



ПРОЕКТ ПИТРАП PITRAP (Petersburg's Ion TRAP)

Статус 2016 г.

Ю.Н. НОВИКОВ

Лаборатория Физики Экзотических Ядер

Отчёт на Учёном Совете ОФВЭ 27 декабря 2016 г.

Преимущества ловушечной спектрометрии на ПИКе В чём уникальность этого сочетания?

- ионная ловушка -высокочувствительный и высокоточный прибор

(один атом)  (самый точный в масс-спектрометрии) 

- измерения с ловушкой – прямые (используется прямая привязка к эталону масс -углероду и его соединениям)
- Реактор ПИК –**высокоинтенсивный источник** нейтроно-избыточных нуклидов

Ловушка + ПИК \equiv ПИТРАП  **самый, самый, самый ?!!**



Основные направления с использованием ионной ловушки ПИТРАП в фундаментальной физике

Прямые высокоточные измерения масс (и времён жизни) нуклидов в целях:

On-line

- Ядерная физика (ландшафт массовой поверхности экзотических нуклидов, ядерная изомерия, формулы масс, пост-ловушечная спектроскопия),
- Астрофизика – свойства r-процесса; определение пути r-процесса.

Off-line

- Астрофизика – свойства s-процесса (космохронология)
- Нейтринная физика (закон сохранения лептонного заряда, существование тяжёлых «стерильных» нейтрино),

Ю. Новиков-УС ОФВЭ 27.12.2016



Основные физические задачи проекта ПИТРАП в Лаборатории Физики Экзотических Ядер ОФВЭ

Мотивировка- Астрофизика:

I. On-line - режим

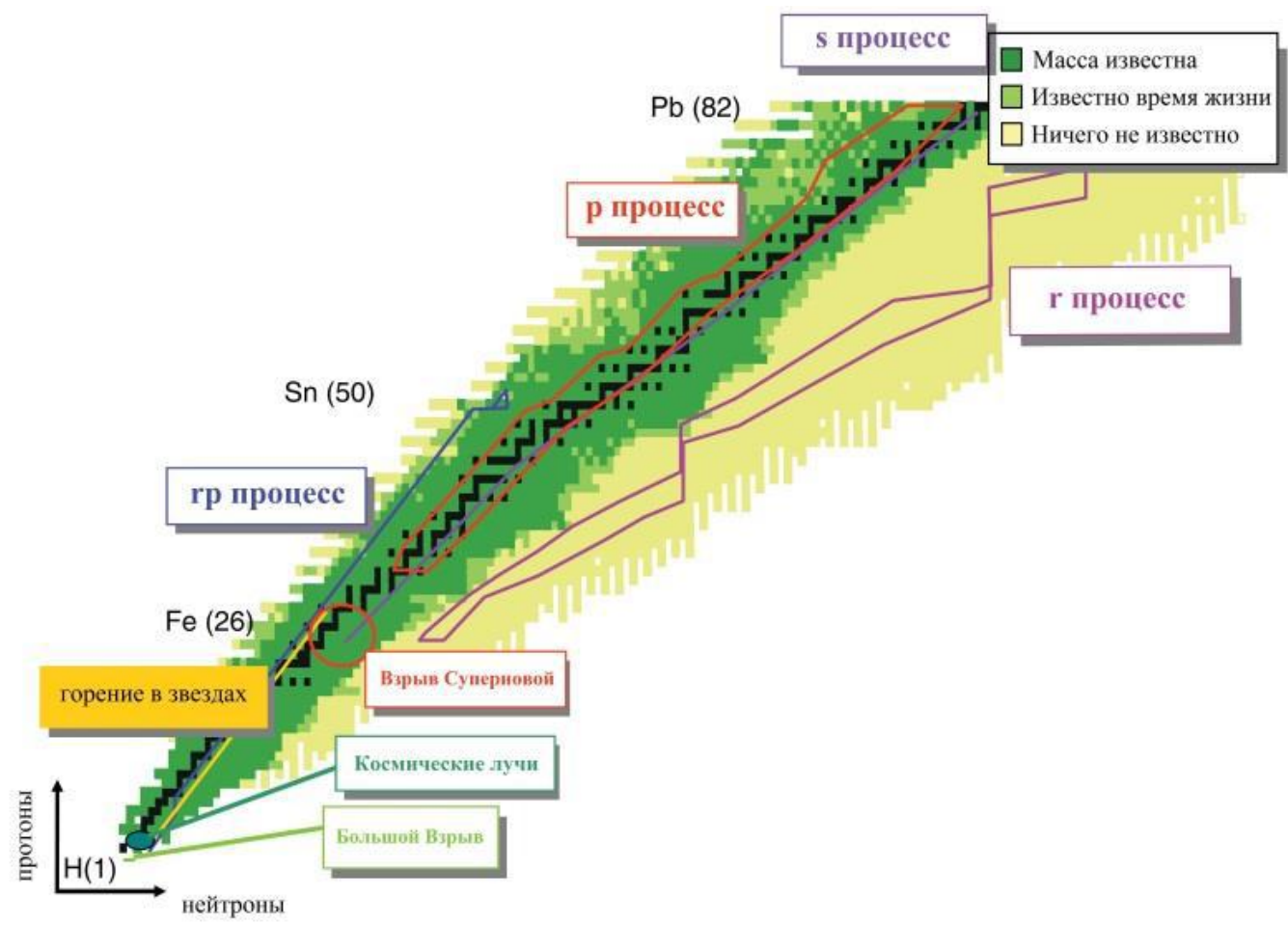
- Массы экзотических нейтроно-избыточных нуклидов, участвующих во взрывном r -процессе.

