



**Эксперименты с ионными ловушками:  
SHIPTRAP, PENTATRAP, JUFLETAP  
в 2018 году**

**Ю.Н. Новиков**

**Лаборатория Физики Экзотических Ядер**

*Сессия Учёного Совета ОФВЭ ПИЯФ,*

24 декабря 2018 г.



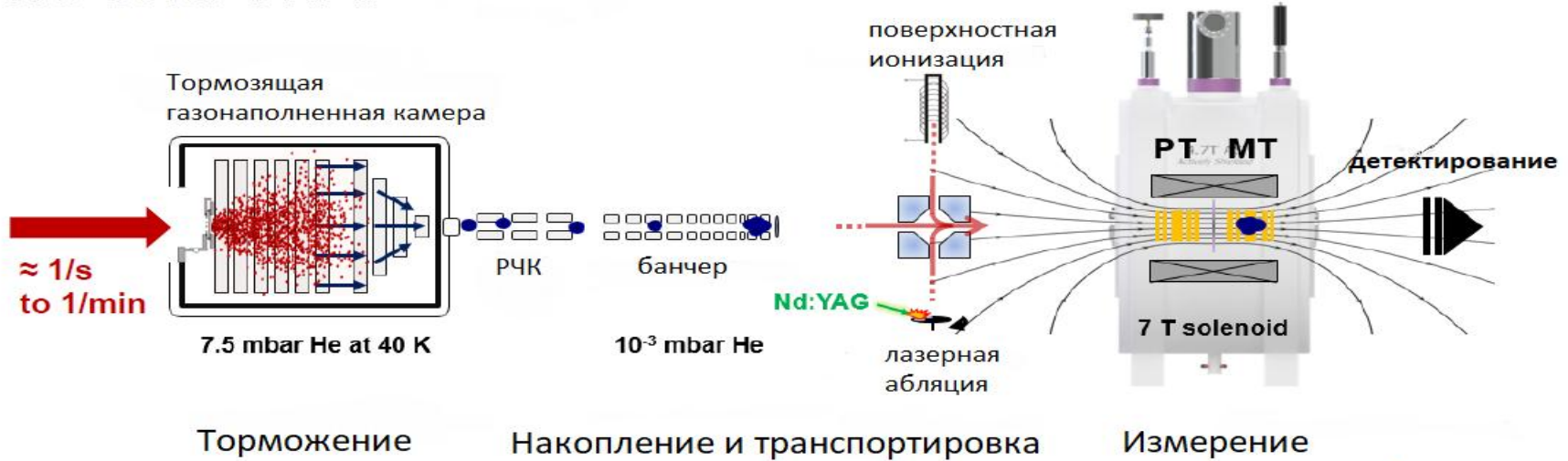
# SHIPTRAP

GSI/FAIR, ДАРМШТАДТ, ГЕРМАНИЯ

