

# Проекты с ионными ловушками в 2022 году

Ю.Н. Новиков

π

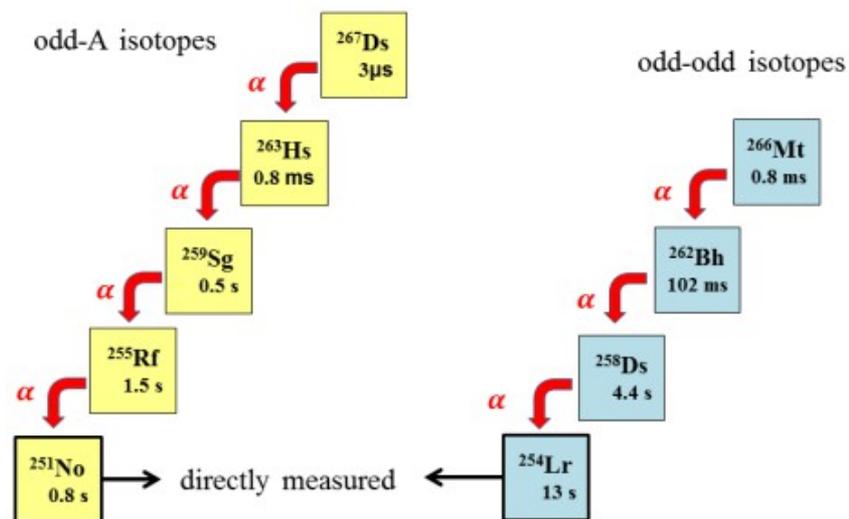
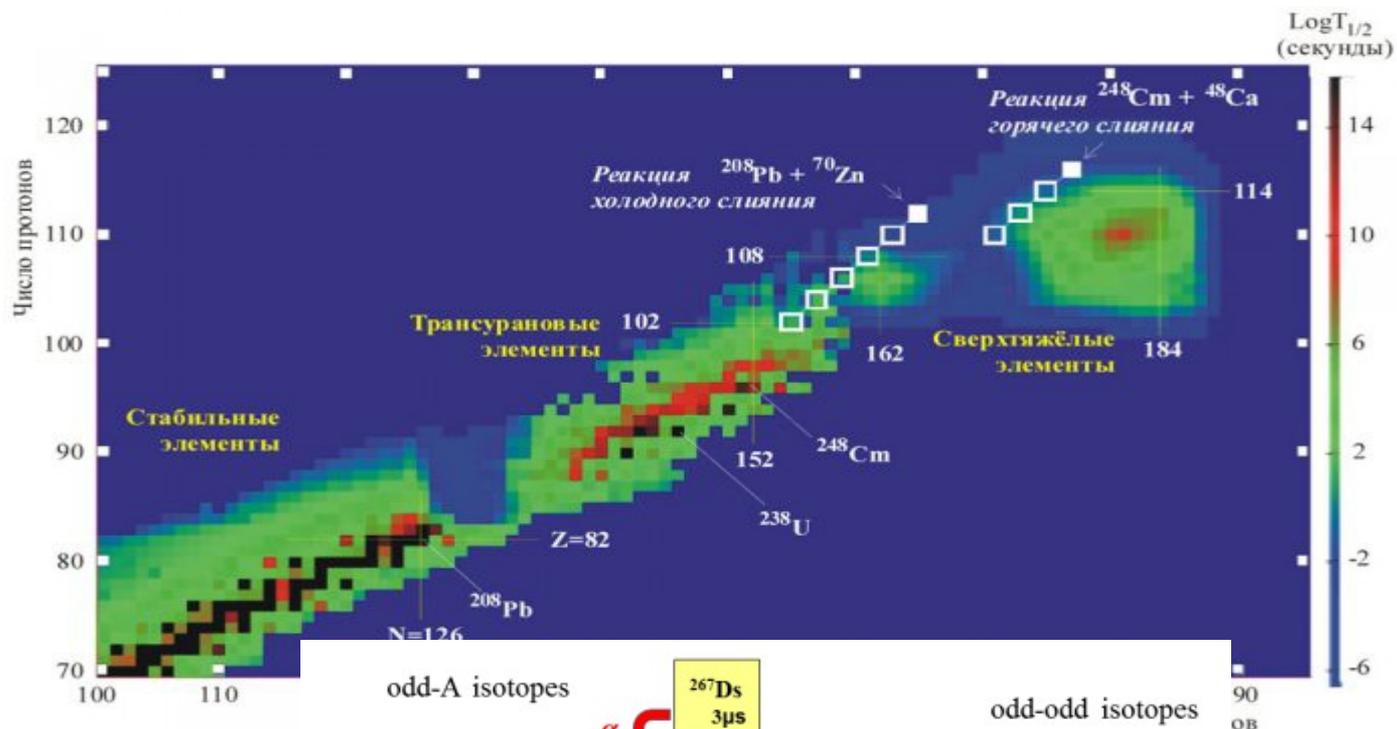
Лаборатория Физики Экзотических Ядер  
*Сессия Учёного Совета ОФВЭ ПИЯФ,*  
22 декабря 2022 г.