II. Off-line - режим

- Разности масс квазистабильных нуклидов, участвующих в завершающих стадиях астрофизических s - и r -процессов



«Астрофизическая» карта нуклидов

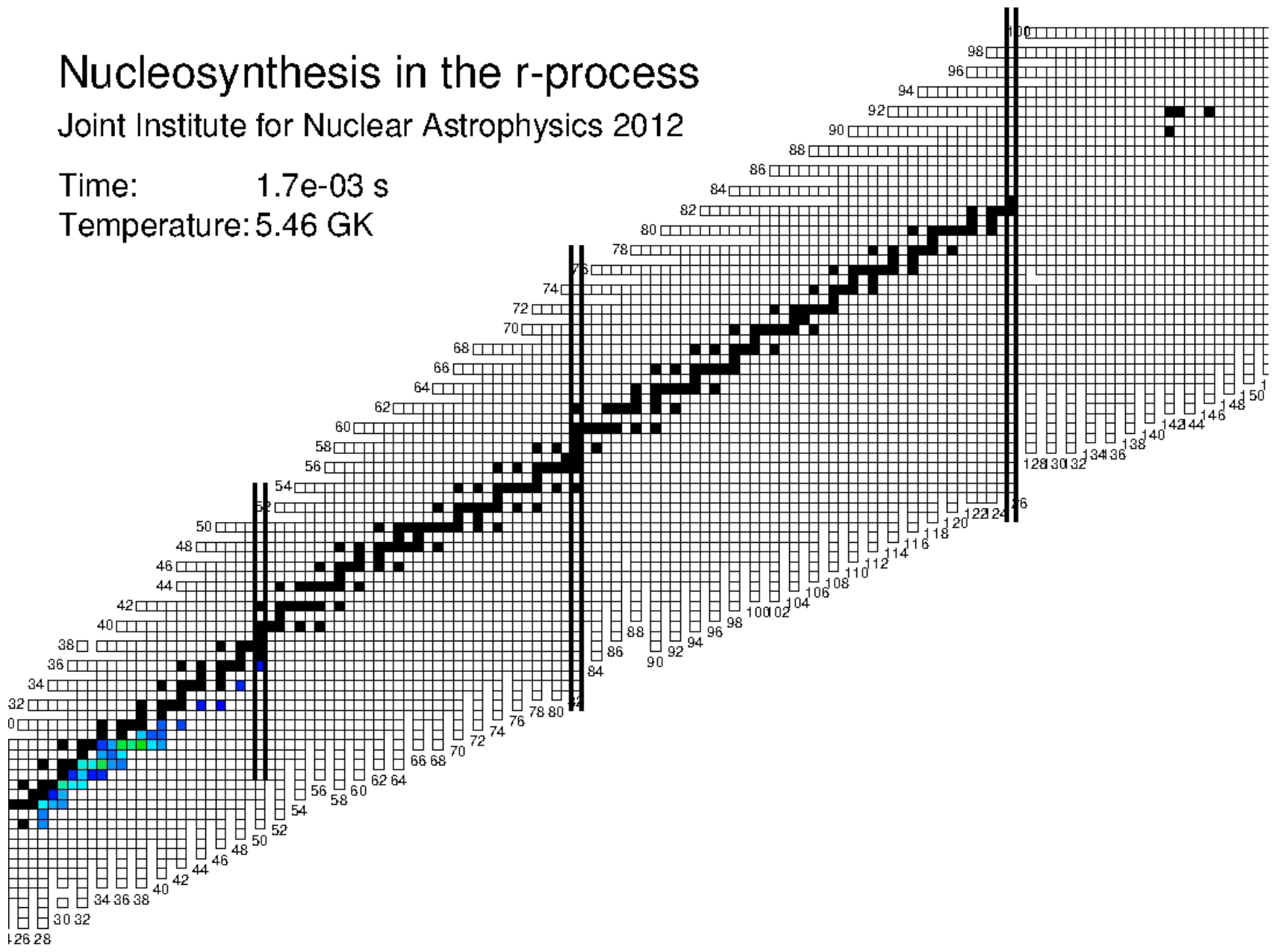


Nucleosynthesis in the r-process

Joint Institute for Nuclear Astrophysics 2012

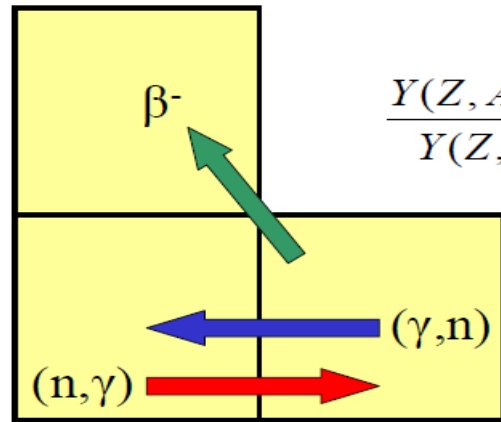
Time: 1.7×10^{-3} s

Temperature: 5.46 GK





Статистическое равновесие в r-процессе



Abundances:

$$\frac{Y(Z, A+1)}{Y(Z, A)} = n_n \frac{G(Z, A+1)}{2G(Z, A)} \left[\frac{A+1}{A} \frac{2\pi\hbar^2}{m_u kT} \right]^{3/2} \exp(S_n / kT)$$

$Y(Z, A) \equiv$ abundance of nuclide (Z, A)

$n_n \equiv$ neutron number density

$m_u \equiv$ mass of 1 u

$G(Z, A) \equiv$ nuclear partition function

$S_n \equiv$ neutron separation energy

Abundance maxima:

$$\frac{dY}{dA} = 0$$

$$\overline{S_n} = kT \ln \left[\frac{2}{n_n} \left(\frac{m_u kT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \right]$$

Independent of neutron capture cross-section!!!

