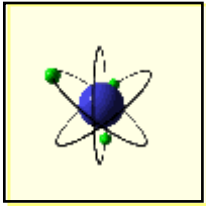


**Заряженные частицы
(PAS спектрометр, Германия)
и нейтроны
(реактор ТИК, Россия)**

**Состояние дел
А.Г. Крившич**

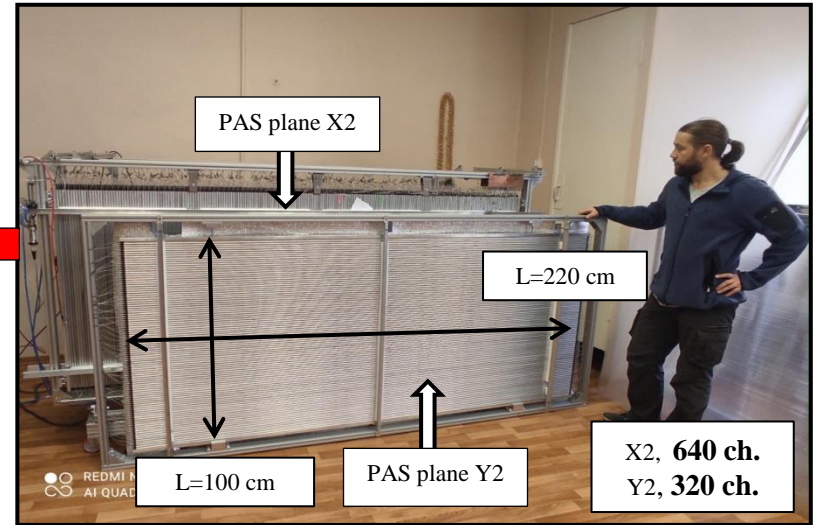
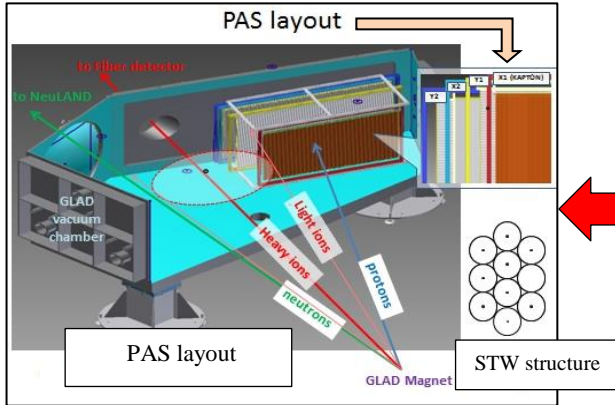
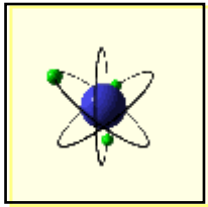
Ученый совет ОФВЭ, 23 декабря 2022года



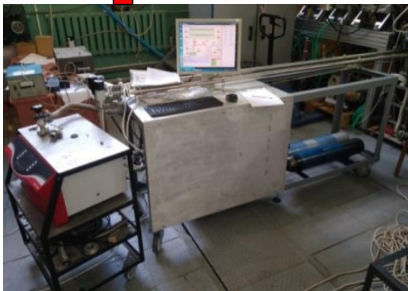
Наша цель - создать PAS спектрометр для детектирования **испарительных протонов энергией 500 - 900 МэВ** в реакциях по изучению экзотических и релятивистских ядер на установке R3B.

PAS спектрометр базируется на дрейфовых трубках с пространственным разрешением **< 0,2мм**, которые имеют **мало вещества** и работают **в вакууме**.

Дюссельдорф. Институт ГСИ. Германия.



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



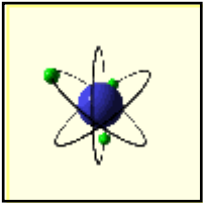
PAS Straw Leak Test Station.



