



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Россия, 188300, Ленинградская область, г. Гатчина, Орлова роща

**В.Н. Пантелеев**

**Проект ИРИНА на реакторе ПИК**

Концептуальный проект масс-сепараторного лазерного комплекса ИРИНА впервые был представлен на семинаре и УС ОФВЭ в 2007 г.  
Прототип - проект установки PIAFE (Гренобль)

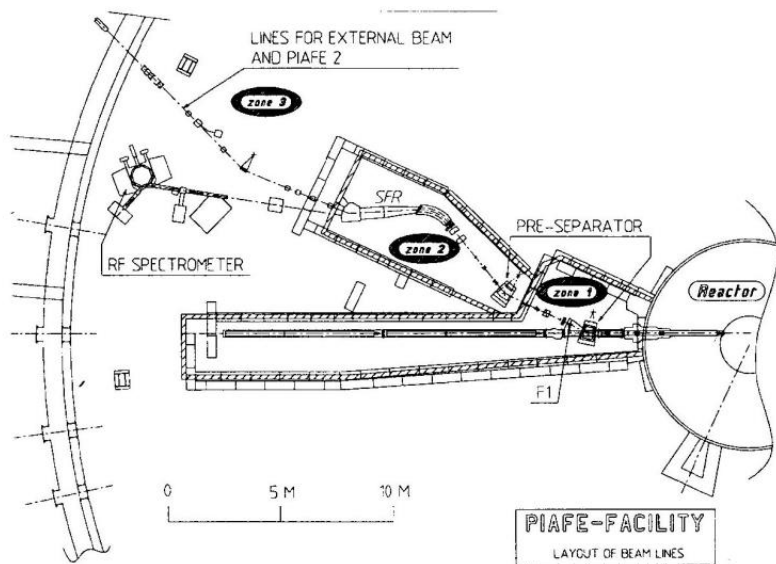
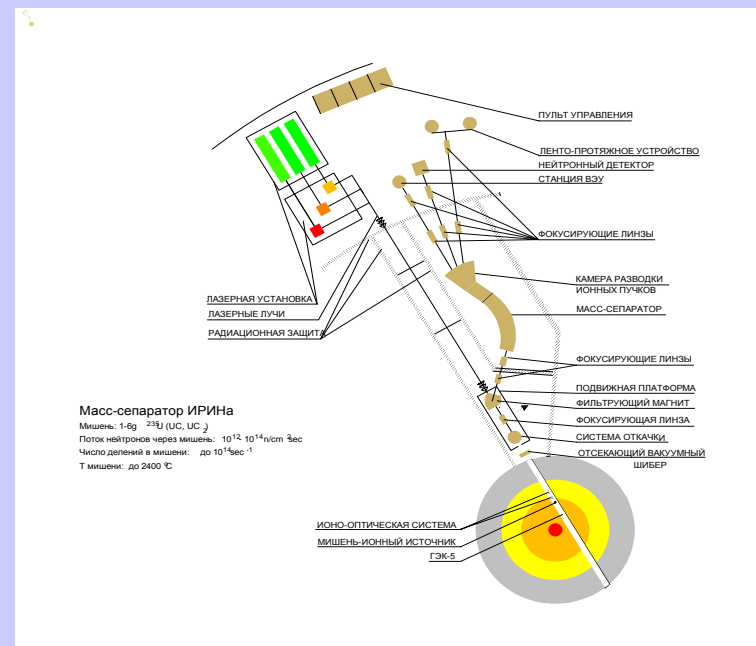


Fig. 1. Overview of Phase I in the ILL experimental reactor hall.



Идея - соединить масс-сепаратор и систему ионных ловушек Пеннинга для прецизионного измерения масс ядер по аналогии с ISOLTRAP на ISOLDE была впервые предложена Д.М. Селиверстовым

## Рабочая группа проекта ИРИНА

В.Н. Пантелеев

Д.В. Федоров

П.Л. Молканов

А.Е. Барзах.