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

# Модифицированная система SHIPTRAP

## The SHIPTRAP



*Courtesy of O.Kaleja*

$\approx 40$  МэВ

$\approx 7$  метров

$\approx 1$  эВ

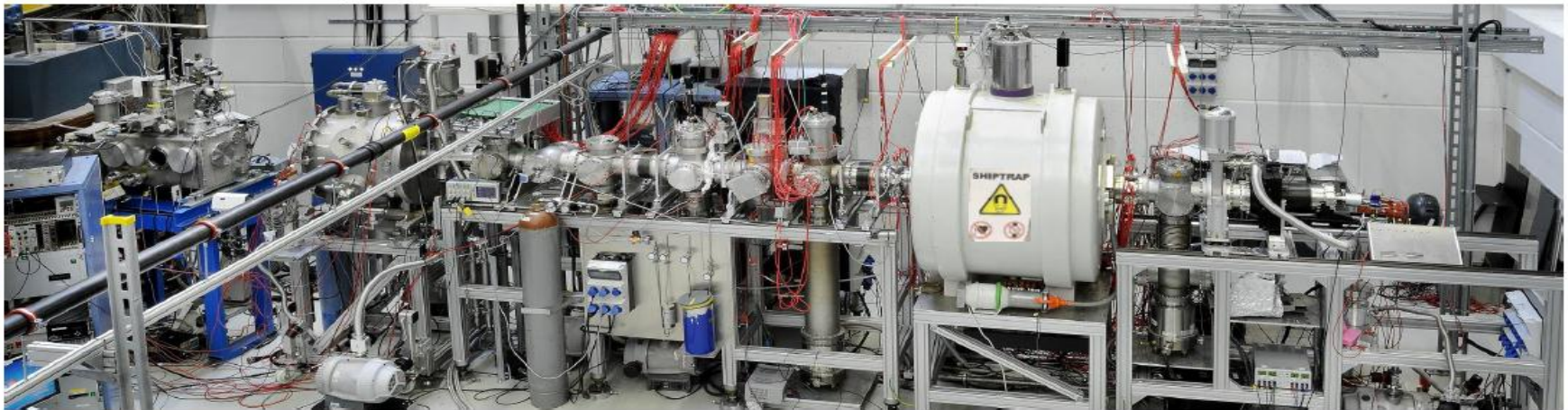
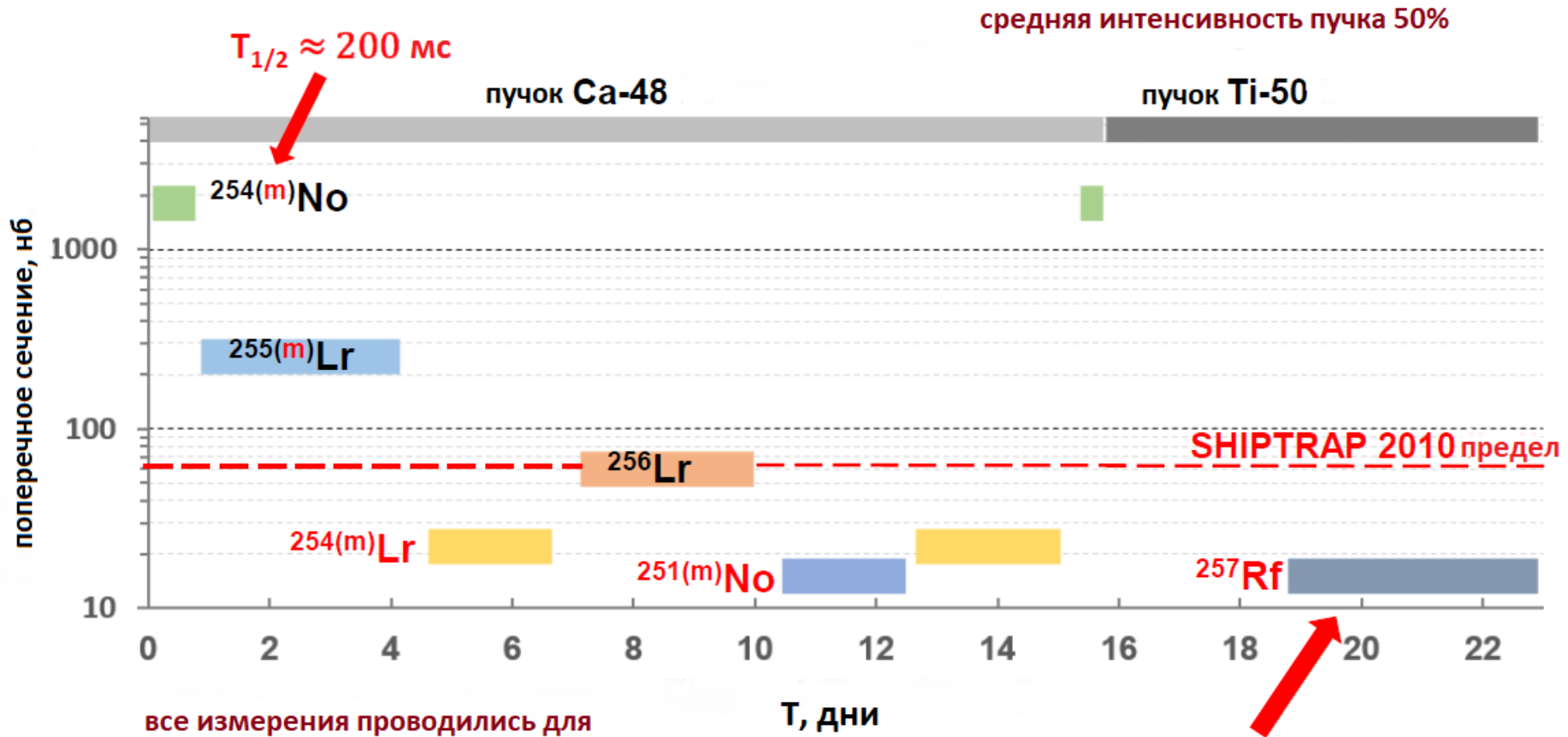


