

Проект «ПИТРАП» - ионная ловушка на реакторе ПИК

Ю.Н. Новиков

Лаборатория Физики Экзотических Ядер

Учёный Совет ОФВЭ ПИЯФ НИЦ КИ

Гатчина

28.12.2017.

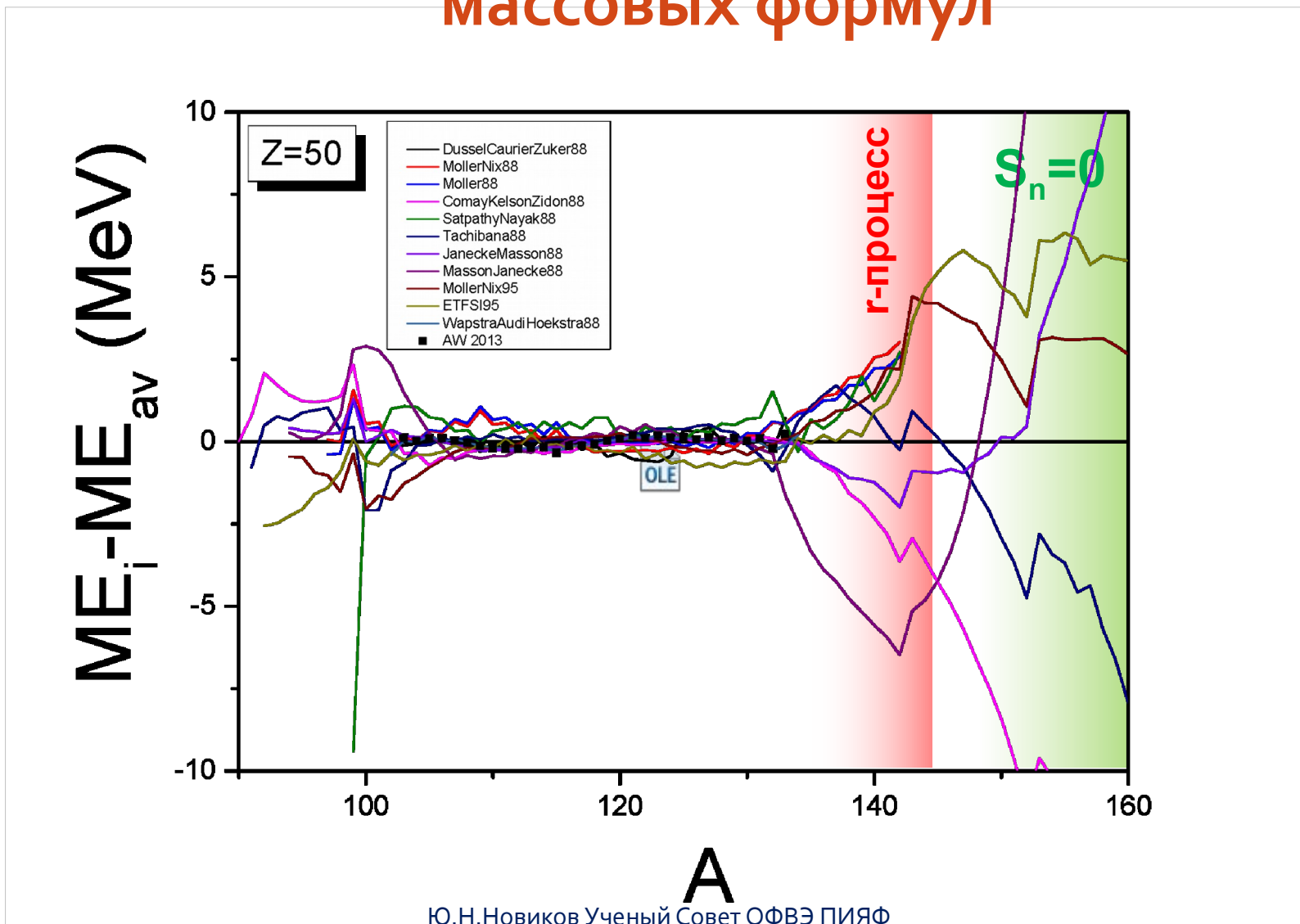


Задачи проекта ПИТРАП

- ПИТРАП-ионная ловушка для измерения масс экзотических нейтроно-избыточных нуклидов, получаемых в делении на реакторе ПИК
- Основная задача проекта – получение ландшафта масс с целью определения *в ближайшей перспективе* «экспериментального» пути r -процесса как основного источника химических элементов в природе, *в дальней перспективе* - *определение положения границы нейтронной устойчивости*