В.С. Иванов

М.Д. Селиверстов

В.В. Лукашевич

Л.Х. Батист

+

М.С. Онегин

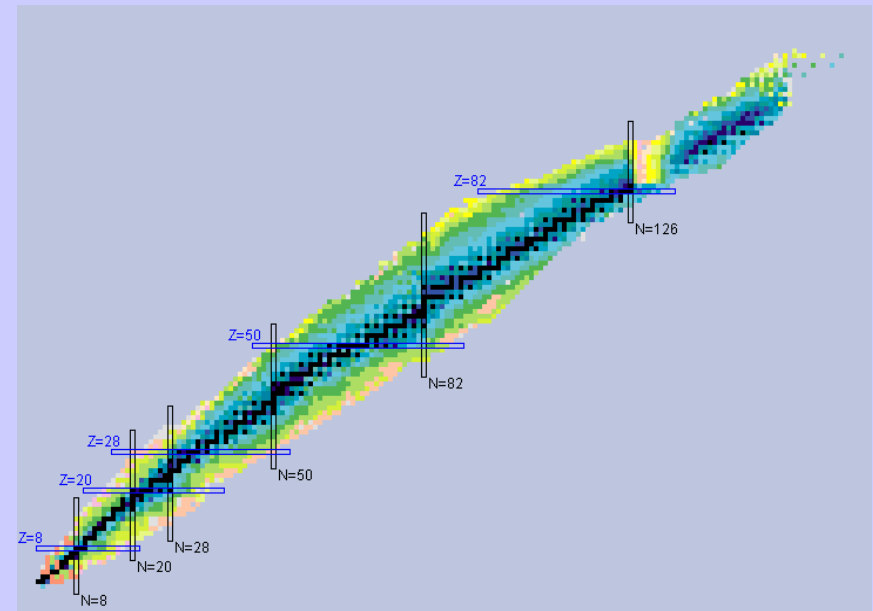
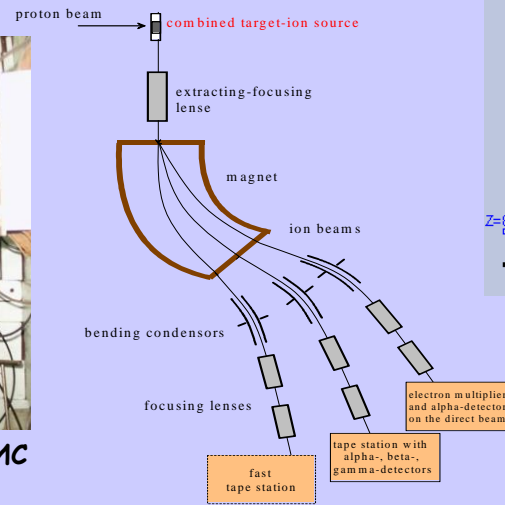
В.Л. Соловей

## ИРИС(ТИЯЭ)-ISOLDE(CERN)

Исследования в области нейтронно-дефицитных ядер  $Z=82$ ,  $N=82$ ,  $N=126$ : изомерия формы, области деформации, асимметричное деление



Мишеньная часть масс-сепаратора ИРИС



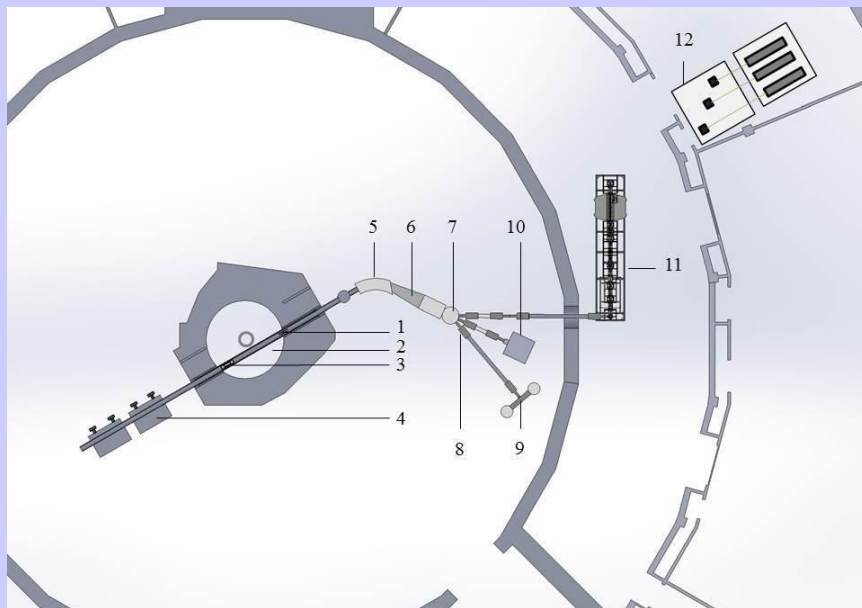
## ИРИНА:

- Исследования формы ядер  $Te$ ,  $Sb$ ,  $Sn$ ,  $In$ ,  $Cd$  and  $Ag$  с числом протонов и нейтронов близких к магическому  $Z=50$  и  $N=82$ ;
- Исследования формы ядер  $Ge$ ,  $Ga$ ,  $Zn$ ,  $Cu$  и  $Ni$  в области магических чисел протонов и нейтронов  $Z=28$  и  $N=50$  для выяснения влияния оболочечного эффекта на форму ядер;
- Прецизионные измерения масс ядер вблизи границы нейтронной стабильности ядер;
- Исследования возможности получения радионуклидов высокой чистоты для медицины;
- Исследования по физике твердого тела