- **SHIPTRAP**

GSI/FAIR, Дармштадт, Германия

**Он-лайн «сверхтяжёлый» эксперимент  
на модернизированной системе  
SHIPTRAP**

# Как определить ландшафт Сверхтяжёлых?

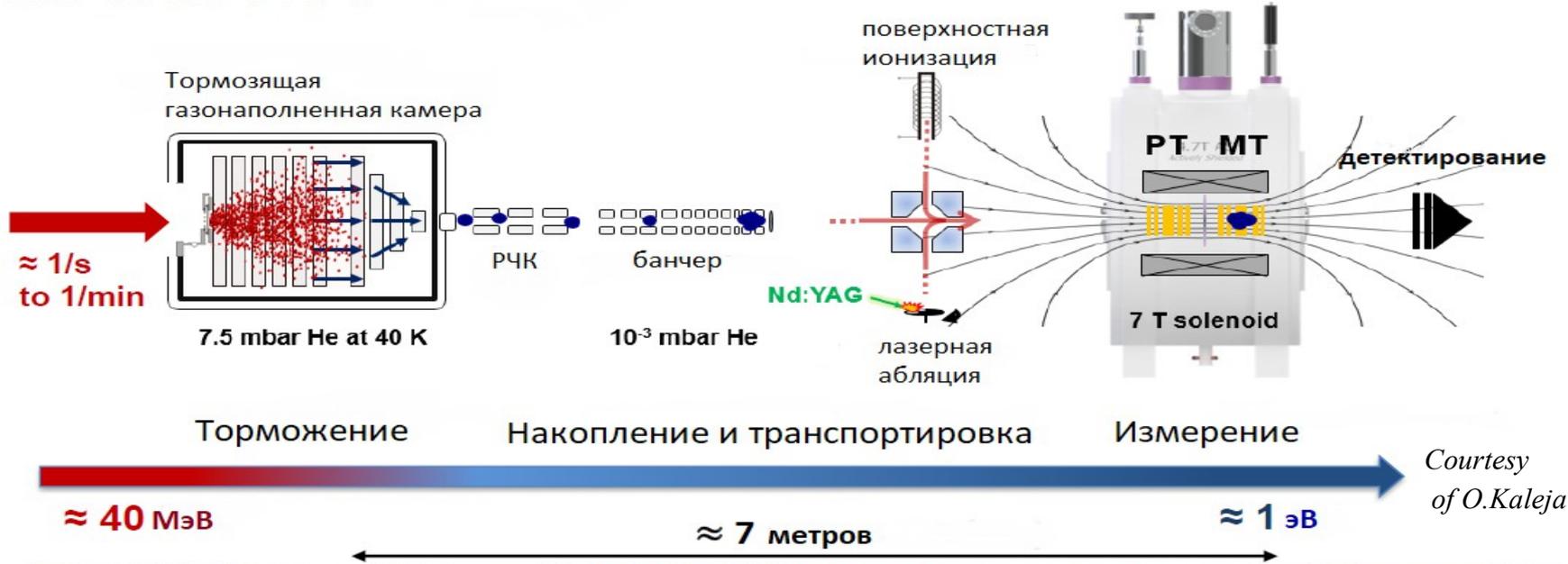