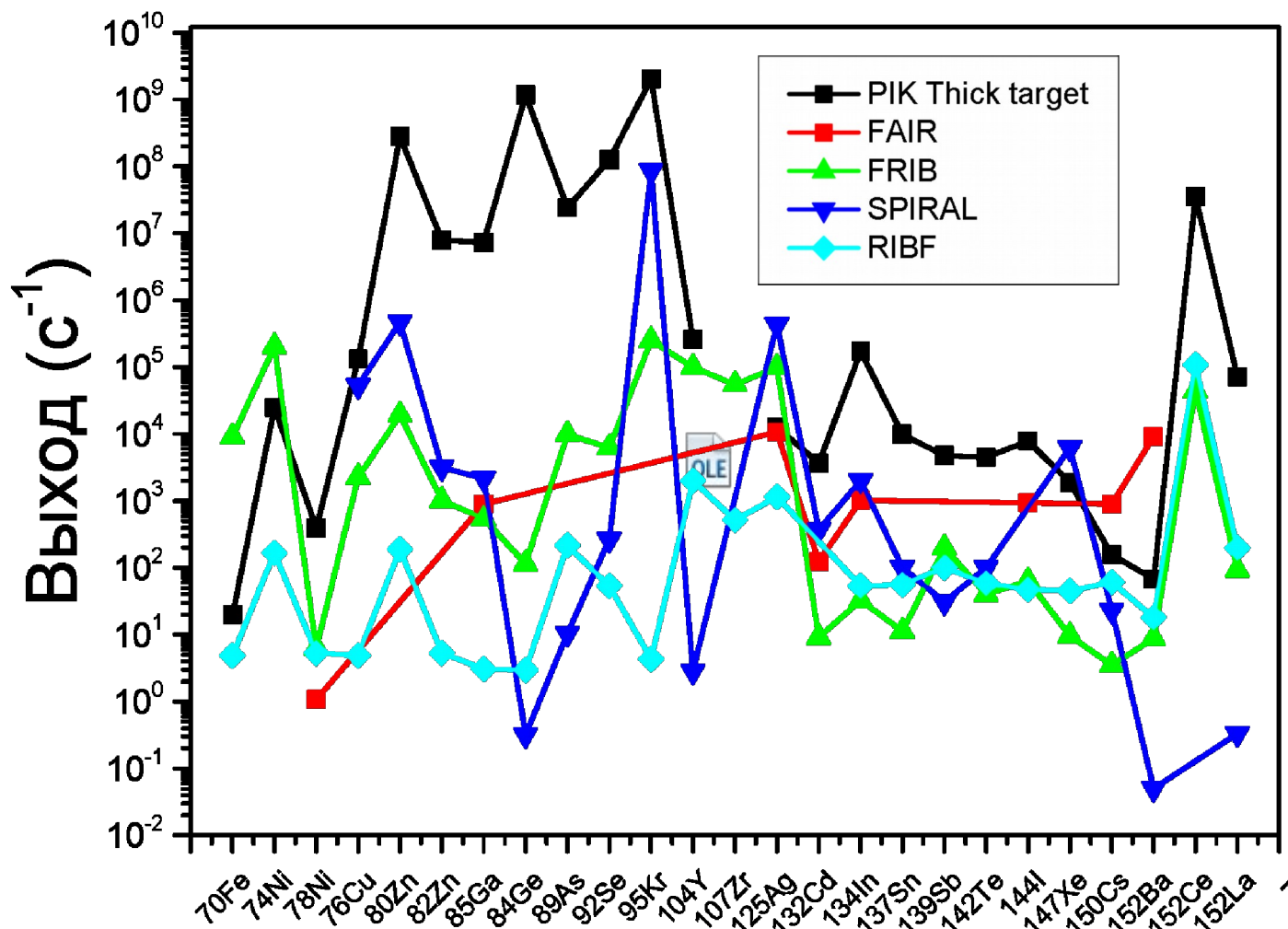
Сравнение предсказательных возможностей различных массовых формул





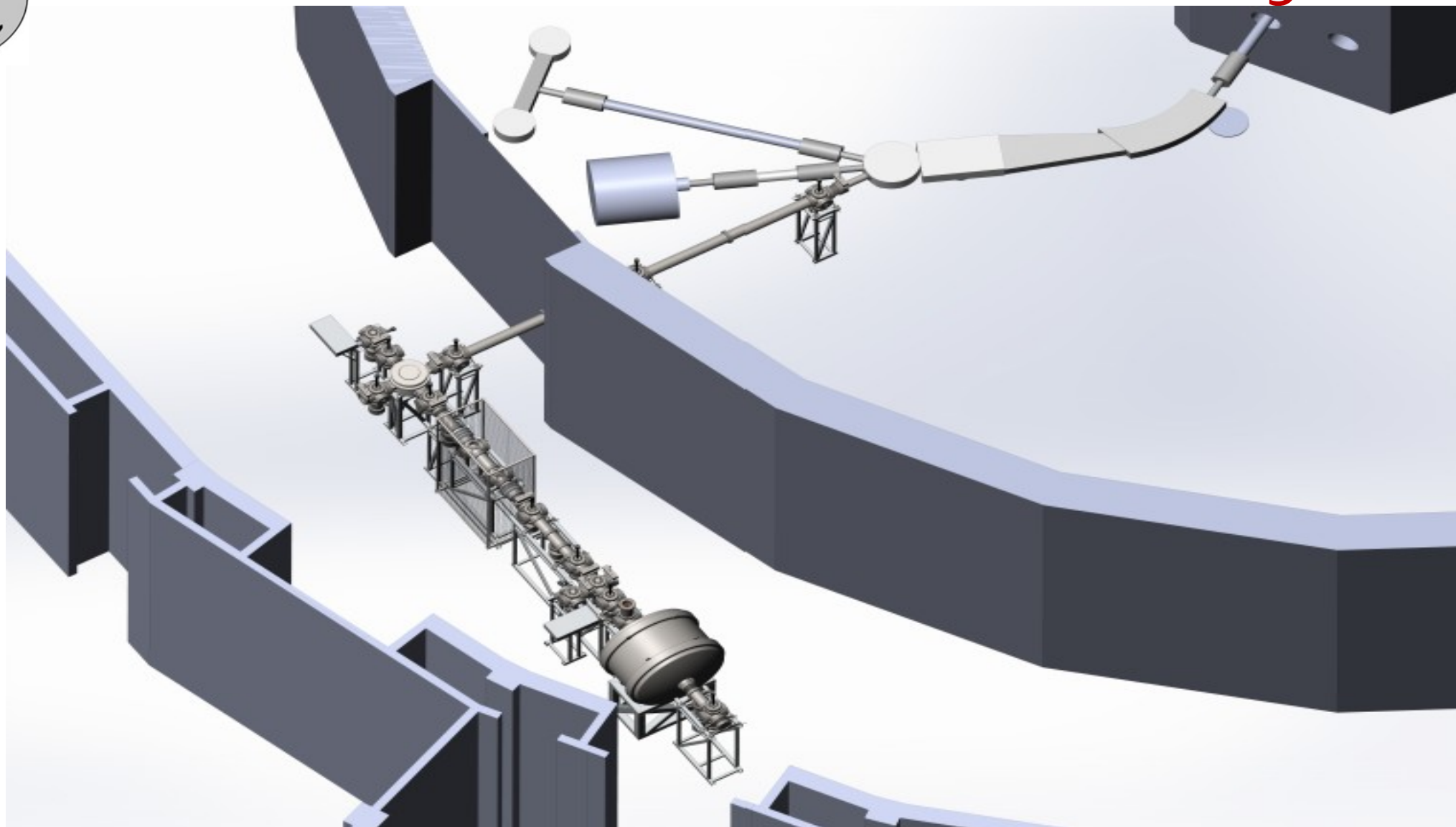
Сравнительная продуктивность различных установок