Разработки, которые будут использоваться на масс-сепараторе комплекса ИРИНА:

мишень из монокарбида урана высокой плотности, лазерный ионный источник

## Схема расположения комплекса ИРИНА на канале ГЭК 5-5'

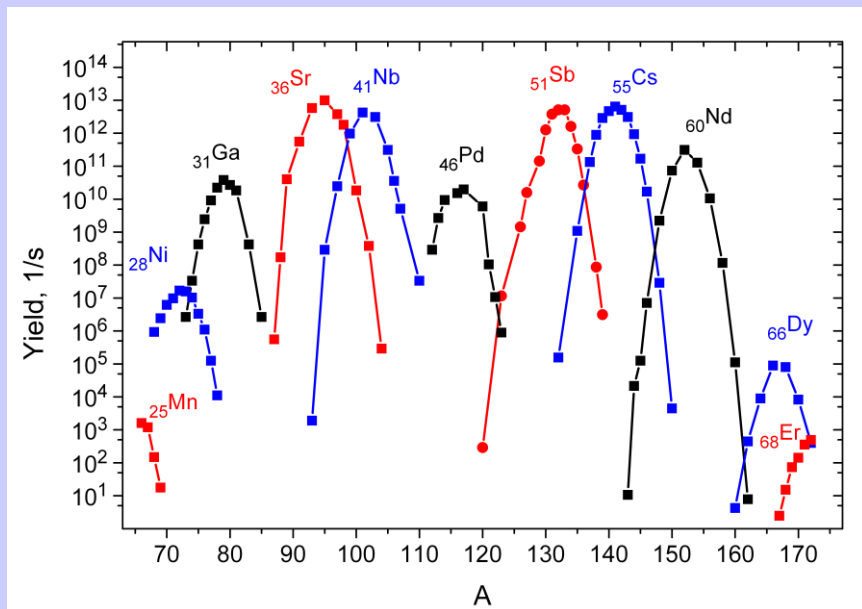


Мишень-  
высокообогащенный монокристалл  $^{235}\text{U}$   
высокой плотности,  
масса урана - **3-4 г**

Нейтронный поток через мишень-  
 **$(3-5) \times 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$**

Выделяемая мощность на мишени -  
**2.5 - 3 kW,**  
температура мишени  $\sim 2200 \text{ }^\circ\text{C}$

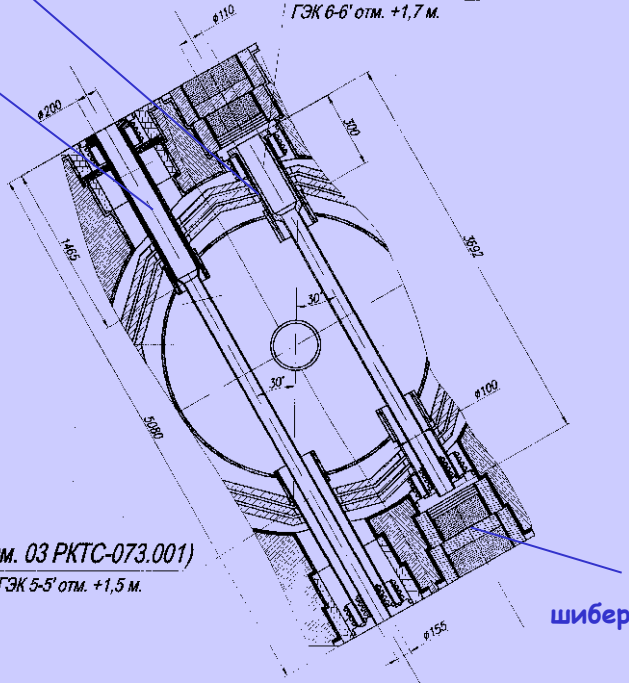
Ионные ловушки Пеннинга (PITRAP) на  
Одном из ионных трактов масс-сепаратора  
позволят измерять массы  
удаленных ядер с точностью несколько  
кэВ



Расчетные выходы цепочек изотопов  
некоторых элементов

## Каналы ГЭК-5 и ГЭК-6

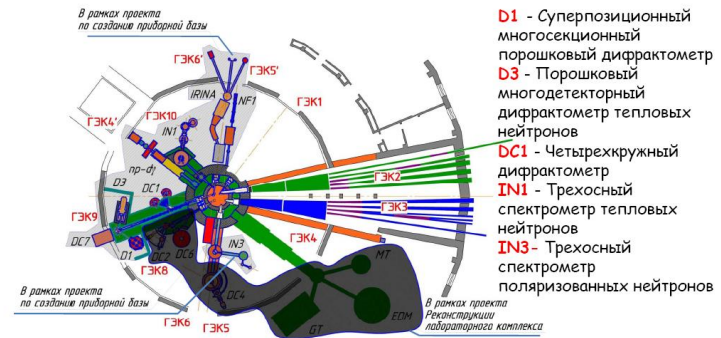
И - И (см. 03 РКТС-073.001)  
ГЭК 6-6' отм. +1,7 м.