# Модифицированная система SHIPTRAP

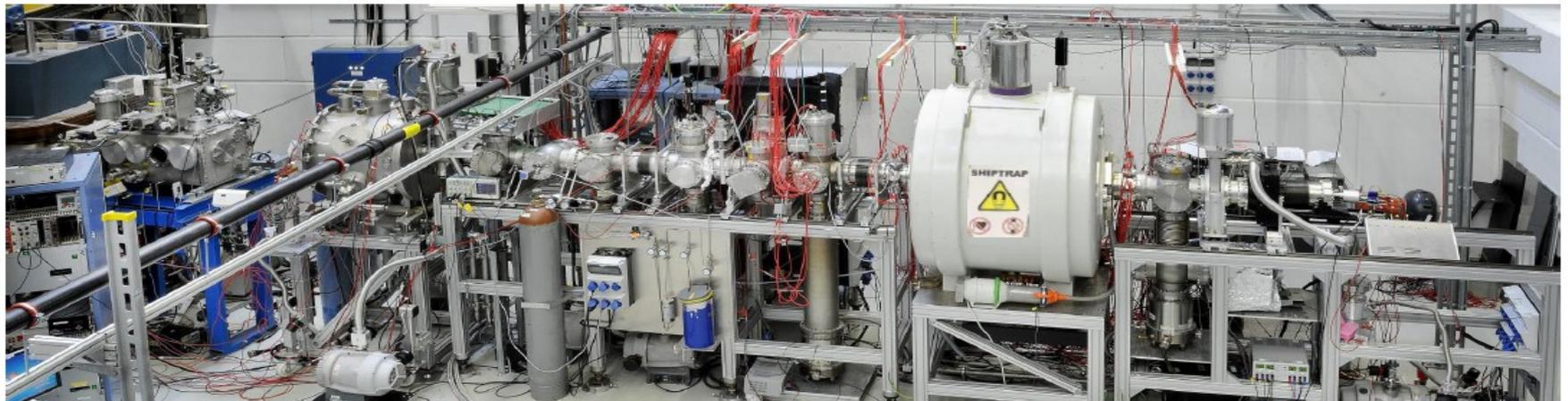
Prof. Dr. M. Block

## The SHIPTRAP



Courtesy of O. Kaleja

Photo: G. Otto, GSI



22.12.22

Ю.Новиков- УС ОФВЭ

4



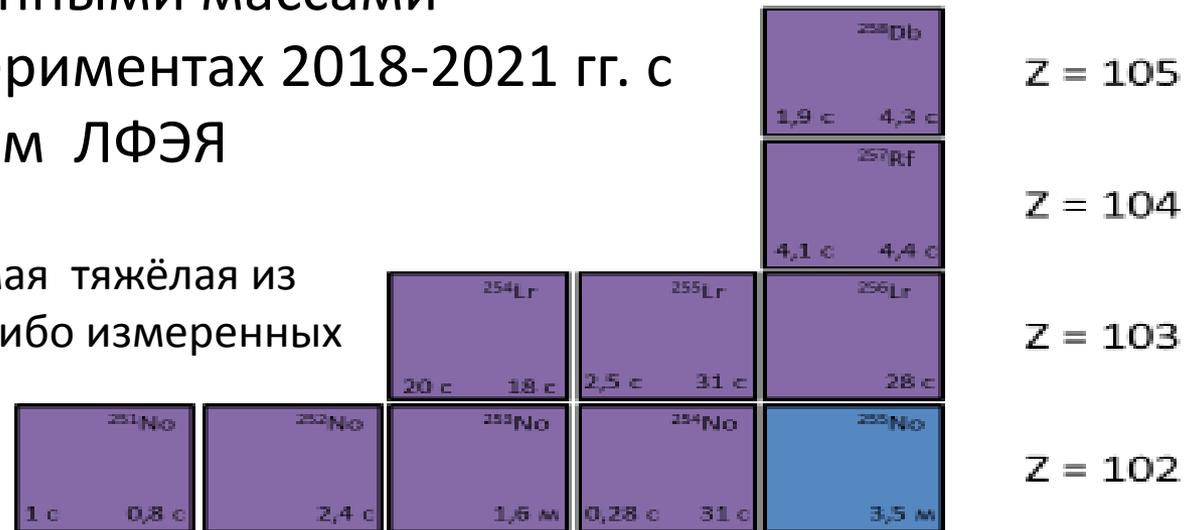
# Проект SHIPTRAP в 2022 г.