- ПИК:
U-1.5 Г, $3 \cdot 10^{13}$
- FAIR:
U = 1 мкА frag
on Be = 4 g
- FRIB:
U=1 мкА frag
- RIBF:
U=10 нА frag
on Pb=0.6 g
- SPIRAL:
neutrons from
d-beam on U=
280 g.



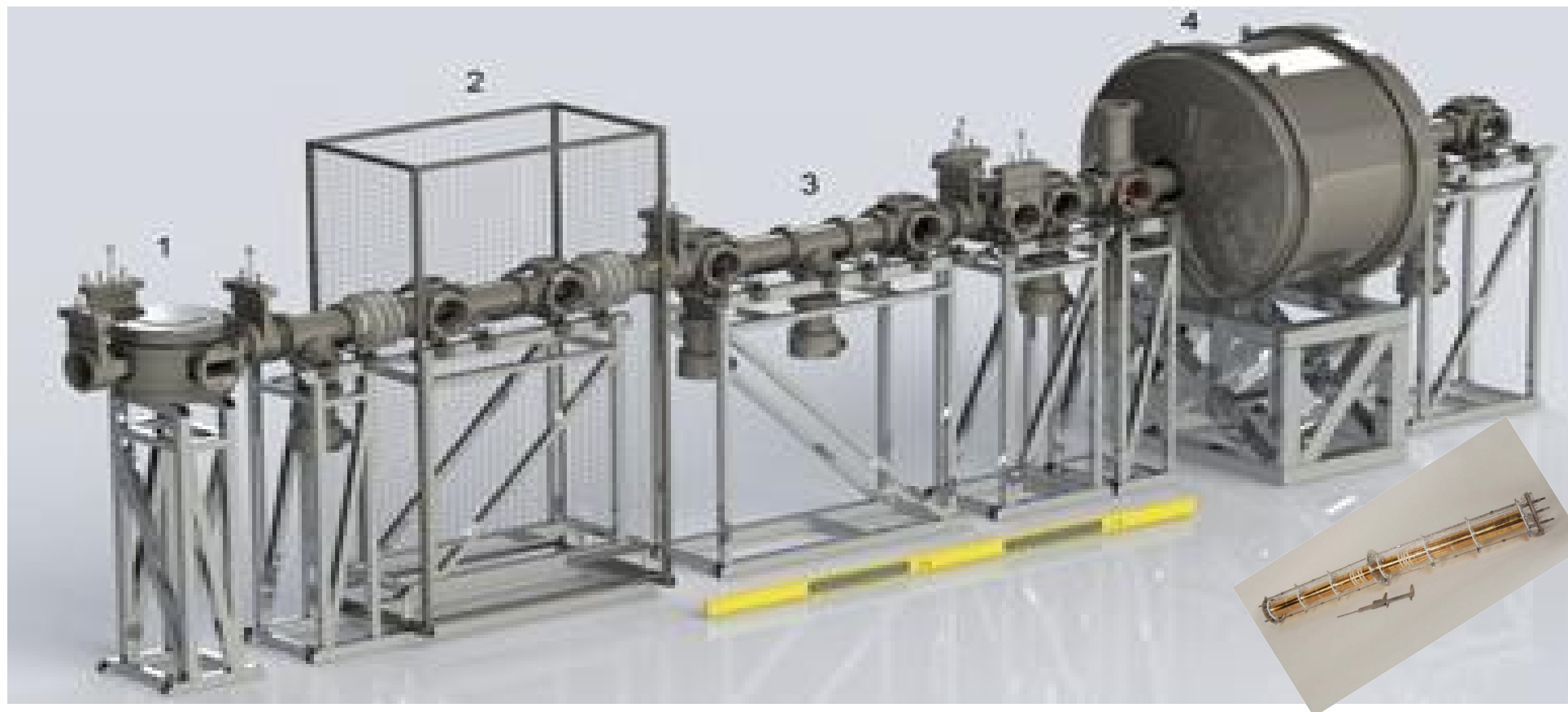


Установки ИРИНА и ПИТРАП на канале 5'