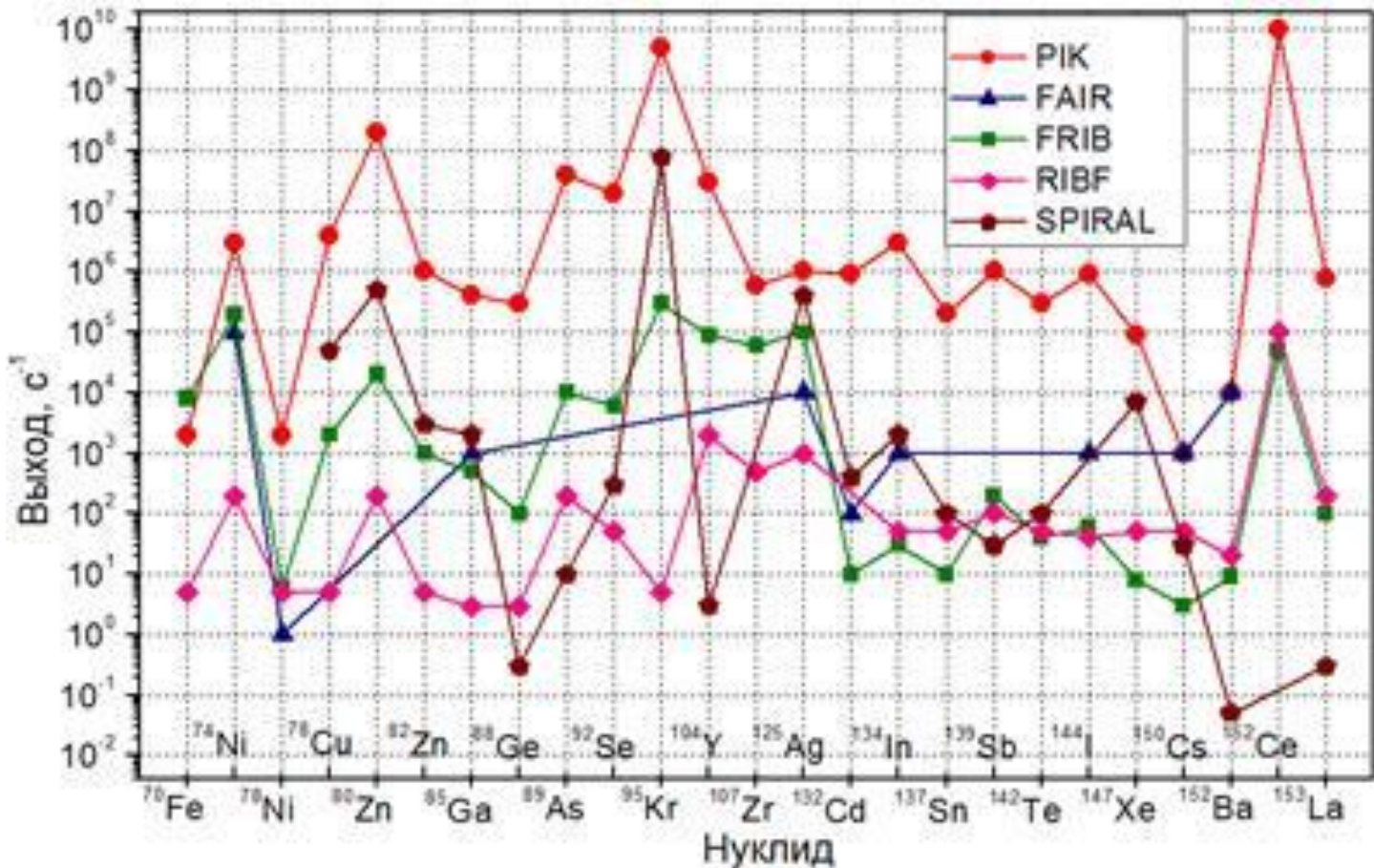
$T=1.5 \text{ GK}$, $n_n=10^{24} / \text{cm}^3$, $S_n \sim 3 \text{ MeV}$ *Courtesy of J. Clark(UM)*

$$S_n = M(Z, N - 1) - M(Z, N) + m_n$$



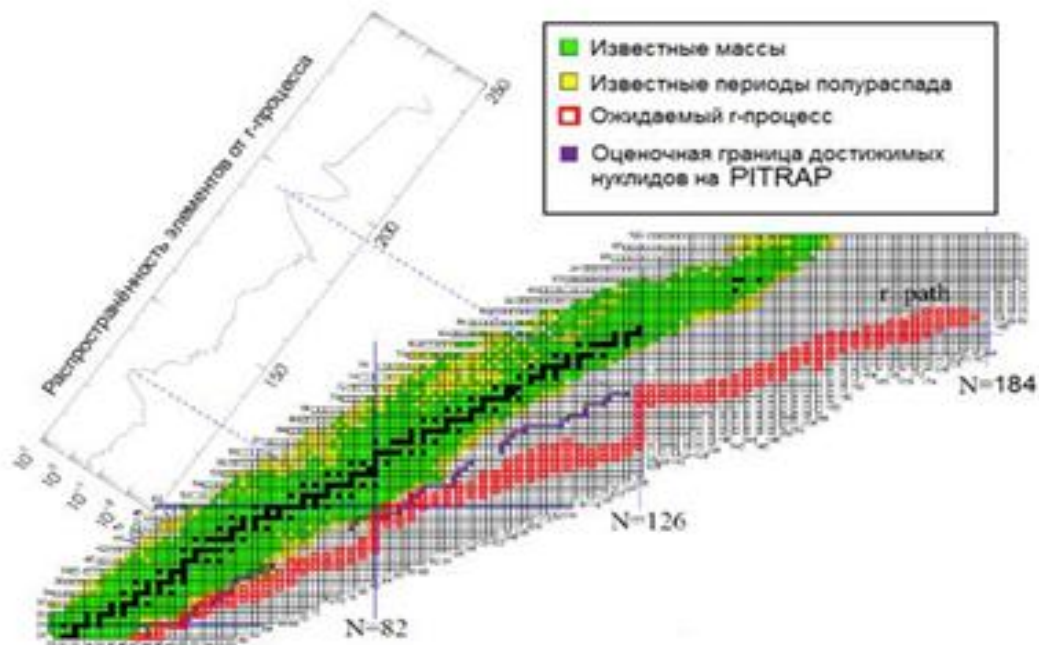
Сравнительная продуктивность различных установок

- ПИК:
U-1.5 г, 310^{13}
- FAIR:
U = 1 мкА frag
on Be = 4 г
- FRIB:
U=1 мкА frag
- RIBF:
U=10 нА frag
on Pb=0.6 г
- SPIRAL:
neutrons from
d-beam on U=
280 г.