PAS front – end electronics



PAS Gas Supply System



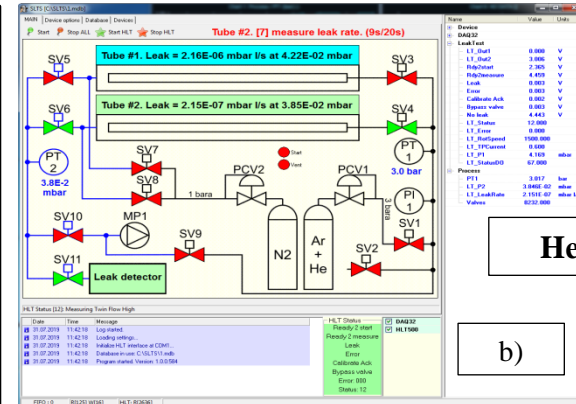
PAS спектрометр. Отбор дрейфовых трубок по утечкам.

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

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



a)



He-4

b)

1. Какие именно в дрейфовых трубках утечки

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

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



Гидравлика

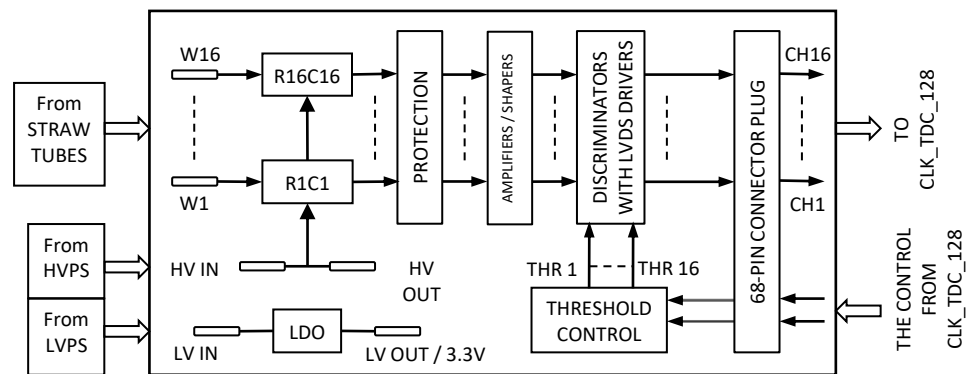
ВОДА.

2. Где именно в дрейфовых трубках утечки

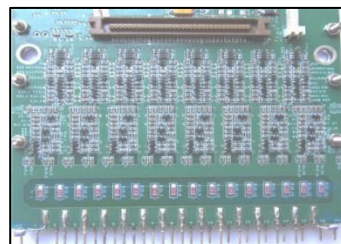
Процент хороших трубок
(95%)

PAS спектрометр.

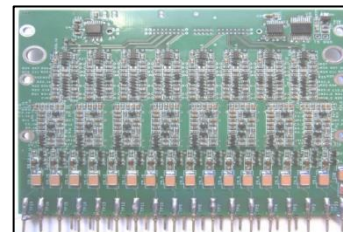
Придетекторная
электроника.



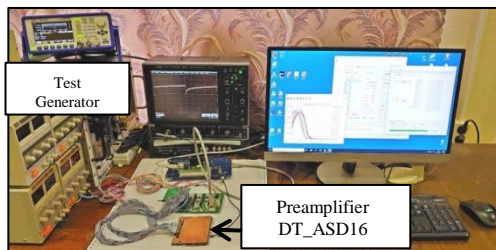
DT_ASD16 block diagram



DT_ASD16 top view



DT_ASD16 bottom view

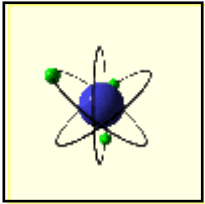


HVCB MASTER



DB50

The setup for DT_ASD16 tests of quality and HV modules of HVDS1600.