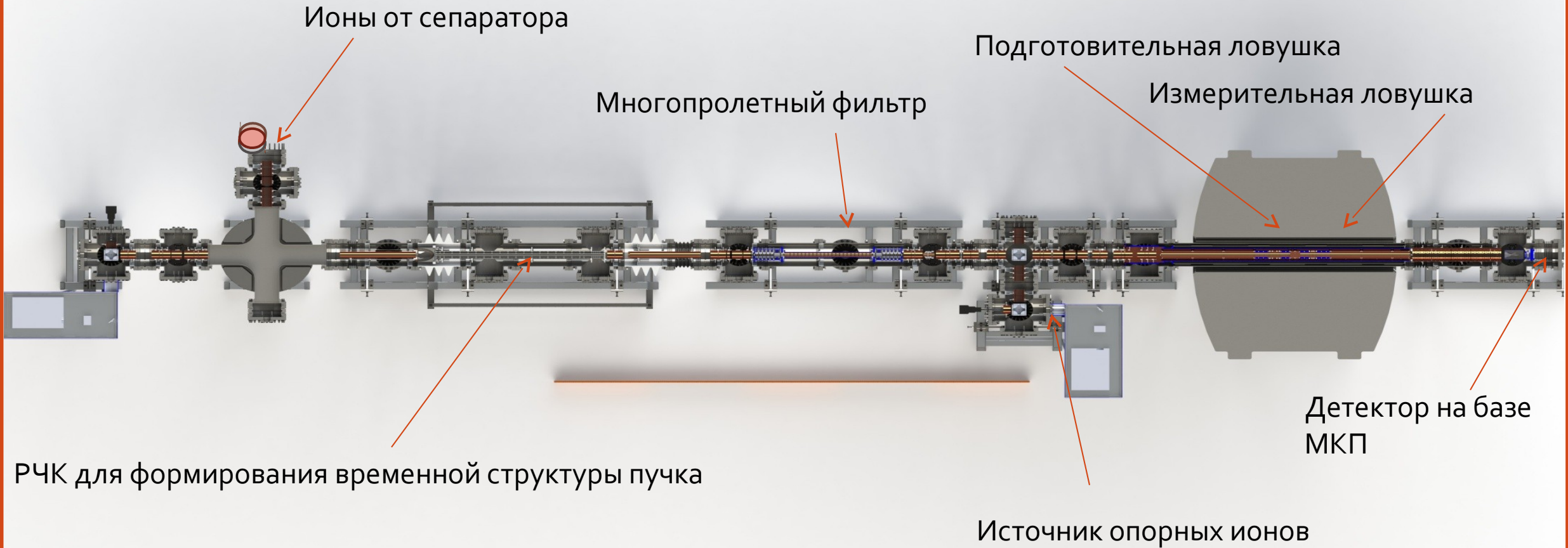
Макет основной трассы ПИТРАП с ионной ловушкой



Макет установки ПИТРАП, состоящей из следующих основных элементов: поворотного магнита (1), газонаполненного радиочастотного квадруполя (2), времяпролётного масс-анализатора (3), сверхпроводящего магнита с ловушками Пеннинга (4).



Принцип работы системы





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

Ишв. № *Ф-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»
(промежуточный)

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по научной работе

Руководитель Отделения ФВЭ

В.В. Воронин

А.А. Воробьев

Гатчина 2016





Непосредственные участники :

Лаборатория Физики Экзотических Ядер ПИЯФ
Кафедра Ядерно-физических Методов Исследования СПбГУ

Сотрудничающие лаборатории и организации:

Лаборатория короткоживущих ядер ПИЯФ
Лаборатория Криогенной и Сверхпроводящей техники ПИЯФ
Институт М.Планка в Гейдельберге (ФРГ)
ФАИР/ГСИ в Дармштадте (ФРГ)

Персональный состав от ЛФЭЯ (подчёркнуты-молодые сотрудники):

Ю.И. Гусев, С.А. Елисеев, Т.В. Конева, Н.С. Мартынова, Д.А. Нестеренко, Ю.В. Нечипоренко,
Ю.Н. Новиков, А.В. Попов, Д. Симоновски, С.В. Ченмарев, П.Е. Филянин, О. Безроднова



Чем мы можем располагать, реализовав проект ПИТРАП ?

- Уникальной, *единственной в мире*, установкой, сочетающей использование высокоинтенсивного потока нейтронов (ПИК) с максимальной чувствительностью детектирующей системы (на уровне одного атома),
- Коллективом Лаборатории, имеющим *значительный опыт работы* с ионными ловушками,
- Научной программой, нацеленной на астрофизические проблемы и делающей *земную лабораторию полигоном астрофизических исследований*,