Дальнейшее продвижение в terra incognita массовой области  
Сверхтяжёлых элементов

*O. Kaleja, ..O.Bezrodnova, S. Chenmarev, S.Eliseev,  
P.Filianin, Yu.Gusev, N.Martynova, Yu.Novikov et al.  
(Phys.Rev. C 004300 (2022))*

В 2022 г. обработаны нуклиды с  
измеренными массами  
в экспериментах 2018-2021 гг. с  
участием ЛФЭЯ

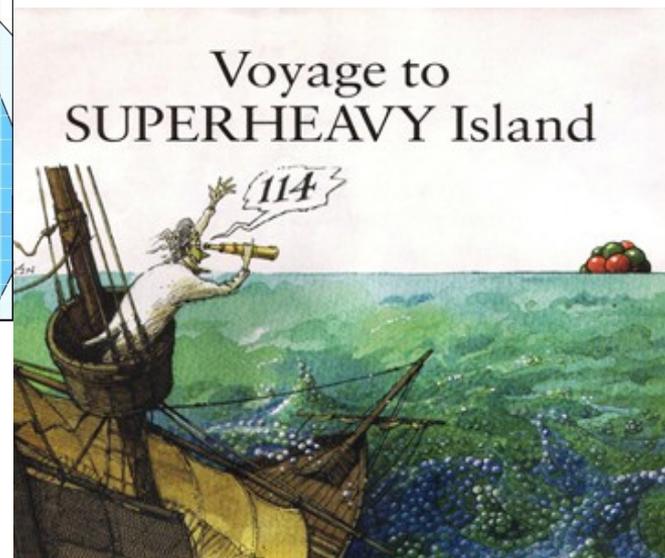
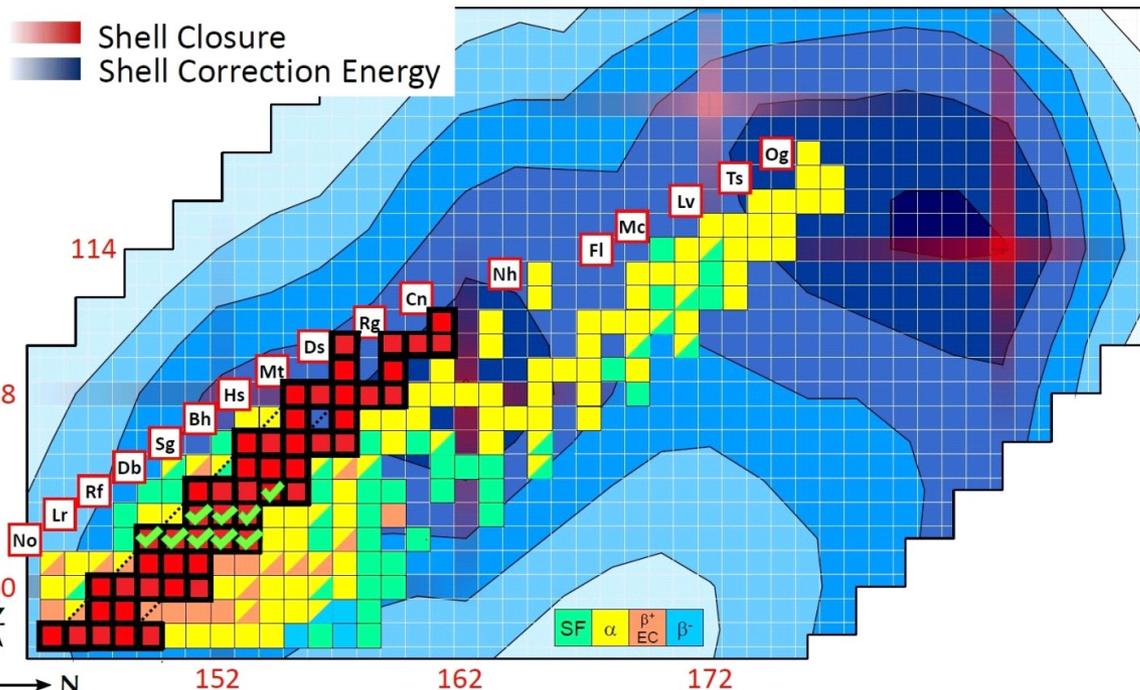
Масса 258Db - самая тяжёлая из  
известных когда-либо измеренных  
масс нуклидов.