см. 03 РКТС-073.001)  
ГЭК 5-5' отм. +1,5 м.

## Создание приборной базы реакторного комплекса ПИК

### Зал горизонтальных каналов (8 шт.)



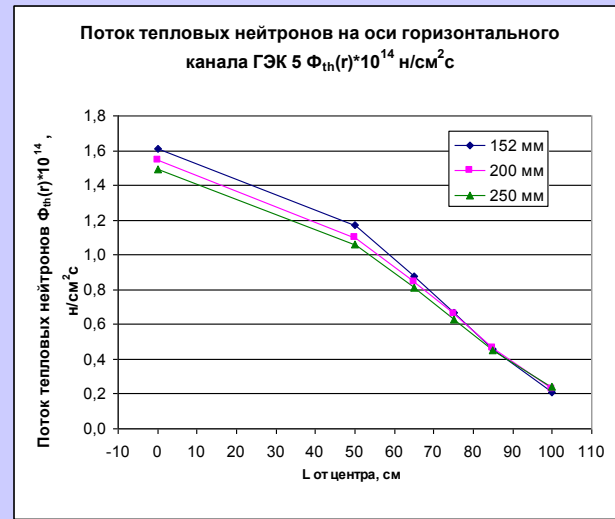
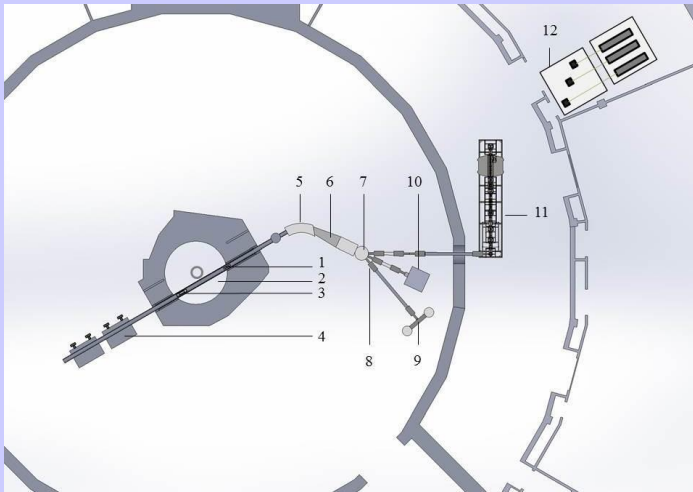
- D1** - Суперпозиционный многосекционный порошковый дифрактометр
- D3** - Порошковый многодетекторный дифрактометр тепловых нейтронов
- DC1** - Четырехкружный дифрактометр
- IN1** - Трехосный спектрометр тепловых нейтронов
- IN3** - Трехосный спектрометр поляризованных нейтронов

- **np-dy** - Установка «Бета-распад нейтрона»
- **IRINA** - Масс-сепараторный лазерно-ядерный комплекс ИРИНА
- **n4** - Установка «Нейтрино» (расположена в подреакторном пространстве)

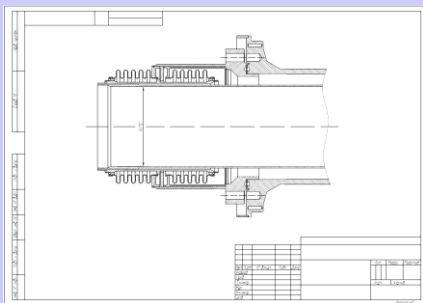
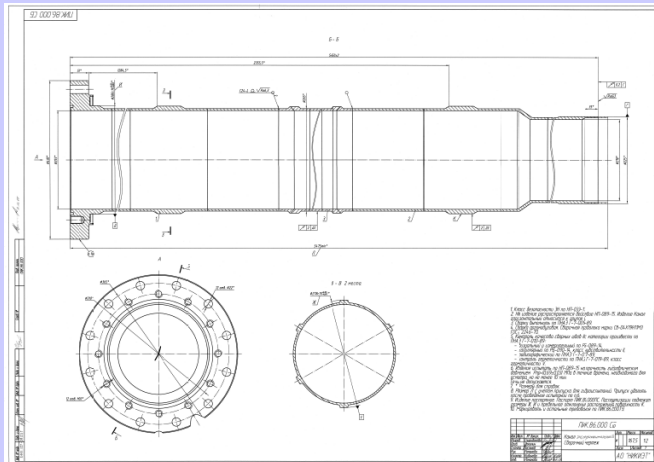
Экспериментальный зал реактора ПИК с экспериментальными установками. Прежнее положение ИРИНЫ - ГЭК-6.