Карта нуклидов с ожидаемым путём r -процесса и границей достижимых нуклидов на ПИТРАПе

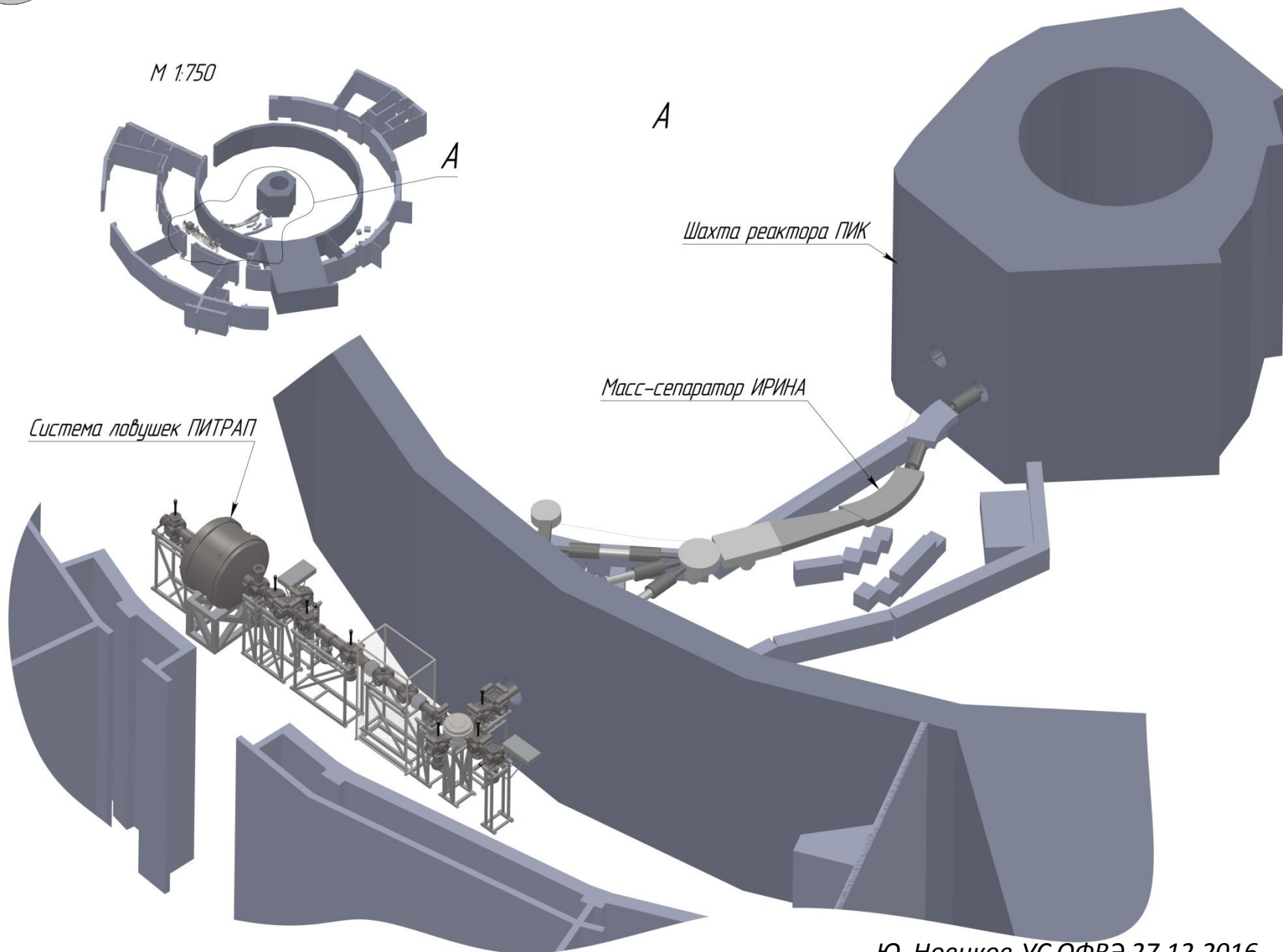




**2016 –
завершающая стадия НИОКР**



Расположение установки ПИТРАП в зале



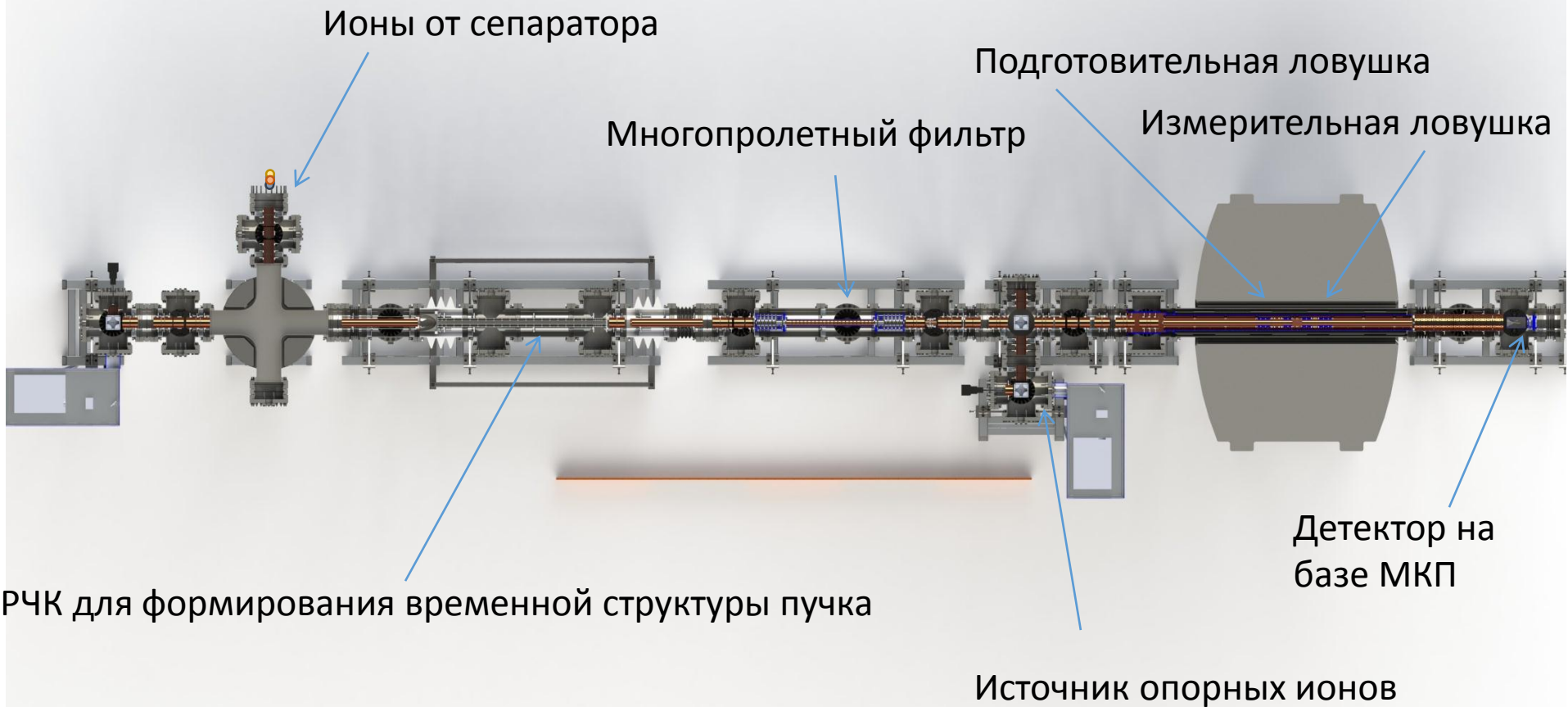


Макет основной трассы ПИТРАП с ионной ловушкой





Принцип работы системы



Картинка С. Ченмарева

Отчёт по НИОКР проекта ПИТРАП (ПИЯФ № Ф-310, 2016 г.)

Титульная страница

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова»

УДК 621.384.8

Ищ. № *Р-310*



Утверждаю

Научный руководитель ФГБУ «ПИЯФ» В. Л. Аксенов

«*9*» *XI* 2016г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ РАБОТЕ

«Приборная база лабораторного комплекса РК ПИК»

по теме

«Установка ПИТРАП - комплекс ионных ловушек ПИЯФ на горизонтальном