# Ландшафт масс Сверхтяжёлых (в чёрных квадратиках), полученный в результате измерений масс на SHIPTRAP(зелёные галочки). В 2022 получены в цифрах

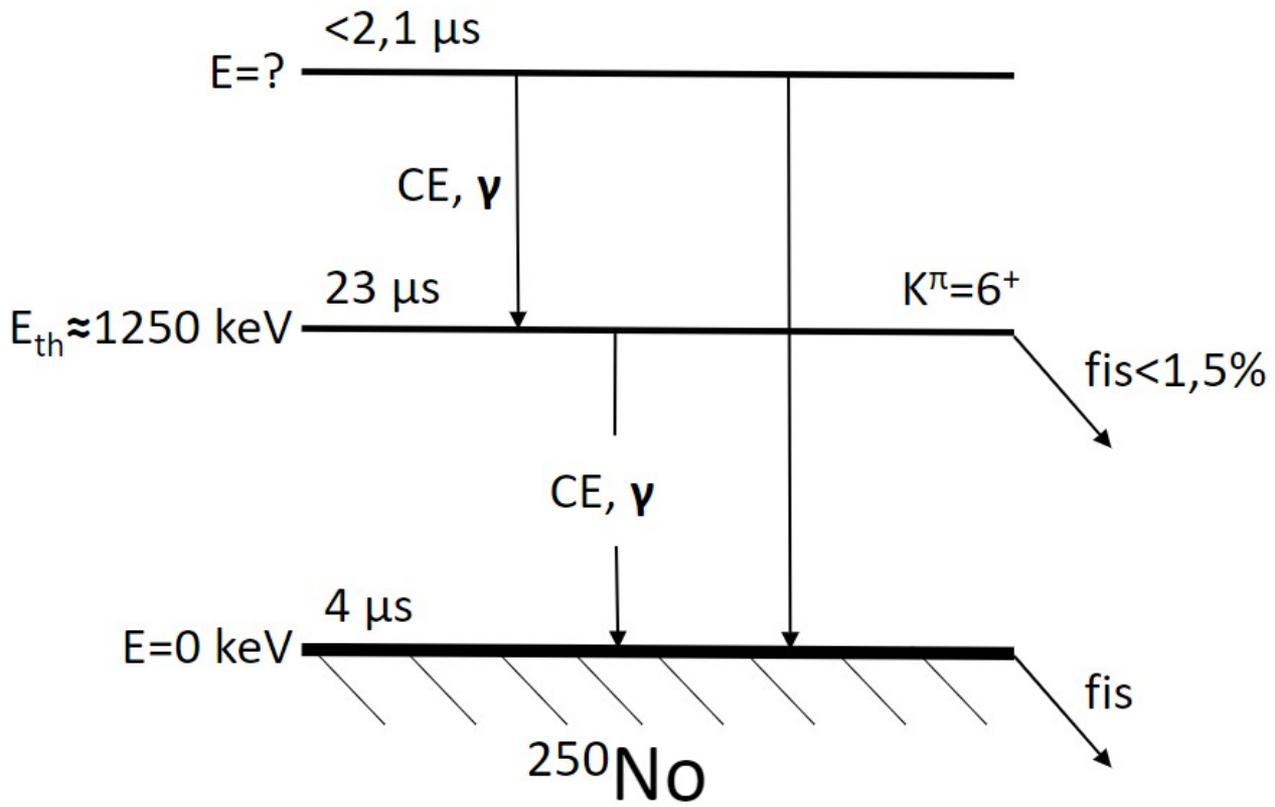
## Сверхтяжёлые элементы



Н. Мартынова.