Расчеты поглощения и рассеяния тепловых нейтронов в каналах ГЭК-10 и ГЭК-3 реактора ПИК
К.А. Паслов, П.Н. Кошкин, Н.А. Колосово, С.В. Гроторьев, В.В. Тарханов
24.01.2018
Оценка необходимой длины нейтронной секции
П.Н. Кошкин, К.А. Паслов
11 апреля 2018 г.
О размещении установок ФКС в реакторном зале
К.А. Паслов, П.Н. Кошкин, В.В. Тарханов, С.В. Гроторьев
28.11.2017
О состоянии дел с нейтронной системой РК ПИК
Подготовил: <i>инж.-исп.</i> ОВНС Кошкин П.Н. <i>инж.-исп.</i> ОВНС Паслов К.А.
Поддержал: <i>инж.-исп.</i> ОВНС Карпов Ю.М. и.т.д. ОВНС доц.-инж. Гроторьев С.В. и.т.д. инж. ПИИКИ - ПИИФ В.В. Воронин
О замерах в каземате 100А@ПИК
К.А. Паслов, П.Н. Кошкин, В.В. Тарханов, С.В. Гроторьев
28.11.2017

Проектируемое положение комплекса ИРИНА в экспериментальном зале реактора ПИК в настоящее время - ГЭК-5.

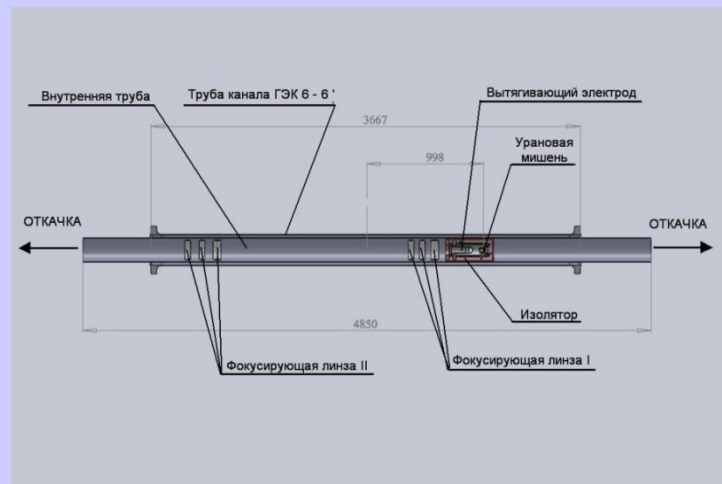


Поток тепловых нейтронов на оси канала ГЭК 5-5'



Фланец канала с селфеном со стороны 5'

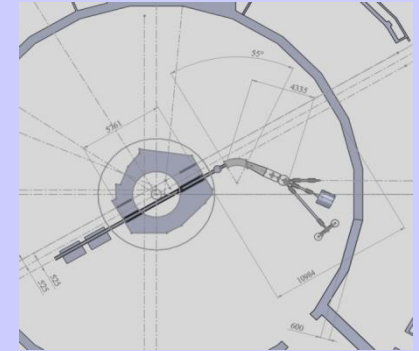
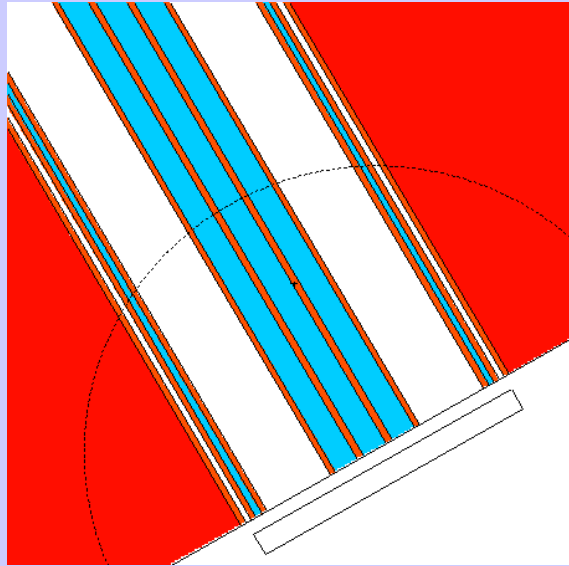
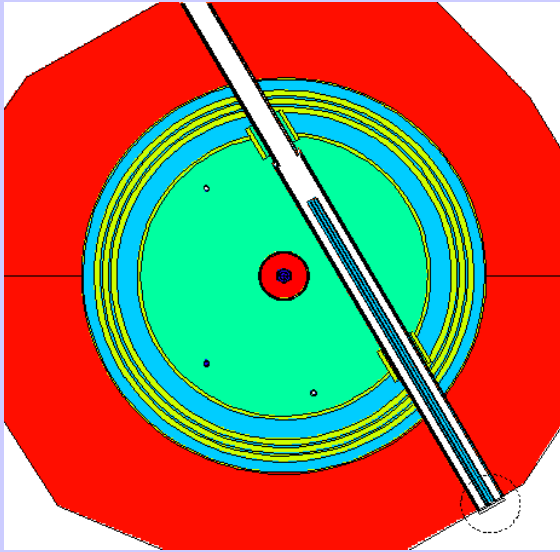
Новый канал ГЭК 5-5'