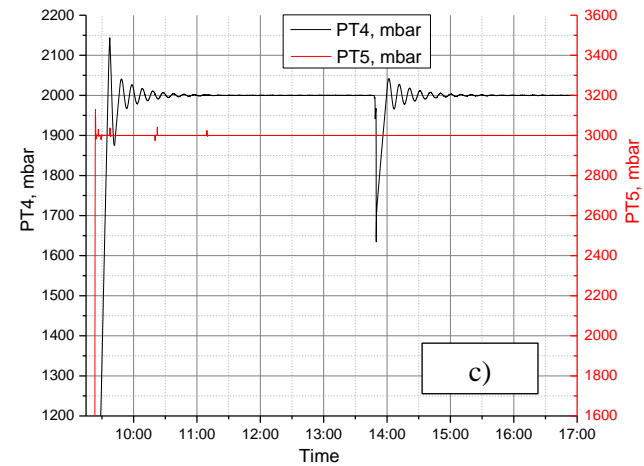
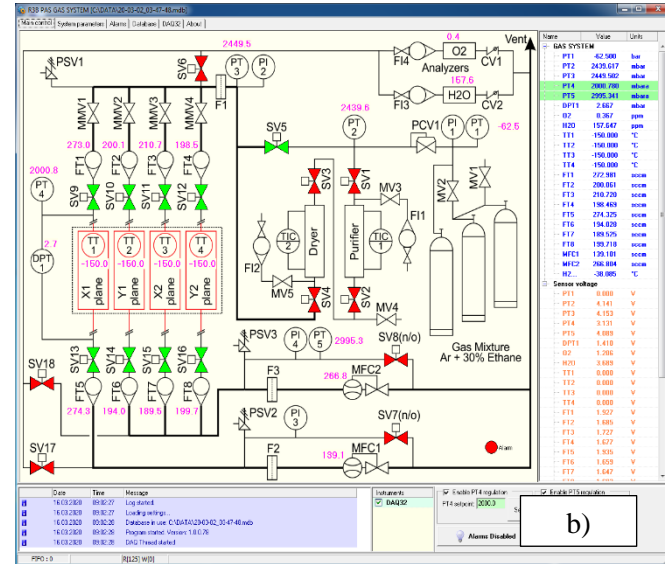
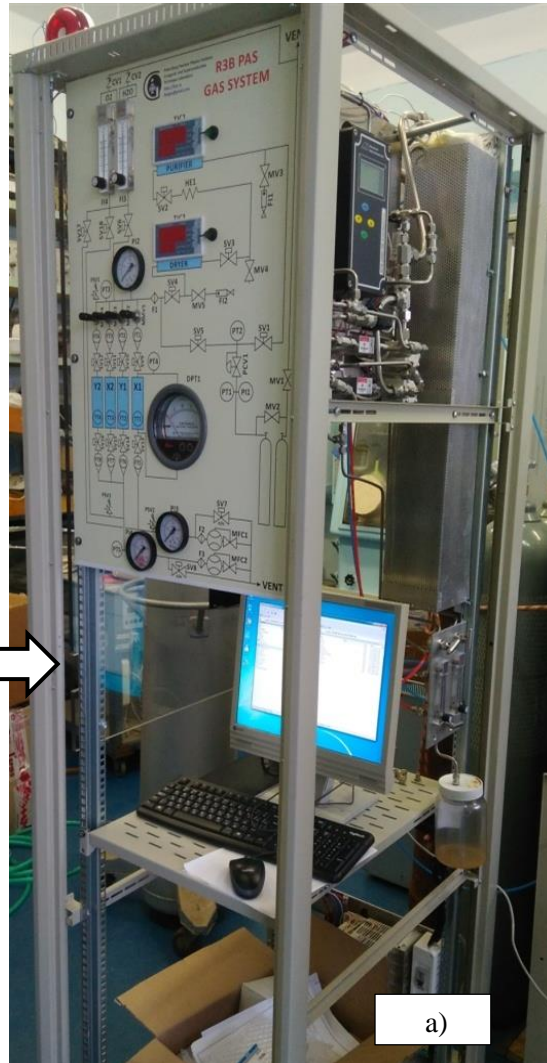


PAS спектрометр.

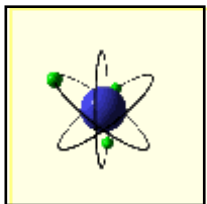
Обеспечение
газовой смесию.