# Двойная изомерия в $^{250}\text{No}$ на установке TASCA (GSI).





# • PENTATRAP



Институт Макса Планка по ядерной физике  
Гейдельберг, Германия  
(*Prof. Dr. Klaus Blaum*)

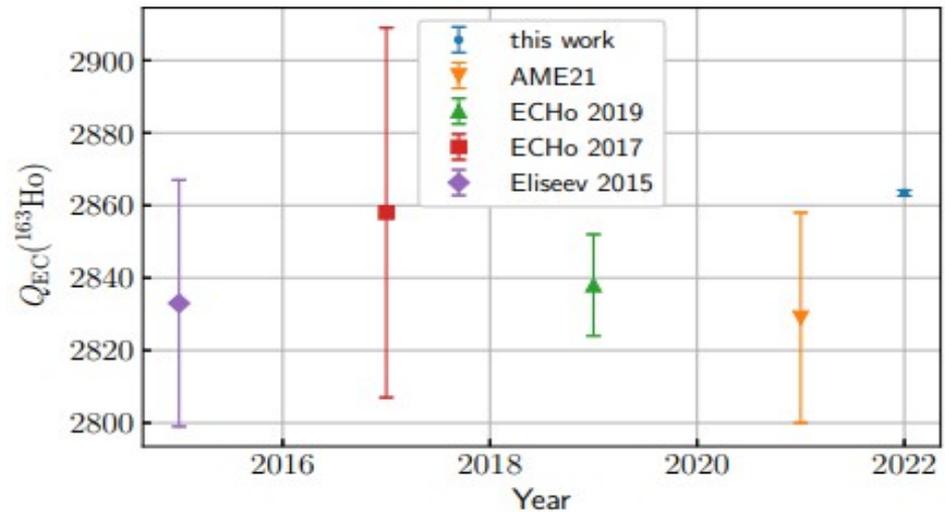
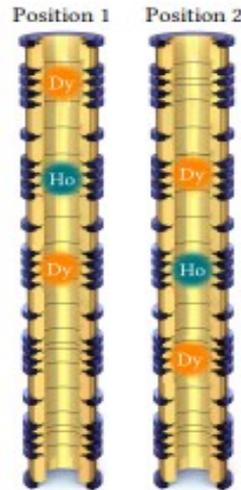
## Пять ионных ловушек Пеннинга в линию



# Ультрапрецизионные измерения энергии распада «нейтринных» нуклидов на PENTATRAP (2020-2022 г.)

## Завершён эксперимент $^{163}\text{Ho} + e^- \rightarrow ^{163}\text{Dy} + \text{neutrino}$

$$Q = m(^{163}\text{Dy}) (Rq - 1) + \Delta E(qB)$$



$q/e$	$R$	$\delta R$	$\Delta E_B$	$Q_{EC}$
38	1.0000000186232842	3.0E-12	$37.4 \pm 0.7$	$2863.4 \pm 0.8$
39	1.0000000113074665	4.1E-12	$1147.3 \pm 0.7$	$2863.2 \pm 0.9$
40	1.0000000115156475	3.5E-12	$1115.7 \pm 0.7$	$2863.2 \pm 0.9$

Предварительно  $Q = 2863.3(0.8) \text{ eV}$

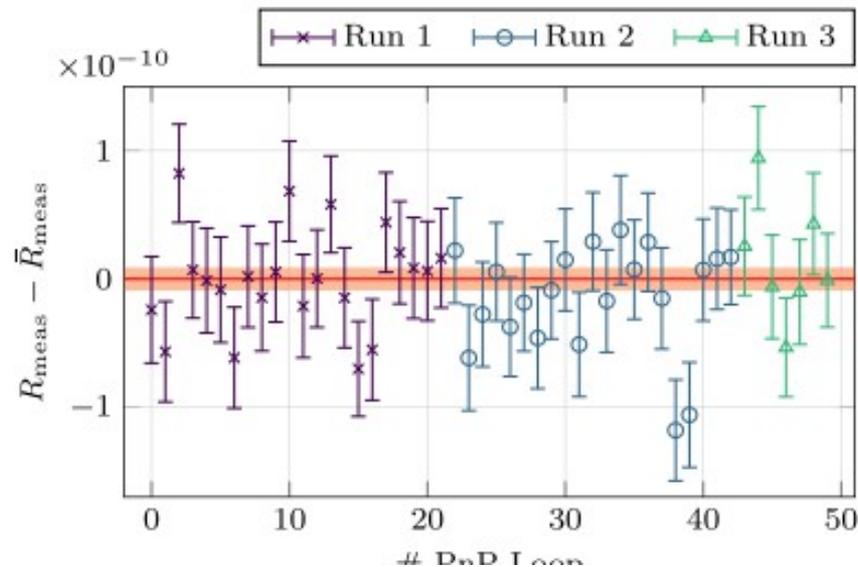
# Новый прецизионный калибрانت $^{208}\text{Pb}$ для измерений масс Сверхтяжёлых элементов