экспериментальном канале № 6' РК ПИК для прецизионной масс-
спектрометрии нуклидов»
(промежуточные)

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по научной работе

Руководитель Отделения ФВЗ

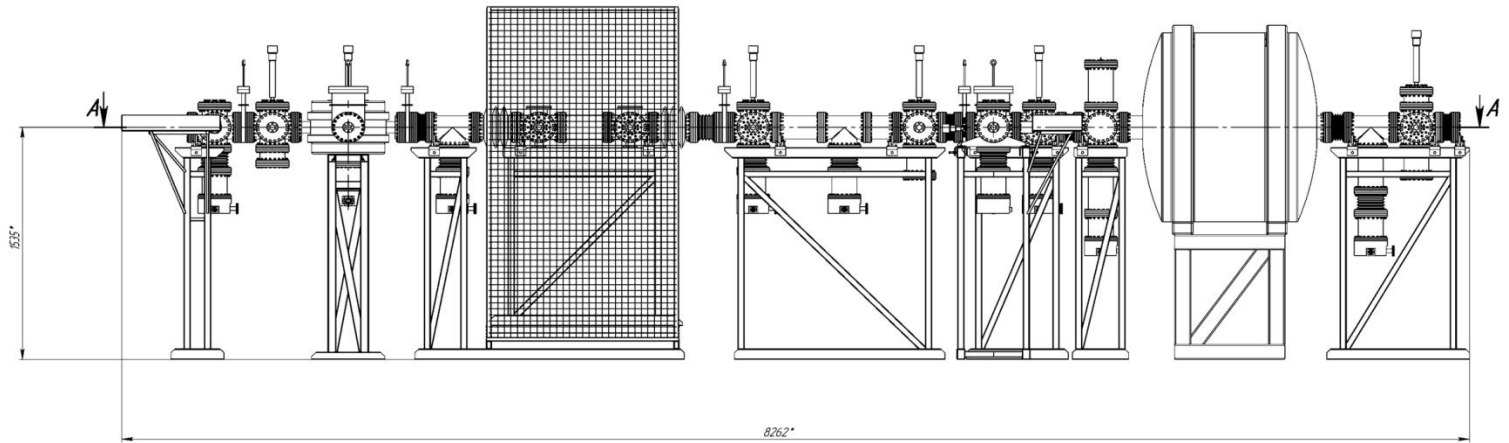
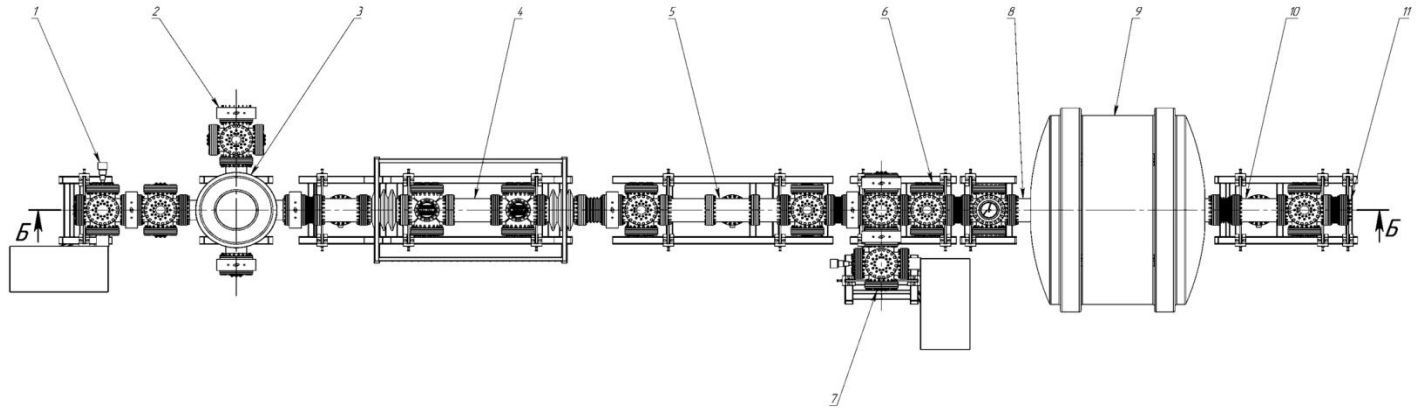


В.В. Воронин

А.А. Воробьев

Гатчина 2016

Позиция	Наименование
1	Нержавеющий лазерный ионный источник
2	Ионоработ от сепаратора
3	Сборка лабораторного магнита
4	Сборка РЧК
5	Микрополосчатый масс-спектрометр
6	Блок подключения дополнительных опорных счетчиков
7	Нержавеющий лазерный ионный источник альтернативное расположение
8	Сборка лобушек Пеннинга
9	Двуэлектронный сверхпроводящий магнит
10	Пролетная секция
11	Детекторная станция