$70\%Ar+30\%C_2H_6$

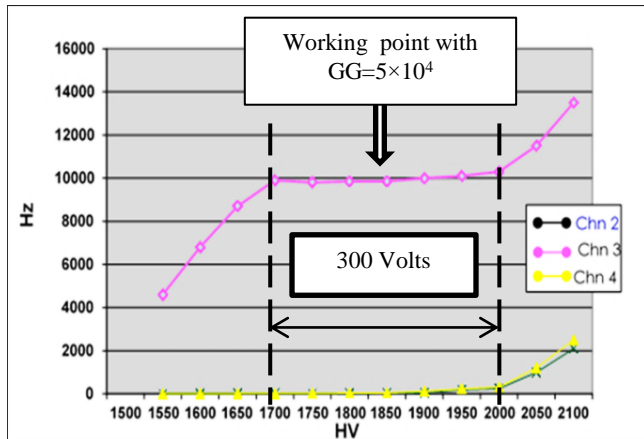
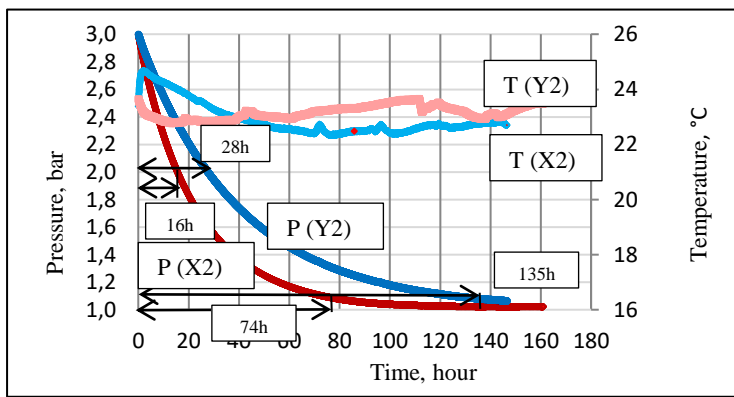
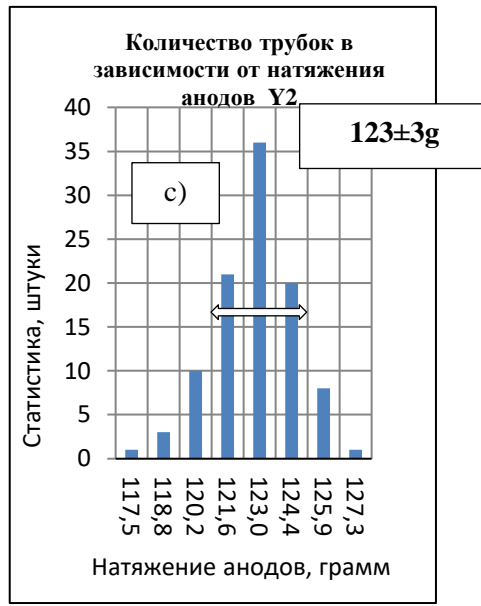
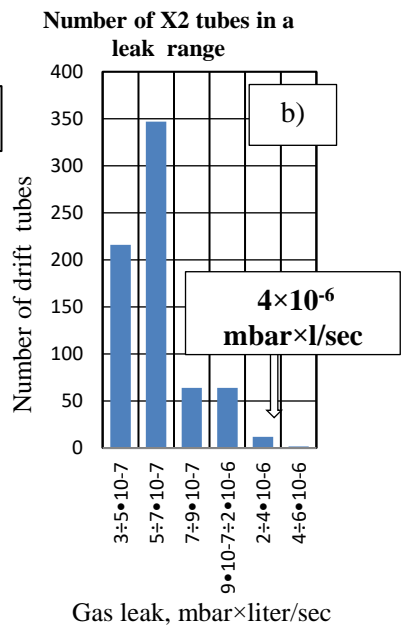
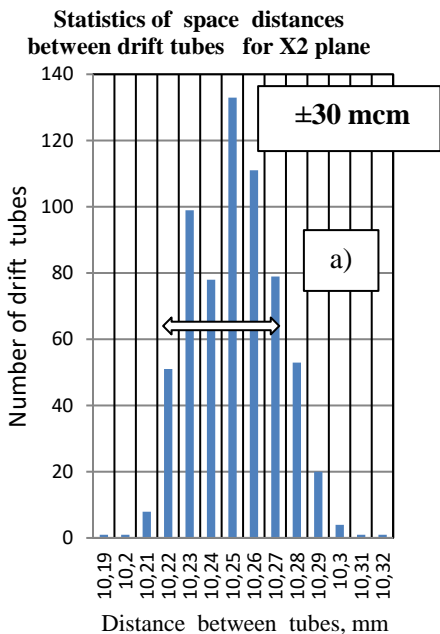
1. Три (X2, Y1, Y2) плоскости – **1% точность.**
2. X1 плоскость – **точность 0,01%.**
3. Диапазон давлений **1÷3атм.**
4. Примеси по кислороду и другие **< 5ppm.**