(*K.Kromer, ...P.Filianin, Yu.Novikov, S.Eliseev et al. Eur. Phys. J. A (2022) 58:202*)

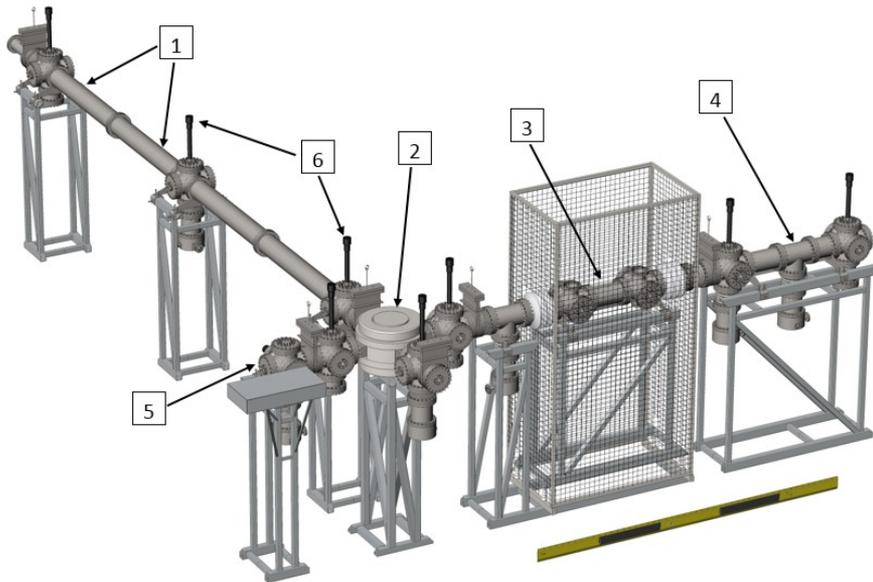
Прецизионные измерения масс нуклидов возможны при условии использования эталонов-калибрانتов с массовым числом, близким к искомому. В области средних и редкоземельных элементов таковыми являются  $^{133}\text{Cs}$  ( $Z=55$ ) и нуклиды  $\text{Xe}$  ( $Z=54$ ). Однако по массовому числу они далеки от сверхтяжёлых нуклидов с  $Z>100$ . Этот пробел был заполнен измерением массы иона  $^{208}\text{Pb}^{41+}$  на PENTATRAP с точностью  $7 \times 10^{-11}$ .

Значение массы нейтрального  $^{208}\text{Pb}$  составило **207.976 650 571(14)**

и



# Статус проекта ПИТРАП -1



Реактор ПИК (1), масс-сепаратор ИРИНА (2), ионный пучок (1) от МС ИРИНА к тракту масс-спектрометра, система сопряжения с комплексом ПИТРАП (3), поворотный магнит (2), система охлаждения и банчирования пучка (3), сепарирующий магнит (4), многопролетный спектрометр MR-TOF (5), калибровочные источники спектрометр MR-TOF (5), сверхпроводящий магнит с ловушками Пеннинга внутри (6)

## Участники проекта:

Лаборатория физики экзотических ядер ПИЯФ  
Кафедра ядерной физики СПбГУ

## Кооперация:

Лаборатория короткоживущих ядер – проект ИРИНА  
Лаборатория криогенной и сверхпроводящей техники

## Расчеты, конструкция и изготовление:

Институт Аналитического приборостроения  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН  
ФГУП ЭЗАН г. Черноголовка Московская обл.

## Бюджет :

### Затребованный:

расчет и конструирование	– 38 млн руб.
изготовление	80-85 млн руб.
Полученный	0 млн руб.