Положение мишенно-ионного устройства и инно-оптического устройства во внутренней вакуумной трубе

# Нейтронный поток на границе биологической защиты ГЭК 5-5'

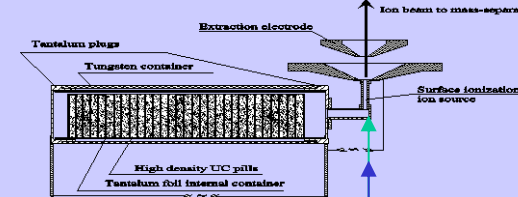
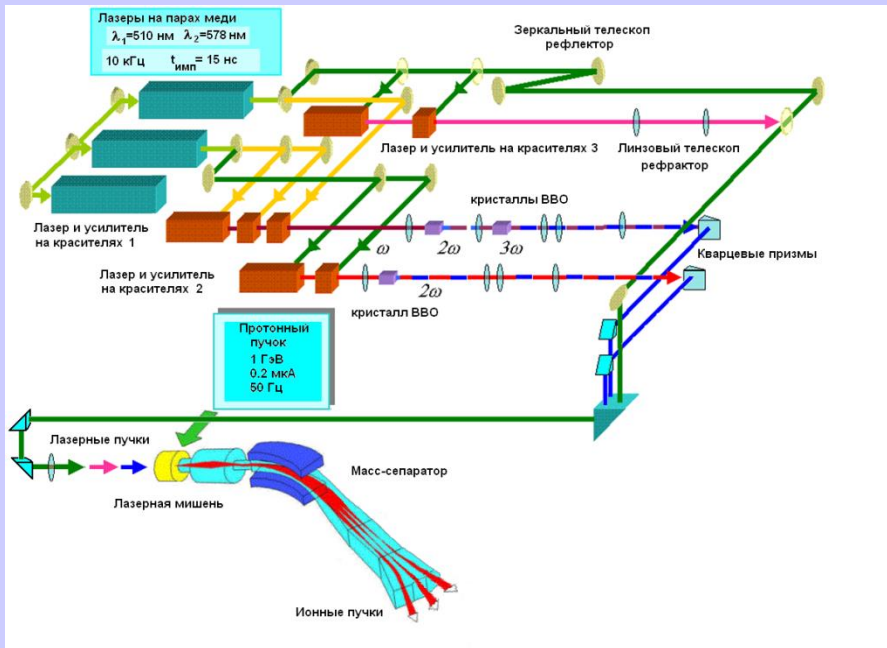
(расчеты М.С. Онегина)