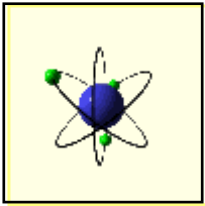


PAS Gas Supply System appearance (a); PAS Gas software main window (b); Pressure stabilization for X1 plane (PT4) and for X2, Y1, Y2 planes (PT5) (c).



PAS спектрометр. Результаты.





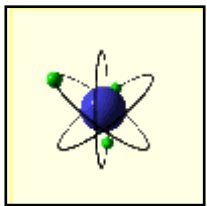
PAS спектрометр.

ИТОГИ.

1. **NEW technology of PAS spectrometer** based on long drift tubes up to **2400mm** with space resolution **<0,2mm** and **ultra-thin walls** ($X/X_0 \sim 0.05\%$ per tube) for **vacuum** operation has been **developed at TDD HEPHD**.

2. PAS spectrometer has a high state of readiness:

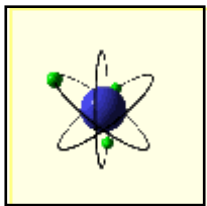
- plane X2 is ready for work;
- plane Y2 is already done and ready to be equipped with electronics;
- plane Y1 is in the process of being assembled;
- plane X1 will be made from mylar drift tubes. This unic technology has been fully developed at TDD HEPHD. The tubes for this were ordered in England, delivered to the GSI and ready to be sent to PNPI.



Детекторы Нейтронов

Реактор ТИК





Расчет и Технология изготовления газонаполненных детекторов нейтронов **ЕСТЬ в полном объеме в ОТД ОФВЭ.**

1. Линейные (трубчатые) детекторы:

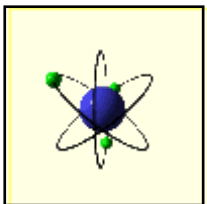
- длина до 1500мм;
- диаметр до 10мм и более;
- пространственное разрешение 8×8 мм.
- газовые утечки – 5% в год.

2. Позиционно - Чувствительные Детекторы (ПЧД):

- апертура до 600×600 мм;
- пространственное разрешение 2×2 мм.
- газовые утечки – 5% в год.

3. Мониторы.

4. Детекторы для ядерно-физических исследований.



**Проверка и подготовка
трубок.**



Обрезка трубок в размер.



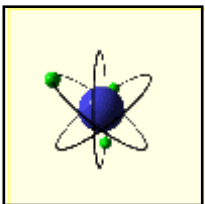
**Проверка трубок на
прямолинейность. Наше
предельное требование – 150
микрон на 1 метр длины.**



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

**Детекторы нейтронов.
На базе тонкостенных трубок
(0,1±0,2мм) из нержавеющей стали.**





Подготовка **сверхчистых газов** для детекторов нейтронов.



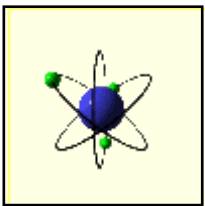
Установки по очистке гелий - 3 и бустер по его перекачиванию до $P=100\text{Атм}$



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



Установка по очистке CO_2



Чистая комната.
Для сборки детекторов.