# Публикации в 2022 г.

## Лаборатория физики экзотических ядер

1. **D. A. Nesterenko**, K. Blaum, P. Delahaye, **S. Eliseev**, T. Eronen, **P. Filianin**, Z. Ge, M. Hukkanen, A. Kankainen, **Yu. N. Novikov**, **A. V. Popov**, A. Raggio, M. Stryjczyk, and V. Virtanen, "*Direct determination of the excitation energy of the quasistable isomer  $180m\text{Ta}$* ", Phys. Rev. C 106, 024310 – Published 8 August 2022.
2. J. Khuyagbaatar, H. Brand, Ch. E. Düllmann, F. P. Heßberger, E. Jäger, B. Kindler, J. Krier, N. Kurz, B. Lommel, **Yu. Nechiporenko**, **Yu. N. Novikov**, B. Schausten, and A. Yakushev, "*Search for fission from a long-lived isomer in  $250\text{No}$  and evidence of a second isomer*", Phys. Rev. C 106, 024309 – Published 5 August 2022.
- Kathrin Kromer, Chunhai Lyu, Menno Door, **Pavel Filianin**, Zoltán Harman, Jost Herkenhoff, Wenjia Huang, Christoph H. Keitel, Daniel Lange, **Yuri N. Novikov**, Christoph Schweiger, **Sergey Eliseev**, Klaus Blaum, "*High-precision mass measurement of doubly magic  $208\text{Pb}$* ", Eur. Phys. J. A (2022) 58:202 -Published 25 October 2022.
- O. Kaleja , B. Anđelić, **O. Bezrodnova**, K. Blaum, M. Block , **S. Chenmarev**, P. Chhetri, C. Droese, Ch. E. Düllmann, M. Eibach, **S. Eliseev**, J. Even, **P. Filianin**, F. Giacoppo, S. Götz, **Yu. Gusev**, M. J. Gutiérrez, F. P. Heßberger, N. Kalantar-Nayestanaki, J. J. W. van de Laar, M. Laatiaoui, S. Lohse, **N. Martynova**, E. Minaya Ramirez, A. K. Mistry , T. Murböck, **Yu. Novikov**, S. Raeder, D. Rodríguez , F. Schneider, L. Schweikhard, P. G. Thirolf, and A. Yakushev, "*Direct high-precision mass spectrometry of superheavy elements with SHIPTRAP*", **PHYSICAL REVIEW C 106**, 054325 (2022), -Published 29 November 2022.

# Заключение

**А)** 2022 г. был урожайным в плане анализа экспериментальной информации, полученной по трём международным проектам в предшествующие годы:

- **SHIPTRAP**- определение масс сверхтяжёлых  $^{257}\text{Rf}$  и  $^{258}\text{Db}$ ,
- **TASCA** – двойная K-изомерия в  $^{250}\text{No}$ , одногорбый барьер ?
- **PENTATRAP** – а) ультрапрецизионная энергия распада «нейтринного» нуклида  $^{163}\text{Ho}$ , б) новый калибрانت  $^{208}\text{Pb}$

**Б)** Публикаций за 2022 г. –четыре (в категории первого квартиля), доклады на конференциях Ядро-2022 и “Open science”.

**В)** В исследовательском процессе заняты три аспиранта и два студента СПбГУ. Готовятся две диссертации.



# ПЛАНЫ на 2023 г. и далее

- Подготовка к публикации статьи о суперпрецизионном измерении на PENTATRAP (инст. М. Планка) энергии распада  $^{163}\text{Ho}$  для определения эффективной массы нейтрино,
- Заказанный обзор в Eur.Phys.J. : *S.Eliseev and Yu.Novikov, "PTMS for neutrino physics"*,
- Анализ экспериментальных данных, полученных на SHIPTRAP и TASCA об изомерии в Сверхтяжёлых элементах (*диссертация Ю.Нечипоренко*),
- Оценки поведения изоэлектронного состояния  $^{187}\text{Re}^{29+}$  по нуклидной карте для поиска нового сверхточного эталона частоты (*совместно с СПбГУ (В.Шабаетов) и инст. М.Планка (К. Блаум, С.Елисеев)*),
- Использование долгоживущей ядерной изомерии для идентификации DM (*совместно с I.Vergados (Греция)*),
- Реализация проекта ПИТРАП-1 (при наличии финансирования).

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**  
**Всем счастливого Нового Года!**