Photo: G. Otto, GSI

**π** Beam Time 2018 . Краткий обзор.

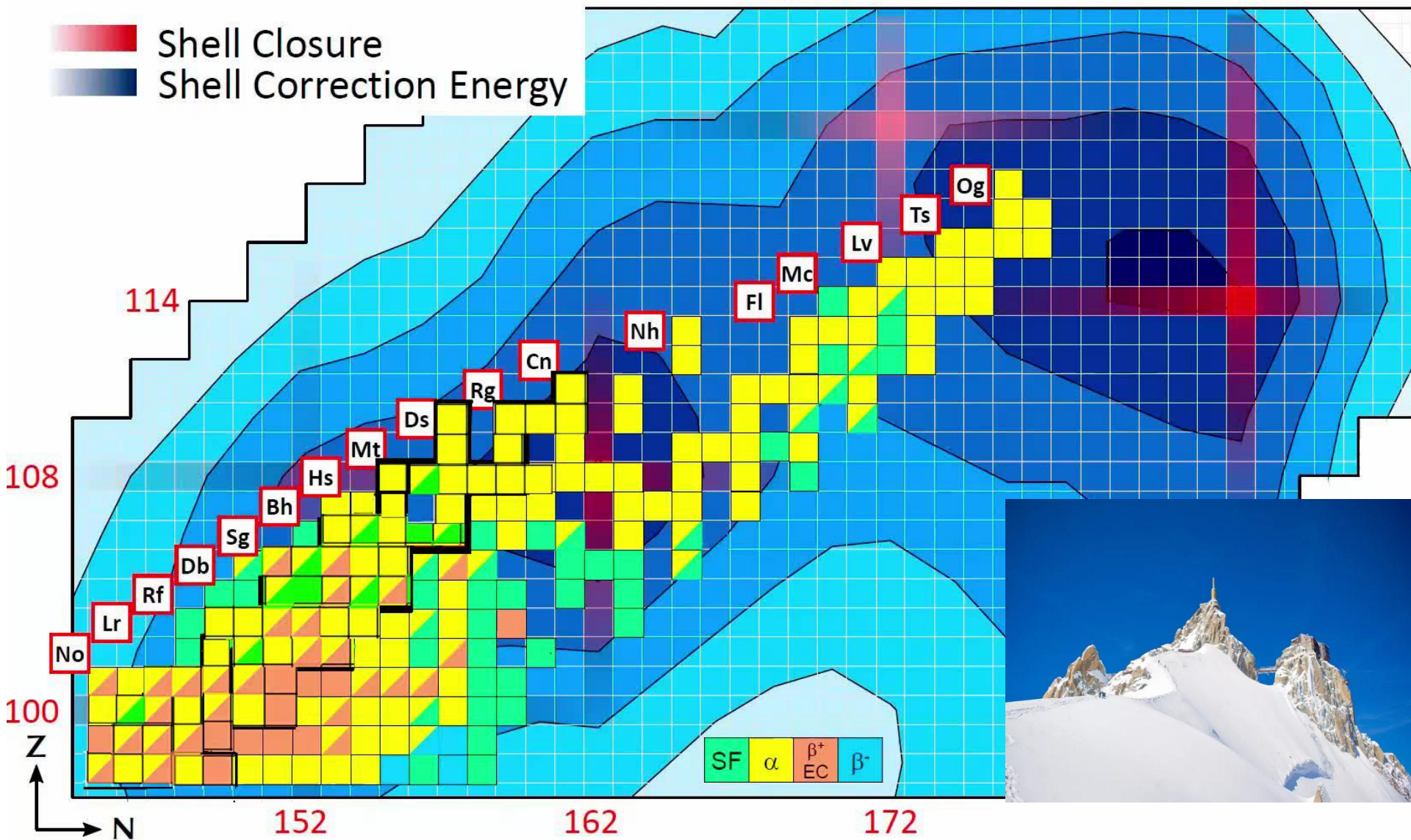


все измерения проводились для  
2+ заряженных ионов

*Courtesy of O.Kaleja*

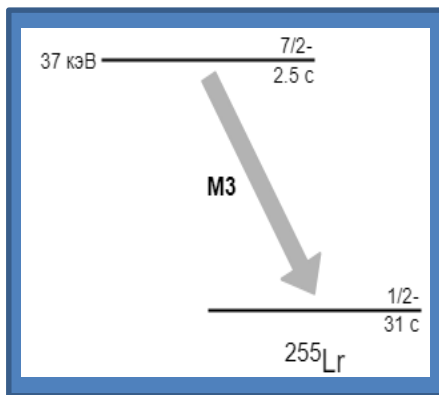
1-е прямое измерение  
массы сверхтяжелого  
элемента (1 ион за 8 часов)