Воротами для исследований широкого круга вопросов ядерной и атомной физики

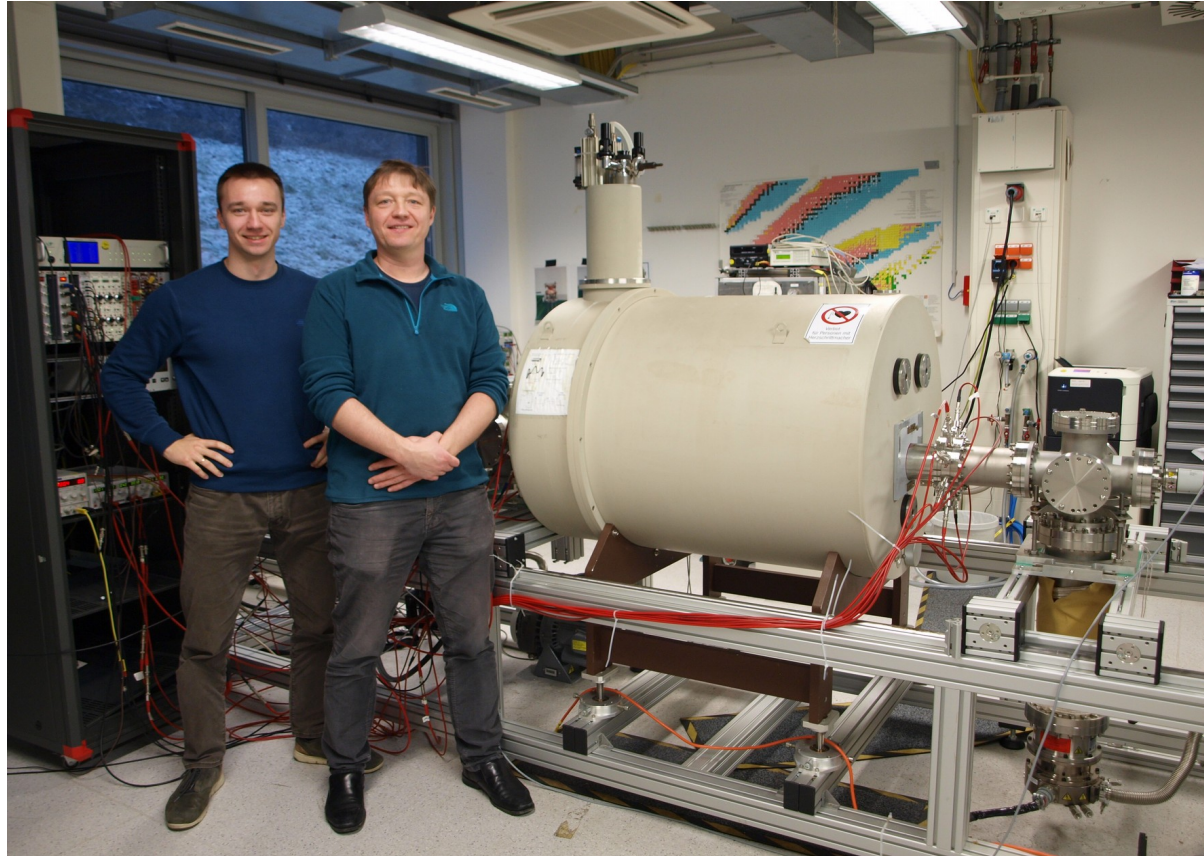


Особенности реализации проекта и трудности

- Стоимость проекта в его полной реализации около 290 млн руб.,
- Из них 70 млн. рублей для изготовления за рубежом «под ключ» однородного сверхпроводящего магнита надо получить одним траншем, «аккордно»,
- Немецкие коллеги, с которыми подписано LoI, заняты поиском подходящего, по возможности не очень дорогого магнита для поставки его под проект как вклад с их стороны,
- Сотрудники нашей лаборатории заняты созданием «гибридной» ловушки, сочетающей в себе свойства подготовительной и измерительной камер.



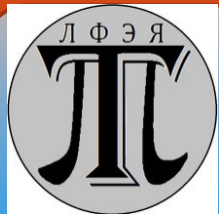
«Гибридная» ловушка в сверхпроводящем магните и её разработчики (С. Елисеев и П. Филянин)





Итак, в активе проекта ПИТРАП имеем:

- Сформулированы физические задачи
- Составлены НИР проекта
- Силами лаборатории проведены НИОКР всего проекта
- Проект представлен на различных семинарах и Учёных советах
- Основные положения проекта опубликованы
- Подписано Письмо о Намерениях с институтом М.Планка в Гейдельберге
- Начата работа над реализацией новой идеи -гибридной ловушки



СПАСИБО!

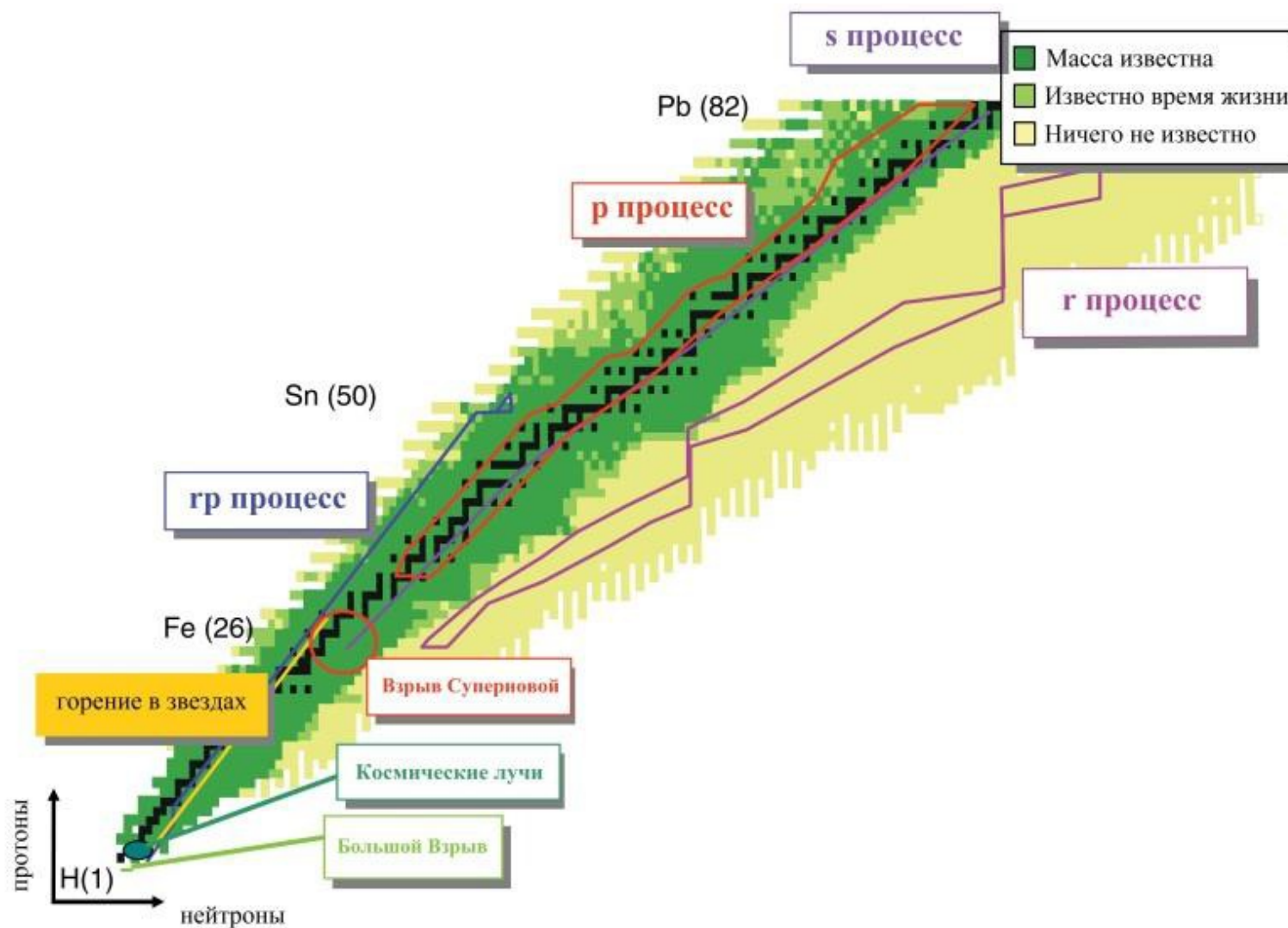


- С Новым Годом!
- С Новыми успехами!
- Крепкого здоровья!