*Размеры для справок

					ПИТРАП			
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Внешний вид системы	Лит	Масса	Масштаб
Проб						Лист 1	Листов 3	1:20
Т контр								
Н контр								
Этб								
Шифр								

Схема ПИТРАП в сборке / лист 1/

Лист прорисован ПИТРАП

Сторон №

Лист и дата

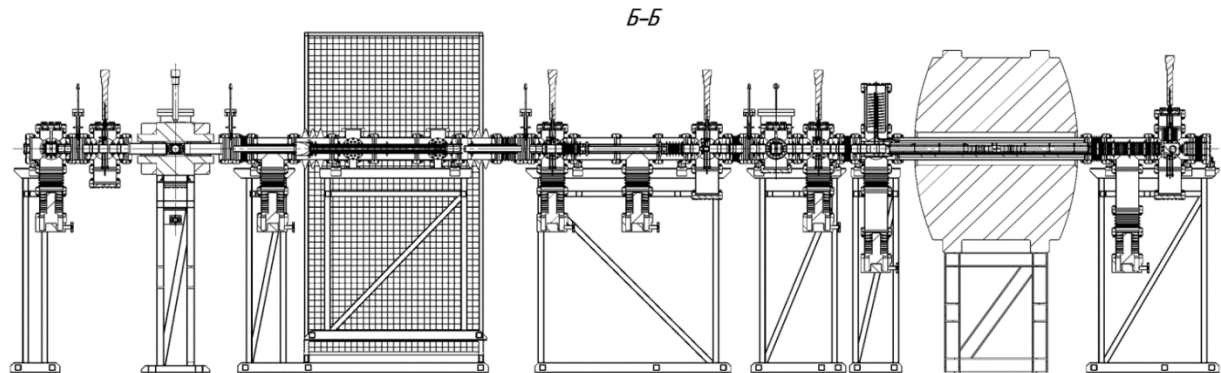
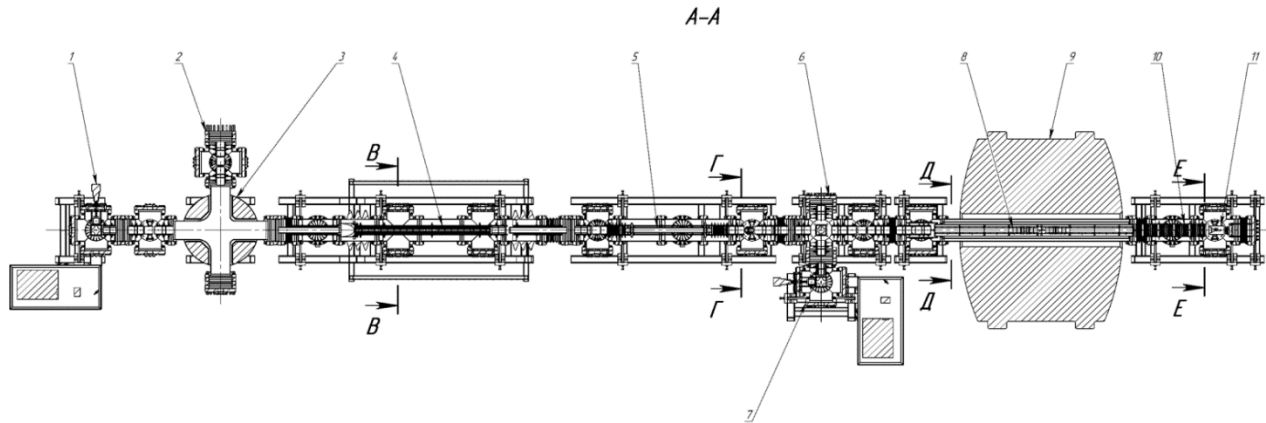
Изм № докум