# Сверхтяжелые элементы



# ПЕРВЫЕ ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МАСС СВЕРХТЯЖЁЛЫХ **ИЗОМЕРОВ**

Производящие реакции

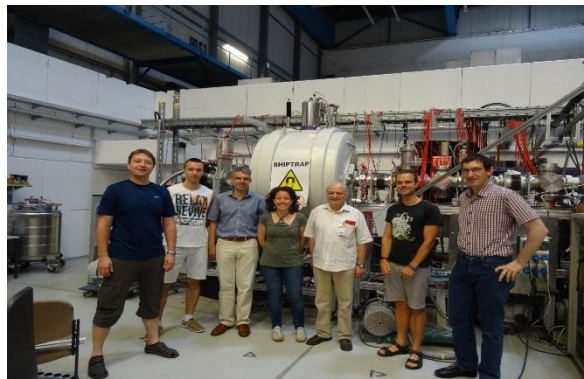


Изомеры, массы которых были измерены в ходе эксперимента 2018

- $^{251(m)}\text{No}$  (1 c)
- $^{254(m)}\text{No}$  (0.2 c)
  - $^{254(m)}\text{Lr}$  (?)
- $^{255(m)}\text{Lr}$  (2.5 c)



# Участники и институты коллаборации SHIPTRAP



B. Anđelic, K. Blaum, M. Block, **O. Bezrodnova**, **S. Chenmarev**, P. Chhetri, C. Droese, Ch. Düllmann, M. Eibach, J. Even, **S. Eliseev**, **P. Filianin**, F. Giacoppo, S. Götz, **Yu. Gusev**, M. Gutiérrez, F. Herfurth, F.-P. Hessberger, N. Kalantar-Nayestanaki, O. Kaleja, J. Khuyagbaatar, J. Van de Laar, M. Laatiaoui, S. Lohse, **N. Martynova**, E. Minaya Ramirez, A. Mistry, T. Murböck, **Yu. Novikov**, S. Raeder, D. Rodriguez, F. Schneider, L. Schweikhard, P. Thirolf and A. Yakushev



*GSI Darmstadt, Helmholtz-Institut Mainz, JGU Mainz, IPN Orsay, KVI-CART, LMU München, MPIK Heidelberg, **PNPI KI Gatchina**, **SPbSU St. Petersburg**, TU Darmstadt, Universität Greifswal, Univ. de Granada*





# РЕНТАТРАР



ИНСТИТУТ МАКСА ПЛАНКА ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ГЕЙДЕЛЬБЕРГ, ГЕРМАНИЯ

ЗАПУСК СИСТЕМЫ ИЗ ПЯТИ  
ИОННЫХ ЛОВУШЕК-

«БАШНЯ» ЛОВУШЕК



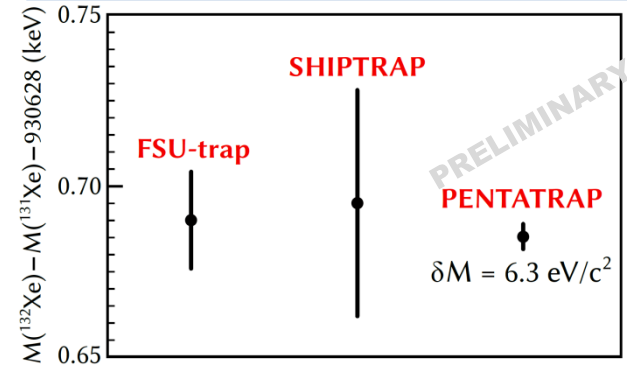


# Запуск системы PENTATRAP- пяти ионных ловушек в одном магните

отдел проф. К. Blaum в институте М.Планка в Гейдельберге

**АПРЕЛЬ 2018**

## Измеренная разница масс $M(^{132}\text{Xe}) - M(^{131}\text{Xe})$



$$\frac{\Delta M}{M}: \begin{array}{l} 2.2 \cdot 10^{-11} \text{ (stat)} \\ < 1 \cdot 10^{-11} \text{ (syst)} \end{array}$$