BACK UPS



«Астрофизическая» карта нуклидов





Особенности ядер, получаемых в делении.

- Большой избыток нейтронов
- Большая энергия бета-распада
- Слабо связанный нейтрон

Задачи - изучение структуры и процессов нейтроноизбыточных ядер.

- Оболочечная структура
- Деформация и ее влияние на процессы распада.
- Поведение силовой функции β -распада

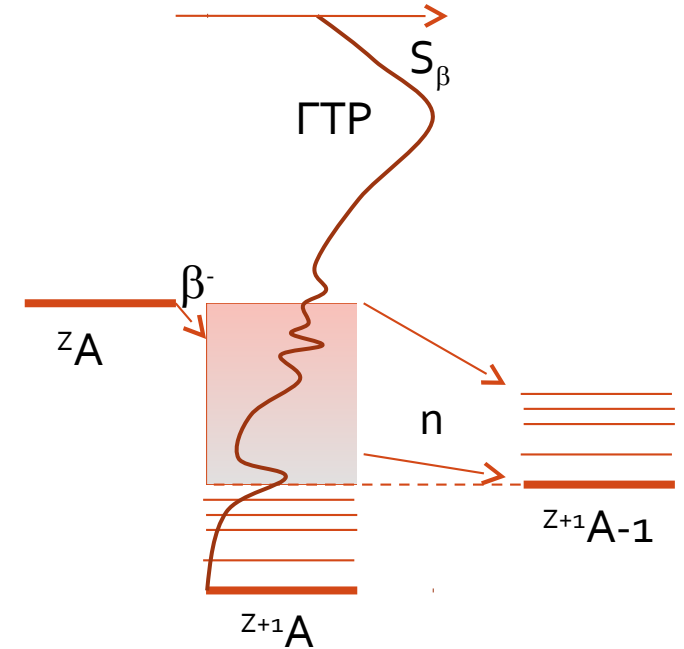
=> Улучшение предсказательных способностей моделей ядра.

Инструменты

- Времена жизни, энергии связи.
- Силовая функция β -распада
- Свойства деформированных и околомагических ядер.

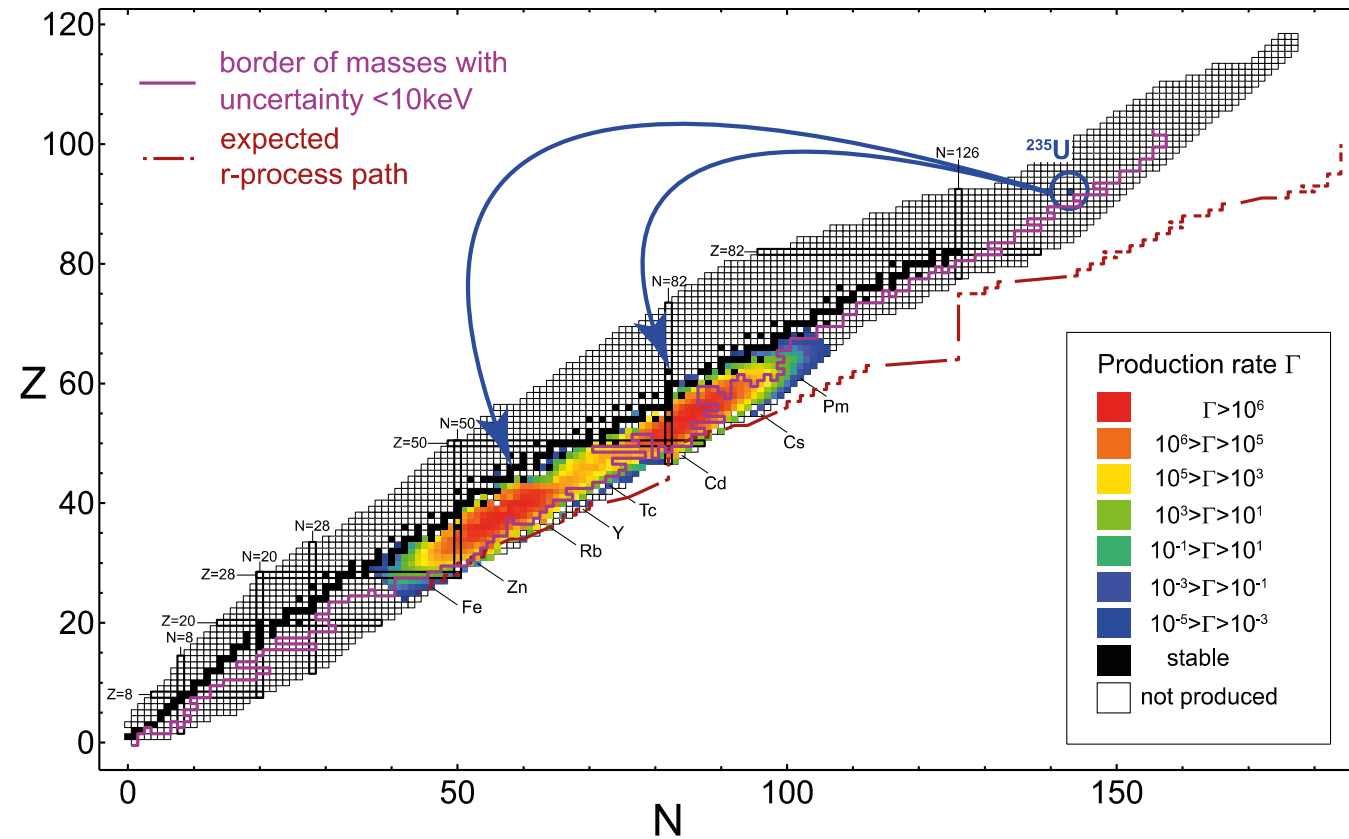
Приложения

- Процессы в реакторах. Изучение характеристик облученного ядерного топлива, моделирование интегральных радиационных характеристик, потоков и спектров запаздывающих нейтронов, спектров антинейтрино, нейтронных полей и др.
- Процессы быстрого нуклеосинтеза вблизи границы нейтронной устойчивости. Моделирование этих процессов.