Взам инв №

Лист и дата

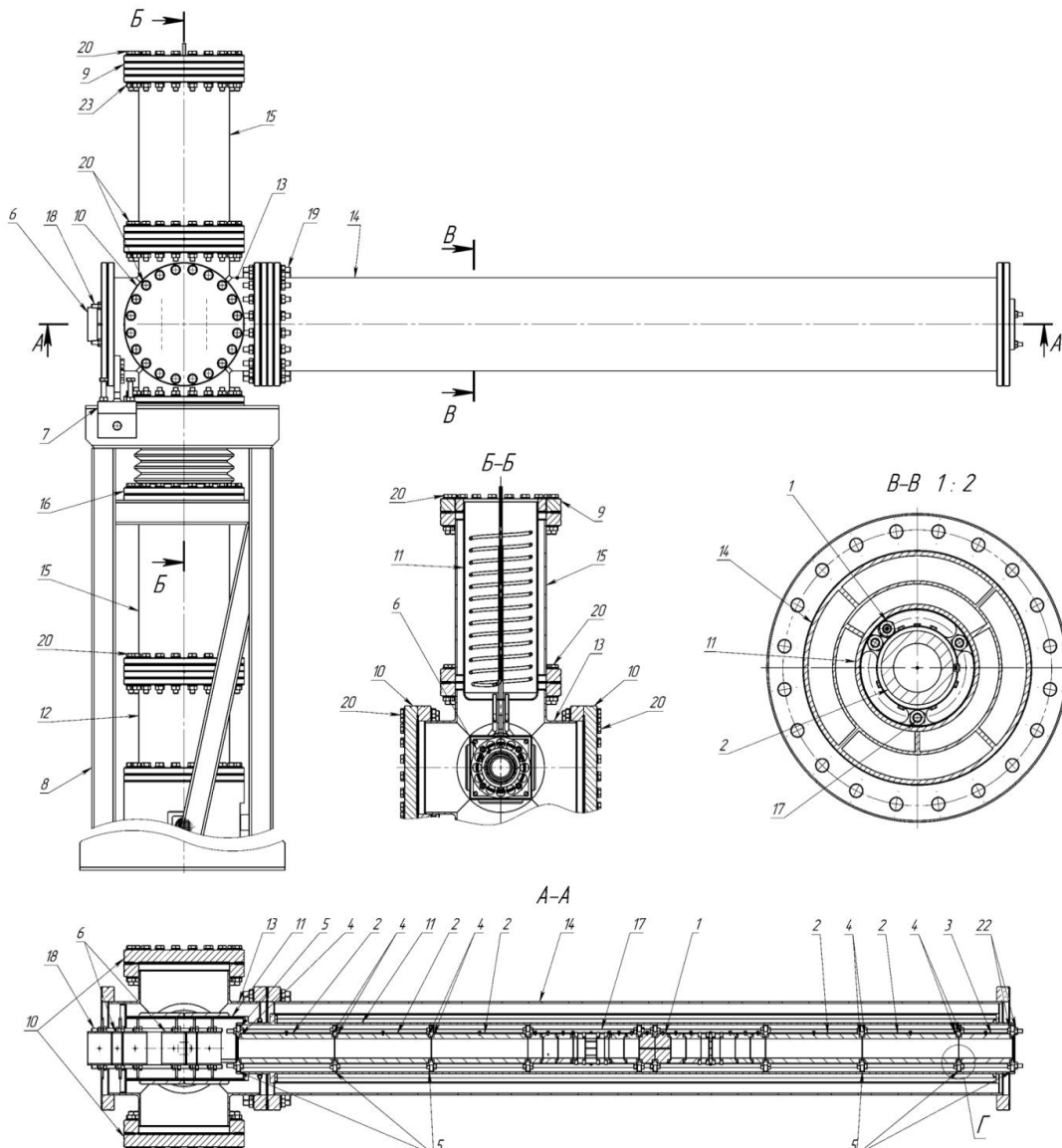
Изм № докум

Позиция	Наименование
1	Нерезонансный лазерный ионный источник
2	Мониторинг от сепаратора
3	Сварка поворотного магнита
4	Сварка РЧК
5	Многосекционный масс-сепаратор
6	Блок подключения дополнительных открытых источников
7	Нерезонансный лазерный ионный источник альтернативное размещение
8	Сварка лобушек Леминга
9	Двухзонный сверхпроводящий магнит
10	Графитная секция
11	Детекторная станция



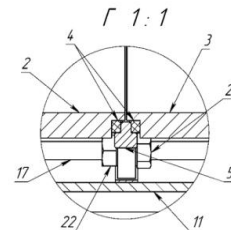
Разрез сборочного вида комплекса ПИТРАП / лист 2 /

ПИТРАП-001-00



ПИТРАП схема сборки ловушек

Формат Знак	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
A2	1	ПИТРАП-001-01	Лобушки	1	
A4	2	ПИТРАП-001-02-01	Электрод	5	
A4	3	ПИТРАП-001-02-02	Электрод	1	
A4	4	ПИТРАП-001-01-02-01	Изолятор	12	
A4	5	ПИТРАП-001-01-03-01	Опора лобушки	6	
A4	6	ПИТРАП-000-01-02	Фокусирующая линза	2	
A4	7	ПИТРАП-000-03	Опора камеры	1	
A4	8	ПИТРАП-001-03	Опора	1	
A4	9	ПИТРАП-001-09	Фланец стакана	1	
	10		Фланец DN160-CF	2	
	11		Криостат	1	
	12		Турбомолекулярный насос	1	DN160-CF
	13		Вакуумная камера DN160-CF	1	6 входов
	14		Патрубок DN160-CF	1	Длина 1250мм
	15		Патрубок DN160-CF	2	Длина 280мм
	16		Сильфон DN160-CF	1	Длина 150мм
	17		Резьбовая шпилька M6 x 1340 DN-976-1	3	A2 / A4
	18		Резьбовая шпилька M6 x 220 DN-976-1	4	A2 / A4
	19		Резьбовая шпилька M8 x 80 DN-976-1	20	A2 / A4
	20		Болт с шестигранной головкой M8 x 60 DN-931	140	A2 / A4
	21		Плоская шайба M8 DN-125	320	A2 / A4
	22		Гайка шестигранная M6 DN-394	60	A2 / A4
	23		Гайка шестигранная M8 DN-394	180	A2 / A4

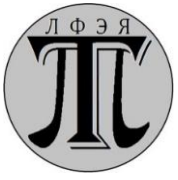


ПИТРАП-001-00					Лит	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум	Год	Дата			1:5
Рисовал							
Прод							
Т. контр							
И. контр							
Сшт							
Шифр							

