - газовые утечки – 5% в год.
4. Мониторы пучков нейтронов.



Как мы стоим в мире?



R.Hall-Wilton – руководитель детекторной группы в ESS, Lund

16 публикаций по теме в ведущих научных журналах мира

Наш уровень в мире - выше среднего!



Спасибо за внимание