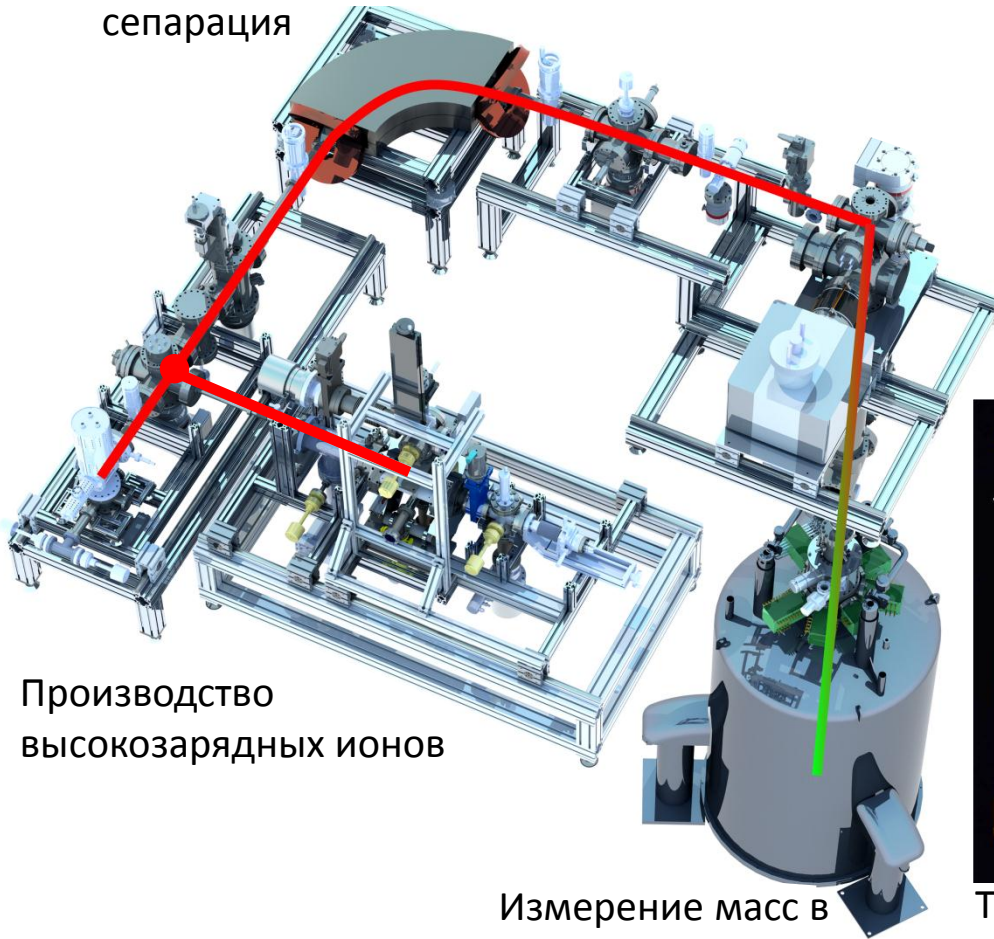
## Проверка QED по энергии связи 18-го электрона в Xe: $M(^{132}\text{Xe}^{18+}) - M(^{132}\text{Xe}^{17+})$

Предварительный результат  
(С.Елисеев и др.):