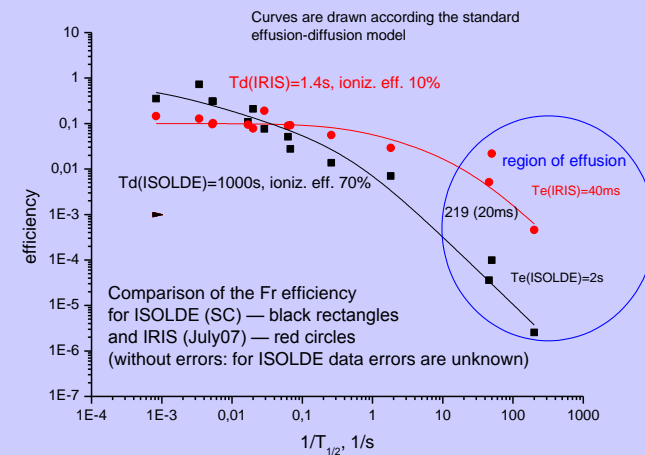
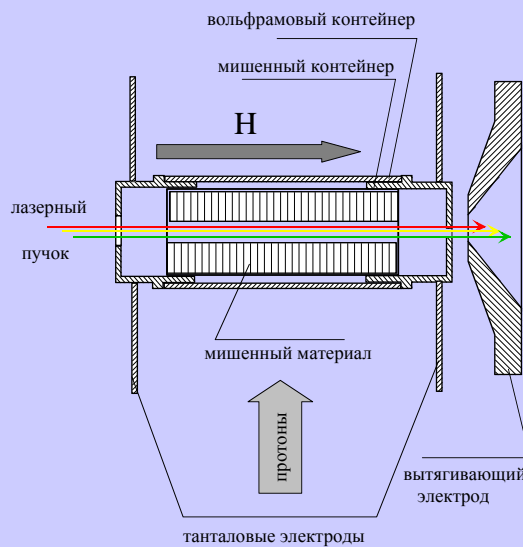
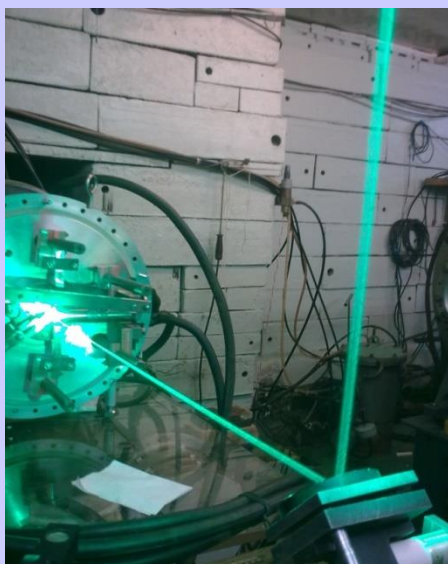
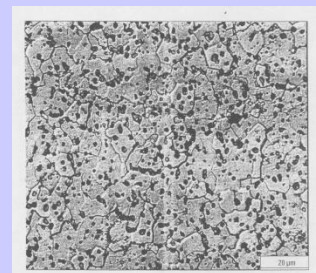
	ГЭК-5	ГЭК-5'
Нейтронный поток, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$	$1,15 \cdot 10^{10}$	$4,2 \cdot 10^{10}$
Сечение канала $\text{см}^2$	510,7	346,4



# Разработка урановой мишени



The target of  $^{238}\text{UC}$  of a high density

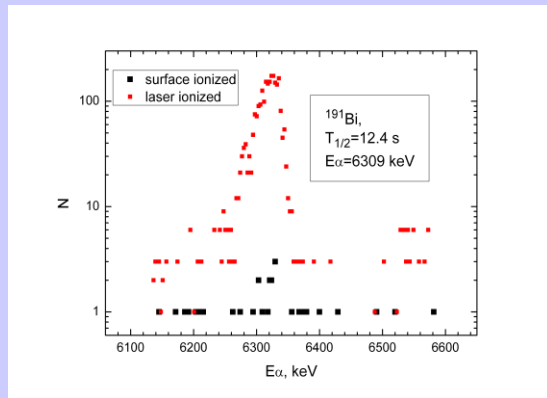


# Разработка ионного источника. Измерение on-line эффективности поверхностной и лазерной ионизации радиоизотопов с использованием источника из монокристаллического вольфрама



Ионный источник поверхностной ионизации с вольфрамовой трубкой длиной 20 мм из монокристаллического вольфрама с работой выхода 5 эВ

Элемент	Потенциал ионизации (эВ)	Эффективность (%)	Погрешность определения эффективности (%)
Cs	3.9	51	15
Rb	4.2	47	10
Ra	5.3	38	10
In	5.8	33	8
Tl	6.1	21	8



Как было показано, при увеличении длины ионизатора эффективность ионизации возрастает пропорционально его длине, поэтому, используя источник из монокристаллического вольфрама длиной 50 мм, реально получить эффективность ионизации, близкую к 100% как для стронция, так и для радия

Резонансное увеличение счета на альфа-линии  $^{191}\text{Bi}$  при включении лазерного излучения в лазерном ионном источнике

Использование ISOL комплекса ИРИНА на канале реактора ТИК с потоком нейтронов на мишени до  $5 \times 10^{13}$  н/см<sup>2</sup>сек обеспечит самые высокие в мире выходы нейтронно-избыточных ядер, что позволит значительно расширить область исследуемых изотопов, в частности, продвинуться в малоисследованную область изотопов с максимальным избытком нейтронов (астрофизические аспекты исследований).