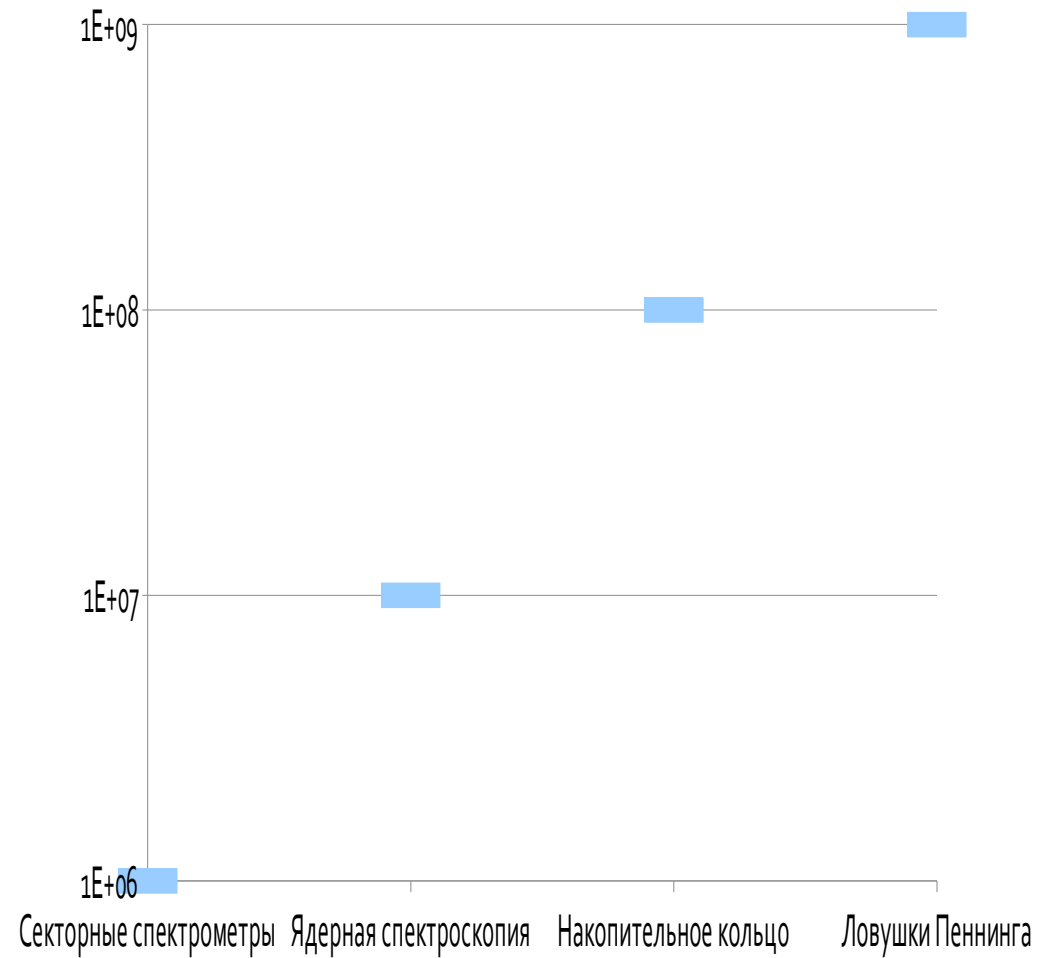
Деление ^{235}U тепловыми нейтронами обеспечивает получение большого массива нейтроноизбыточных нуклидов, близких к предполагаемому пути r-процесса





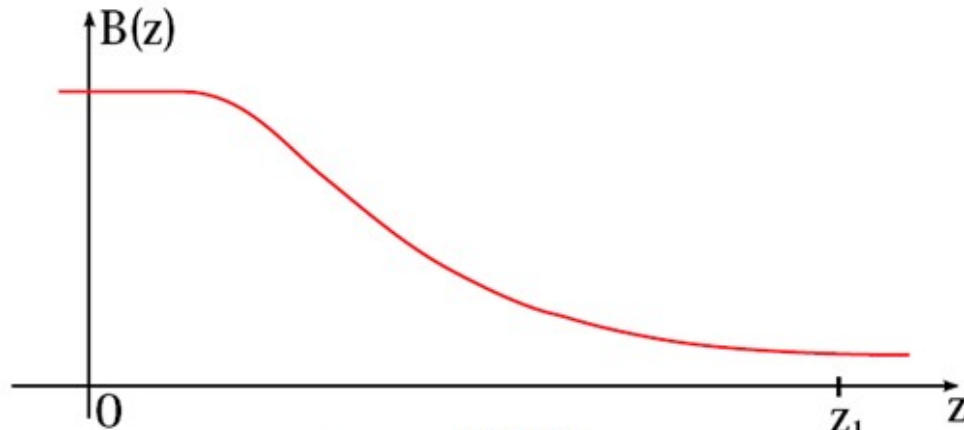
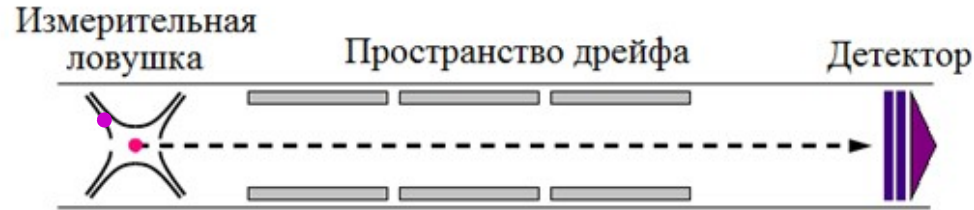
Сравнение точности установок On-Line (M/dM)