**433(3) эВ**

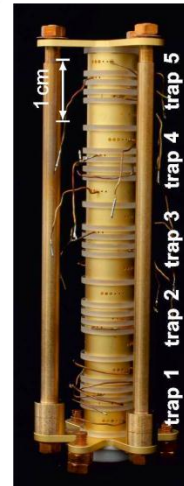
Теория (P.Indelicato)  
**432.4(5) эВ**

Предварительная масс-сепарация



Производство высокозарядных ионов

Измерение масс в ловушке Пеннинга

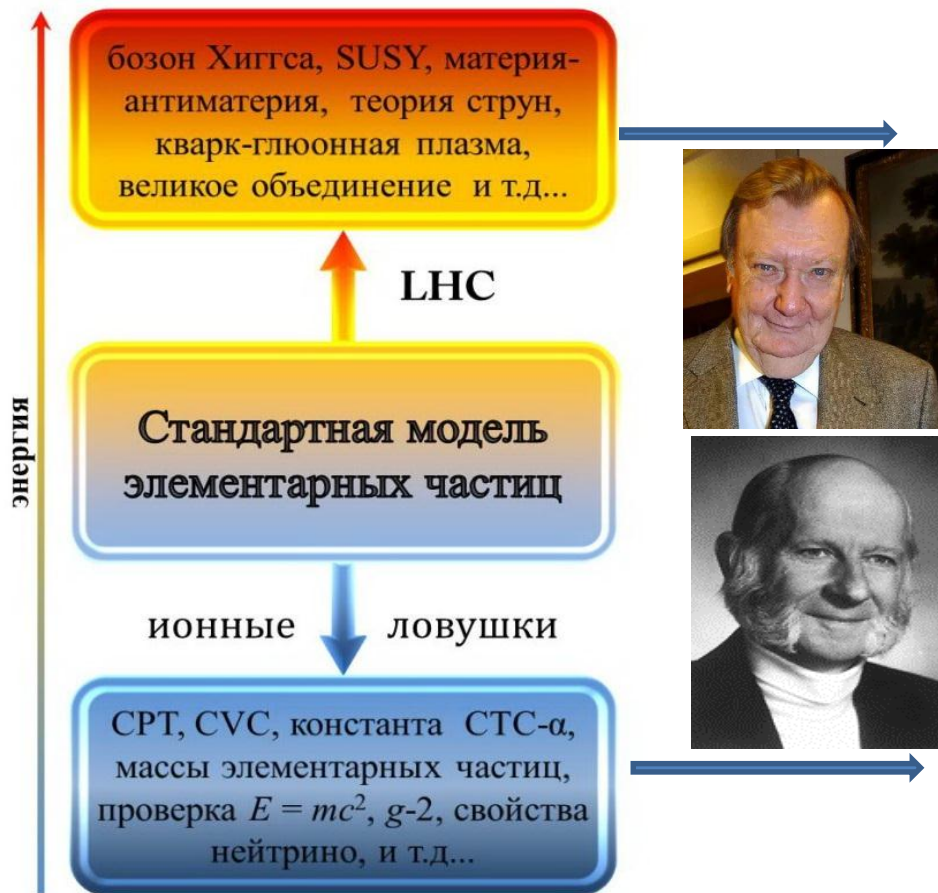


Тандем из 5 ловушек

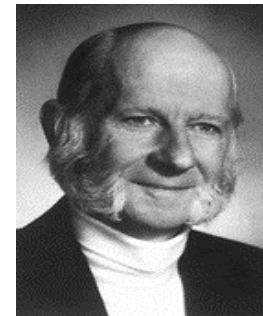