Стол для сборки
детекторов



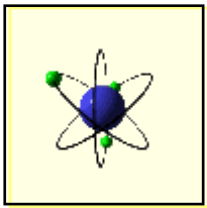
Непрерывная
очистка воздуха



Подготовительная
очистка воздуха



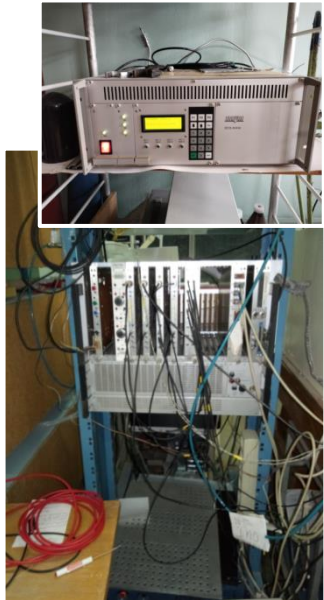
Счетчик пылевых частиц.
Диапазон измерения
0-2000мкг/м³



Испытания детекторов



**Проверка детектора
нейтронов.**



**Калифорний - 252
Источник нейтронов**

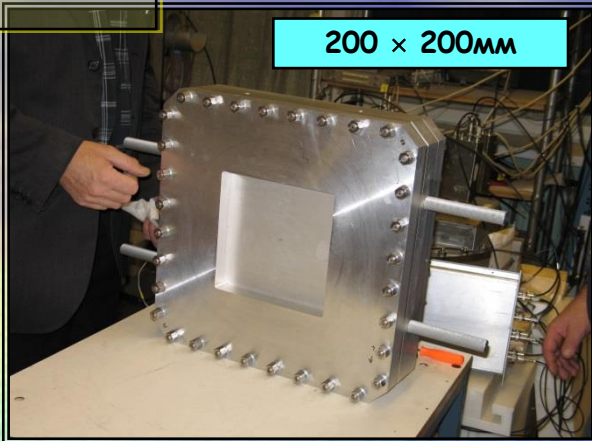


Детекторы нейтронов ПЧД. 200*200; 300*300; 600*600.

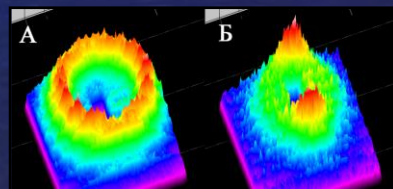
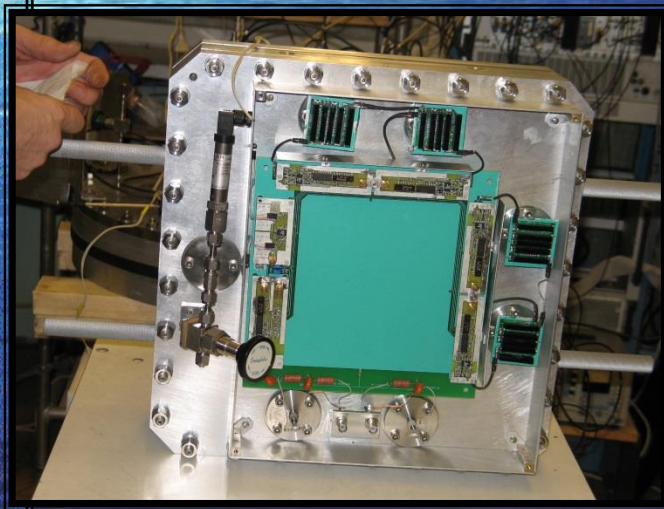
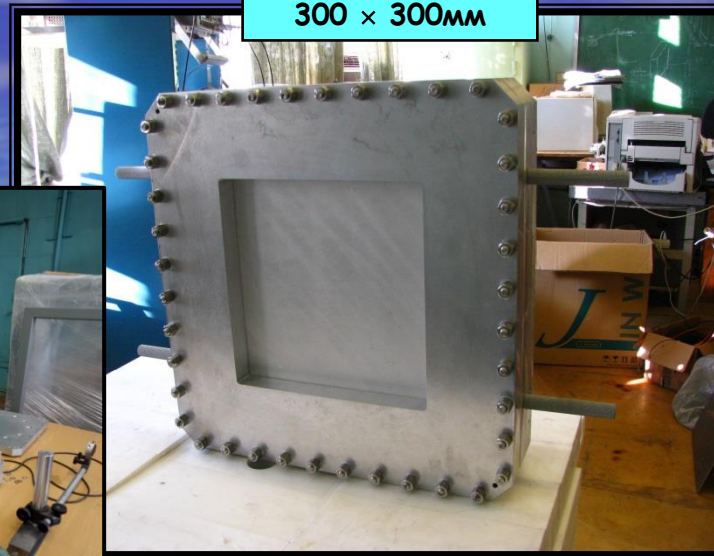
Работа с детектором нейтронов

- Утечки газа - очень низкие: 5% в год.
- Диапазон давлений: Вакуум \div 7 атм.
- Газовая смесь: на основе гелия-3.