Использование ионной ловушки PITRAP на одном из ионных трактов установки ИРИНА позволит измерять с высокой точностью (несколько кэВ) массы большого массива ядер, удаленных от полосы бета-стабильности.

С использованием высокочувствительного метода резонансной лазерно-ионизационной спектроскопии будут проводиться измерения зарядовых радиусов и электромагнитных моментов большого числа ядер в наиболее интересных для ядерной физики областях дважды магических ядер <sup>78</sup>Ni и <sup>132</sup>Sn.

Кроме того, на радиоизотопном комплексе ИРИНА возможно получение сверхчистых радионуклидов для медицинского применения и для исследований по физике твердого тела

В НИКИЭТ разработан проект нового канала 5-5' для расположения мишенно-оптической системы установки ИРИНА. Ведутся переговоры с ВГУП НИИ НПО "ЛУЧ" - по возможности изготовления канала и внутриреакторной части комплекса ИРИНА.

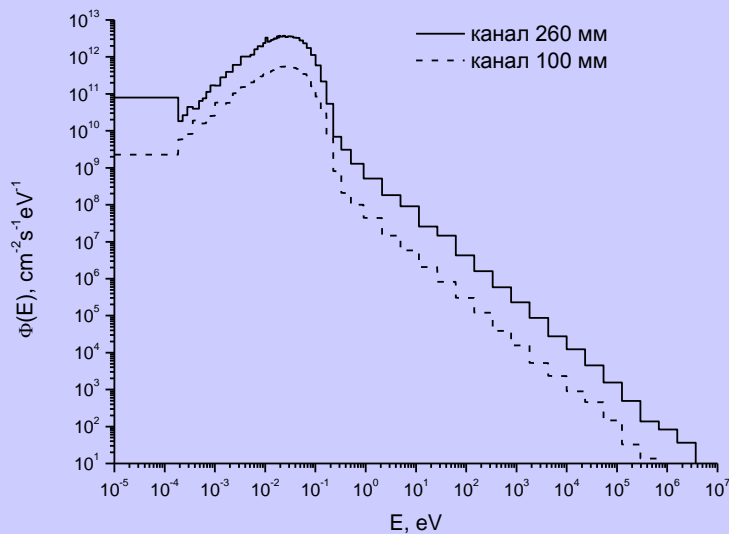
# Neutron flux on the border of radiation shield of HEC-5

(calculated by M.S. Onegin)



Canal diameter = 100 mm

Energy range	Neutron flux, $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
Thermal neutrons, energy < 0,625 eV	$3,87 \times 10^{10}$
fast neutrons, energy > 0,1 MeV	$2,8 \times 10^7$
All energies	$3,91 \times 10^{10}$

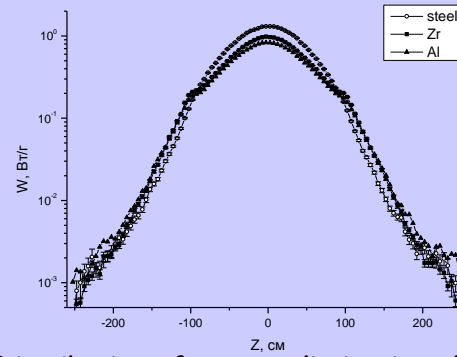
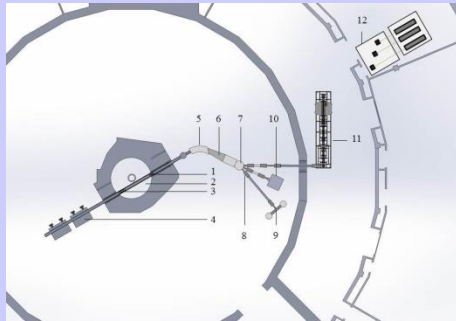


Canal diameter = 260 mm

Energy range	Neutron flux, $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
Thermal neutrons, energy < 0,625 eV	$2,65 \times 10^{11}$
fast neutrons, energy > 0,1 MeV	$2,73 \times 10^8$
All energies	$2,70 \times 10^{11}$

Neutron spectrum at the exit of HEC-5.

## The energy dissipation at the internal vacuum tube



Distribution of energy dissipation along internal vacuum tube

Internal vacuum tube: **aluminum CAB-6**

Water flow: **1.5 m<sup>3</sup>/h**; temperature: **55 °C**  
(entrance), **75 °C** (exit)



The first prototype of internal vacuum tube in the IRIS experimental hall



The first tests of accelerating voltage 30 kV with the target-ion source heating