# Место ионных ловушек в фундаментальных исследованиях

## ХАРАКТЕРИСТИКИ:



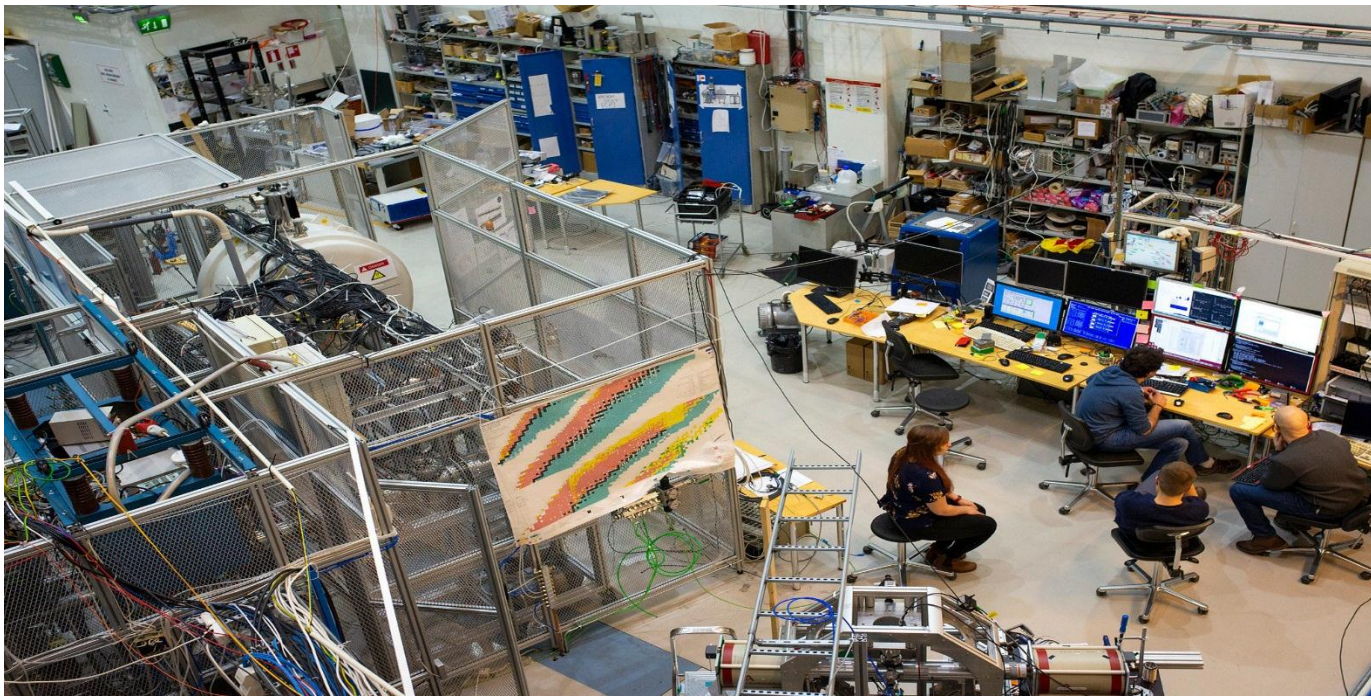
Максимум энергии  
Максимум светимости  
Многофункциональные измерения  
Миллиарды долларов  
Тысячи участников



Минимум энергии (покой)  
Минимум интенсивности  
Миллионы долларов  
Десятки участников.

Требования:

- Высокой точности
- Непревзойдённой чувствительности,
- **Достоверности**

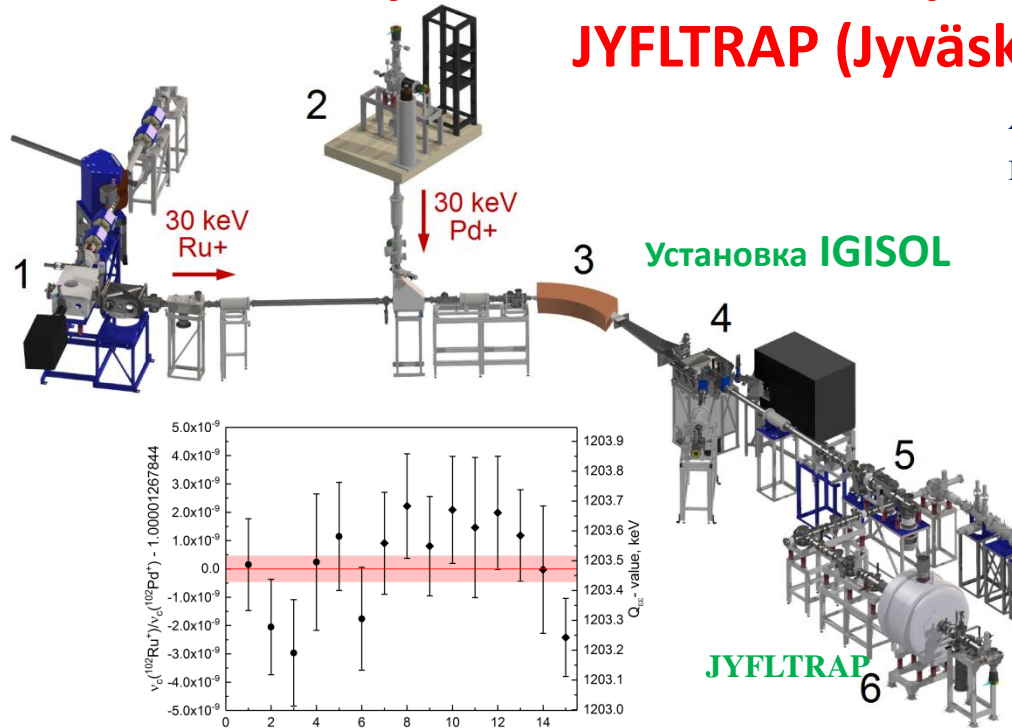


# ЮЕЛТРАР

УНИВЕРСИТЕТ ЮВЯСКЮЛЯ, ФИНЛЯНДИЯ

## ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДА ЛОВУШЕК КАК ТАКОВОГО

# Высокоточные измерения масс $^{102}\text{Pd}$ и $^{102}\text{Ru}$ на JYFLTRAP (Jyväskylä)



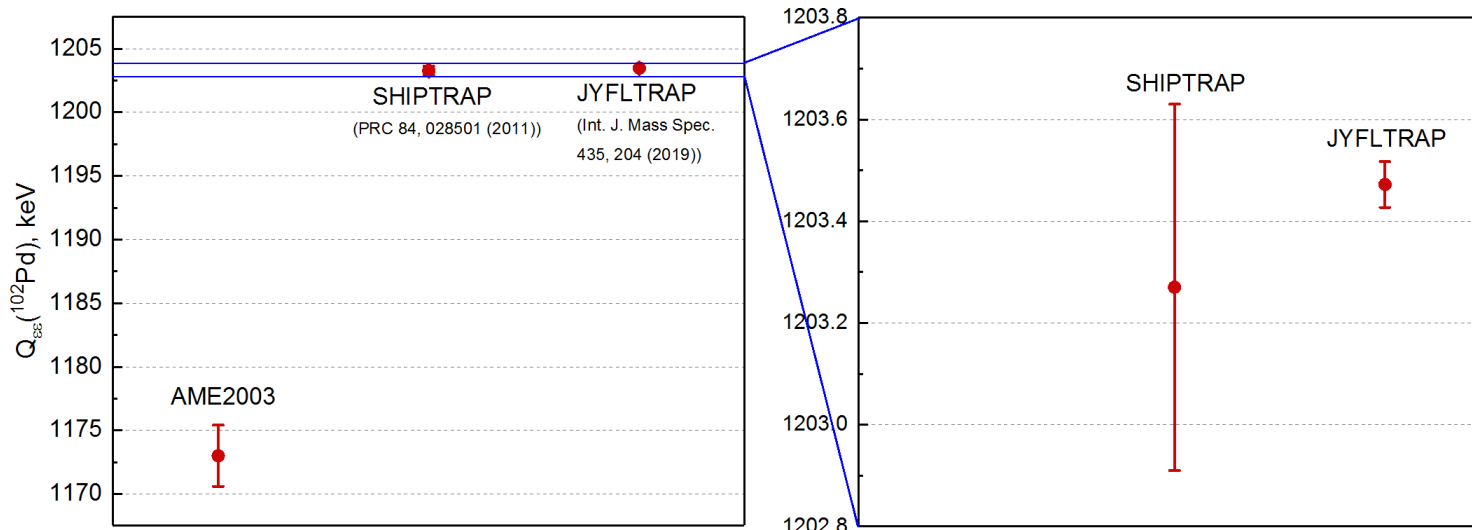
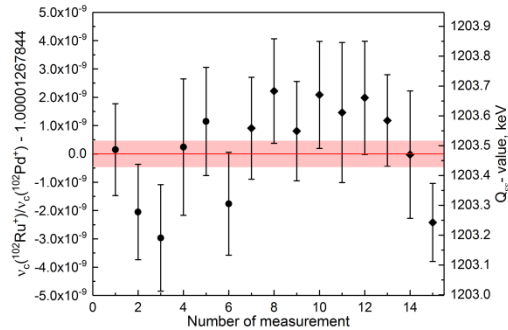
AME отличались от SHIPTRAP на 10 станд. отклонений на  $A=102$

## Подтверждение достоинств ИЛ:

- Ультра-точность
- Ультра-чувствительность
- Достоверность

*Что-то не так в табличных данных, основанных на непрямых измерениях !!!*

D.A. Nesterenko et al., Int. J. of Mass Spec., Volume 435, January 2019, Pages 204-208



# ПОСЛЕСЛОВИЕ

- Ионная ловушка Пеннинга – уникальный многофункциональный прибор для исследований в фундаментальной физике
- Ионной ловушки в России нет, но группа ЛФЭЯ имеет богатый опыт работы с ловушками за рубежом
- В ПИЯФ разрабатывается проект ПИТРАП – ловушки на реакторе ПИК, обеспечивающий синергию беспрецедентной чувствительности ловушки с высокопоточным реактором (инициатива А.А. Воробьёва)

**СПАСИБО !**