200 × 200мм



300 × 300мм



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

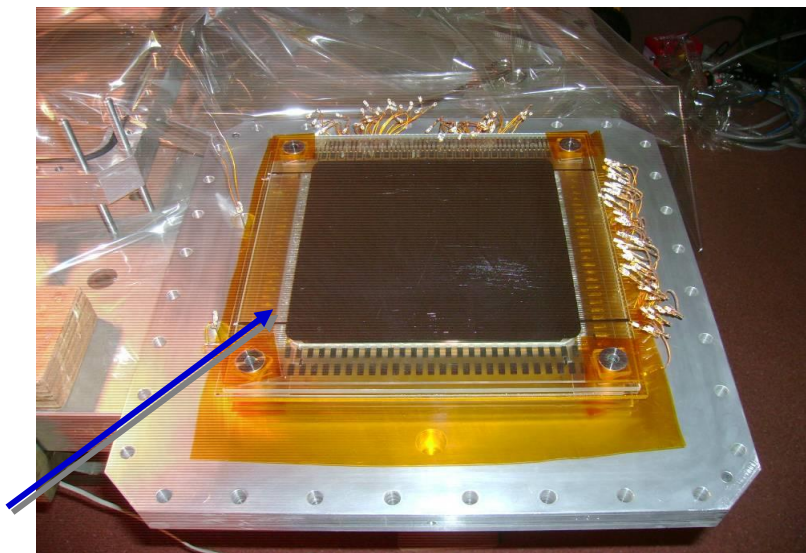
Первая премия ПИЯФ за 2009 год.

Разработка и создание двухкоординатного детектора тепловых нейтронов.

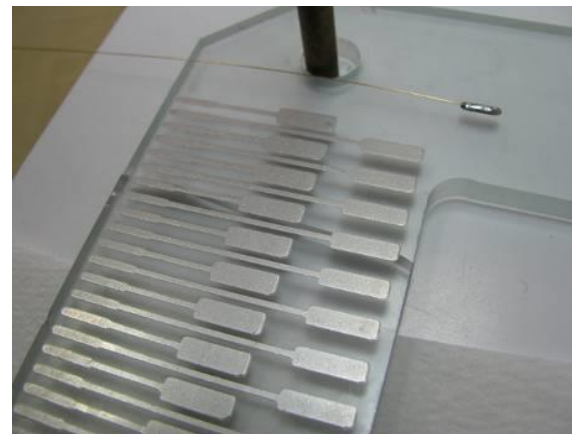
В. А. Андреев, Г. А. Ганжа, Д. С. Ильин, Е. А. Иванов, С. Н. Коваленко, М. Р. Колхидашвили, А. Г. Крившич, А. В. Надточий, В. В. Рунов, В. А. Соловей, Г. Д.

Шабанов.

**Детектор 200×200.
вид изнутри**



**Все электроды изготовлены из
кварцевого стекла**

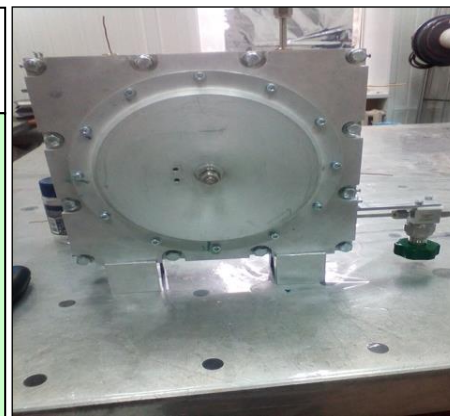


Мониторы

Разработка 2D-монитора нейтронных пучков

For higher beam flux $I=1 \times (10^6 \div 10^8)$ n/s
(реактор ПИК)