Ионные ловушки – новая глава в масс-спектрометрии





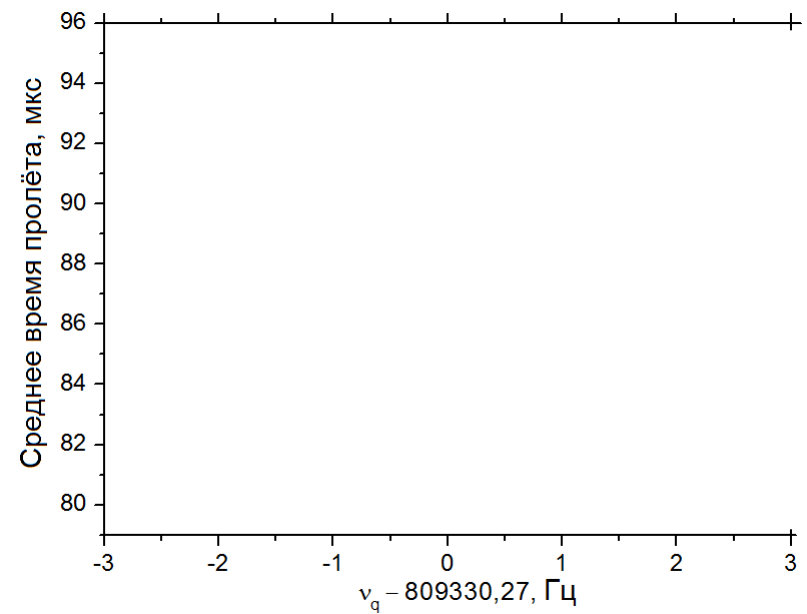
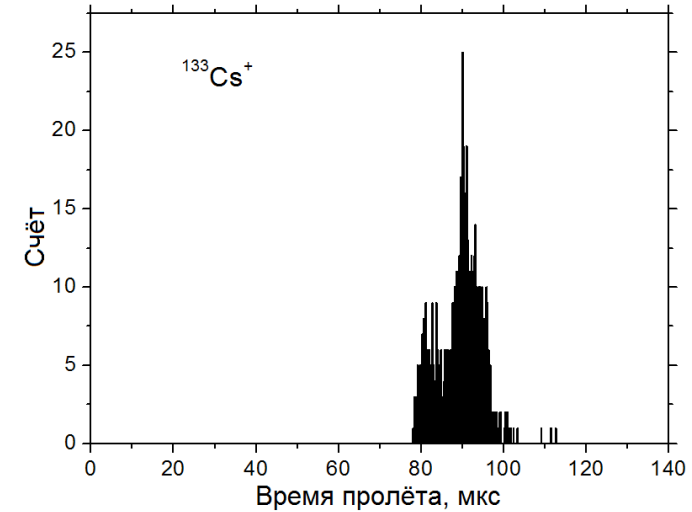
Измерительная ловушка Пеннинга: времяпролётный резонанс



$$\vec{F} = -\mu \frac{\partial V(z)}{\partial z} \hat{e}_z$$

$$dv \approx \frac{0,9}{T_{exc}}$$

$$R = \frac{v}{\Delta v} \approx 10^6, \text{ при } T_{exc} = 1 \text{ с, } m = 100 \text{ у}$$

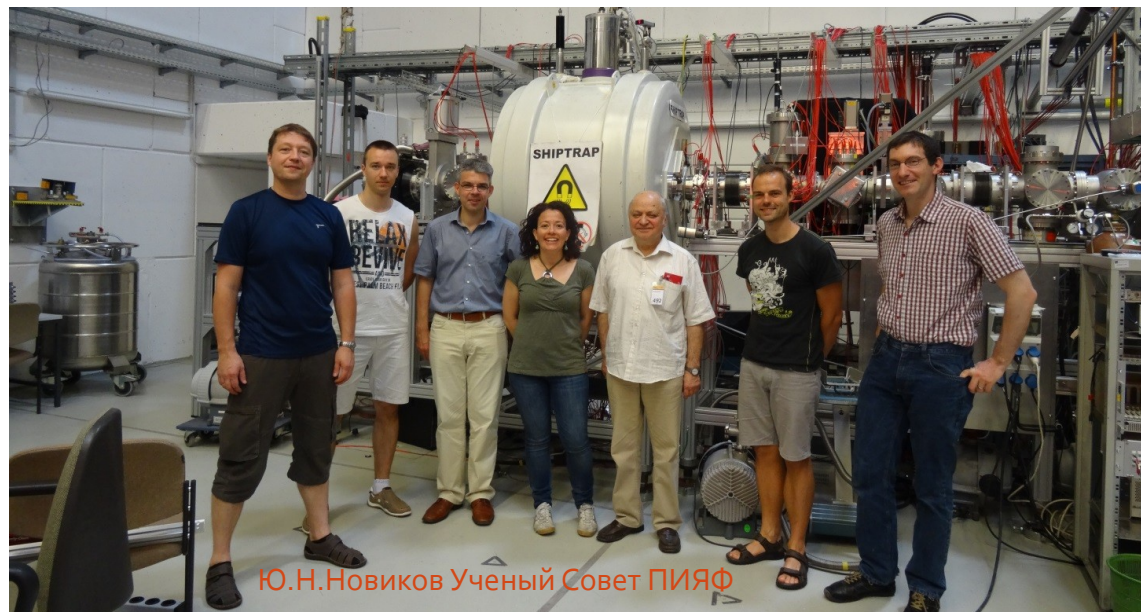




Действующие в мире ионные ловушки Пеннинга



Группа из Лаборатории Экзотических ядер ПИЯФ с коллегами из ГСИ (SHIPTRAP)





Выходы нуклидов на ловушке