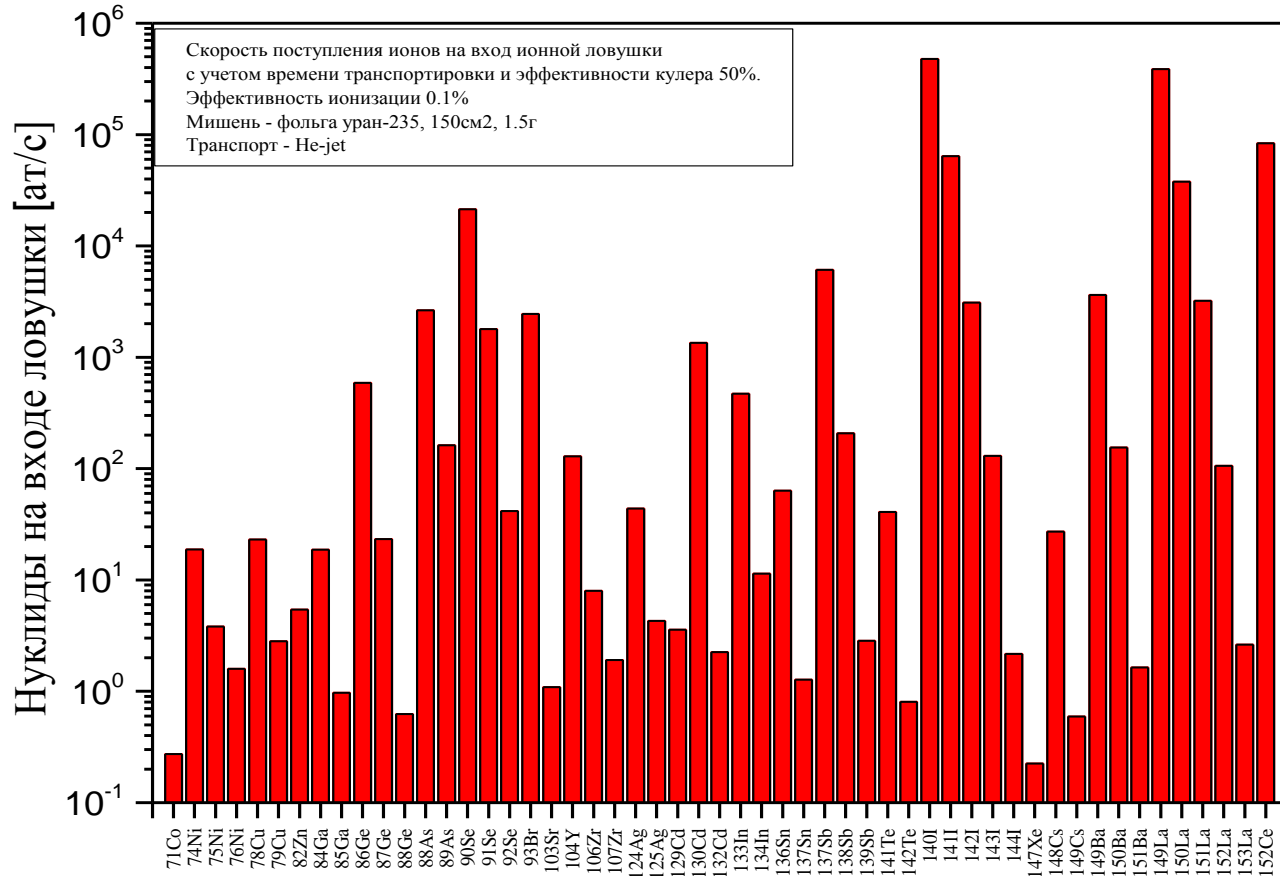
Сборка лобушек

Лист 1

Формат А2



Выходы нуклидов на ловушке





Смета на материалы и оборудование

(в ценах 2012 г.)

Элемент установки	Цена (тыс. Евро)	Место разработки/ производства
сверхпроводящий магнит, 7 Тесла	700	фирма Magnex Великобритания
газонаполненный квадруполь с электроникой	200	GSI и МРІК, Германия
время-пролётный спектрометр	250	Greifswald, Германия
детекторные станции: механический привод сборка держателя МКП-детектор Si-детектор электроника	100	VACOM, PREVAC МРІК, Германия El-Mul, Израиль ORTEC ORTEC
ионные источники: механика вакуумная камера матрицы щел.-зем. элем. лазер и оптика	200	ПИЯФ, Россия ПИЯФ, Россия HeatWave, США несколько фирм



Смета на материалы и оборудование (продолжение)

Криостат, электроника для третьего этапа (FT-ICR)	350	несколько фирм, Германия
распределительный квадруполь: электроды вакуумная камера	15	ПИЯФ, Россия ПИЯФ, Россия
ионная оптика: электроды вакуумные камеры электроника и электрика	100	ПИЯФ, Россия ПИЯФ, Россия CAEN, Италия
вакуумные камеры (сталь 1.4429 ESU)	100	несколько фирм, Германия
сборка электродов ловушек	100	MPIK, Германия
электроника и электрика для ловушек	150	GSI, MPIK/ Германия AGILENT, Stanford Research/ США
вакуумная техника: турбонасосы форвакуумные насосы измерители давления система подачи газа	150	OERLEKON OERLEKON PFEIFFER PFEIFFER, Swagelok
высоковольтная платформа	50	ПИЯФ, Россия ИТЕМ
сборочная платформа	50	ПИЯФ, Россия ИТЕМ
система стабилизации: температуры магнита давления в магните	50	ПИЯФ, Россия MKS, США
Газонаполненная камера	200	GSI, MPIK/ Германия ПИЯФ



Статьи расходов (в ценах 2012 г.)

№ № пп	Наименование статьи расходов	Сумма (тыс.руб.)
1.	Материалы, комплектующие изделия и оборудование, изготовленное за рубежом	110600
2.	Расходы на оплату труда	50000
3.	Обязательные отчисления от оплаты труда	17000
4.	Командировки	5000
5.	Услуги сторонних организаций	2000
6.	Растаможивание/Транспортные расходы (30% от стоимости продукта)	7400
7.	Накладные расходы (30% от п.2)	15000
	Всего расходов	207000



Информационная активность

- Ю.И. Гусев, В. Гусельников, С.А. Елисеев, Т.В. Конева, Д. Нестеренко, Ю.Н. Новиков, А.В. Попов, М.В. Смирнов, П.Е. Филянин, С.В. Ченмарев. *«Ионные ловушки Пеннинга для высокопрецизионных измерений массы нейтроноизбыточных ядер на реакторе ПИК»*, Атомная Энергия 118 (2015), 334-339.
- Yu. I. Gusev, V. S. Gusel'nikov, S. A. Eliseev, T. V. Koneva, D. A. Nesterenko, Yu. N. Novikov, A. V. Popov, M. V. Smirnov, P. E. Filyanin, and S. V. Chenmarev. *"Penning ion traps for high-precision measurements of the mass of neutron-excess nuclei in the PIK reactor"*. Atomic Energy, Vol. 118, No. 6, October, 2015 .
- Ю.И. Гусев, В. Гусельников, С.А. Елисеев, Т.В. Конева, Д. Нестеренко, Ю.Н. Новиков, А.В. Попов, М.В. Смирнов, П.Е. Филянин, С.В. Ченмарев. *“Проект ПИТРАП: ионные ловушки Пеннинга на реакторе ПИК.”* Препринт ПИЯФ-2960 (2014).
- Ю.И. Гусев, В. Гусельников, С.А. Елисеев, Т.В. Конева, Д. Нестеренко, Ю.Н. Новиков, А.В. Попов, М.В. Смирнов, П.Е. Филянин, С.В. Ченмарев. *“Перспективы использования ионной ловушки Пеннинга на реакторе ПИК “.* Постер на конференции КМУС-2014., ПИЯФ-ноябрь 2014.
- *“Установка ПИТРАП-комплекс ионных ловушек ПИЯФ на горизонтальном экспериментальном канале № 6' РК ПИК для прецизионной масс-спектрометрии нуклидов.”* Отчёт ПИЯФ № Ф-310 (2016).
- Ю.Н. Новиков. *«Проект ПИТРАП»*, Семинар ОФВЭ 22.04.2015



СПАСИБО!



- С Новым Годом!
- С Новыми успехами!
- С хорошим здоровьем!