- 1) Gas mixture: 50 mBar N_2 + 950 mBar CF_4
- 2) Efficiency: 0.0002 % ($\lambda=1.8 \text{ \AA}$)
- 3) $^{14}N + n \rightarrow p + ^{14}C + 626 \text{ keV}$; $\sigma=1.9 \text{ barn}$ ($\lambda=1.8 \text{ \AA}$)

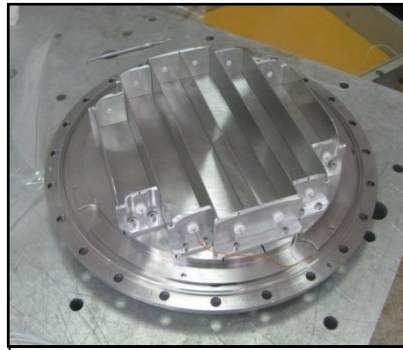


Эффективность регистрации ($5 \div 10$) \AA	$\geq 0,01 \%$
Быстродействие	$\geq 1 \times 10^4$ н/сек
Пространственное разрешение	3мм
Апертура	$\geq 60 \times 60 \text{ мм}^2$
Чувствительность к γ -фону	$\leq 1 \times 10^{-7}$

Детектор Ультра-Холодных Нейтронов (для А.П.Сереброва)



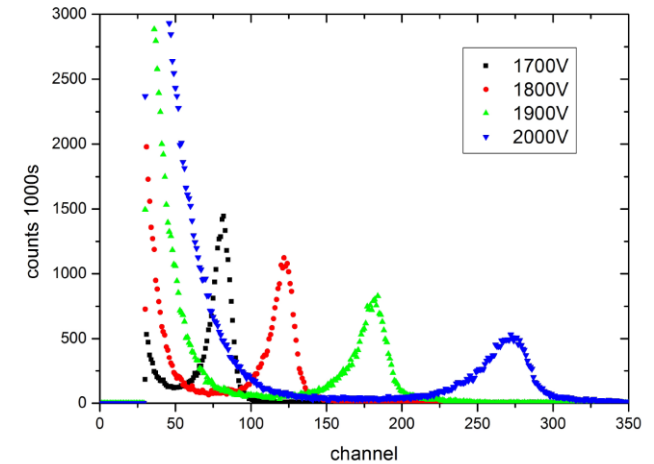
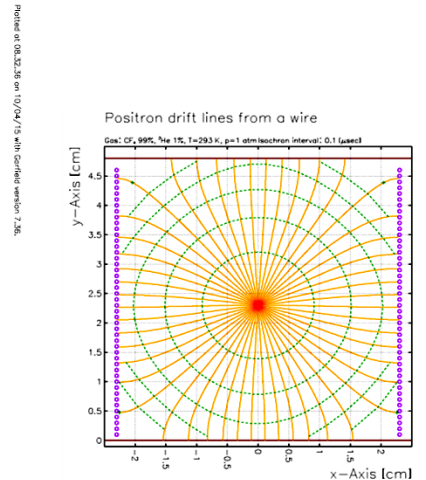
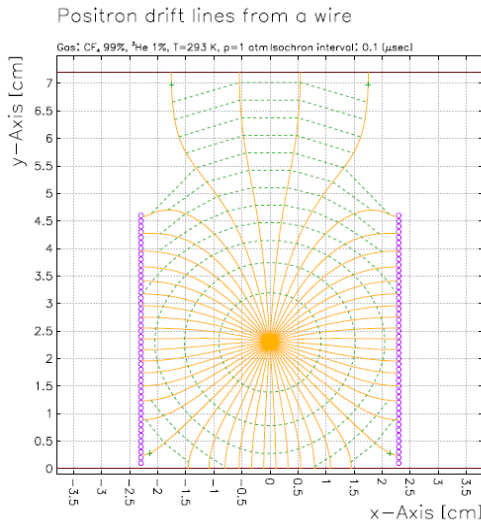
Общий вид детектора



Детектирующий элемент



13 mBar ^3He + 20 mBar CO_2 + 1060 mBar Ar,



Первый детектор успешно отработал в Гренобле. Второй – сейчас едет туда.



Спасибо за внимание



РАС. Плоскость X2.

Ток в дрейфовой трубке зависимости от величины высокого напряжения.

