

Прецизионные измерения
масс в ионных ловушках:
отчёт и перспективы

Ю. Новиков

Сессия Ученого совета ОФВЭ ЛУЯФ

24 декабря 2009 г.

Участие ГФЭЯ в прямых измерениях масс в ионных ловушках

Действующие проекты

1. SHIPTRAP (GSI)
2. ISOLTRAP (CERN)
3. JYFLTRAP (Jyväskylä)

Будущие проекты

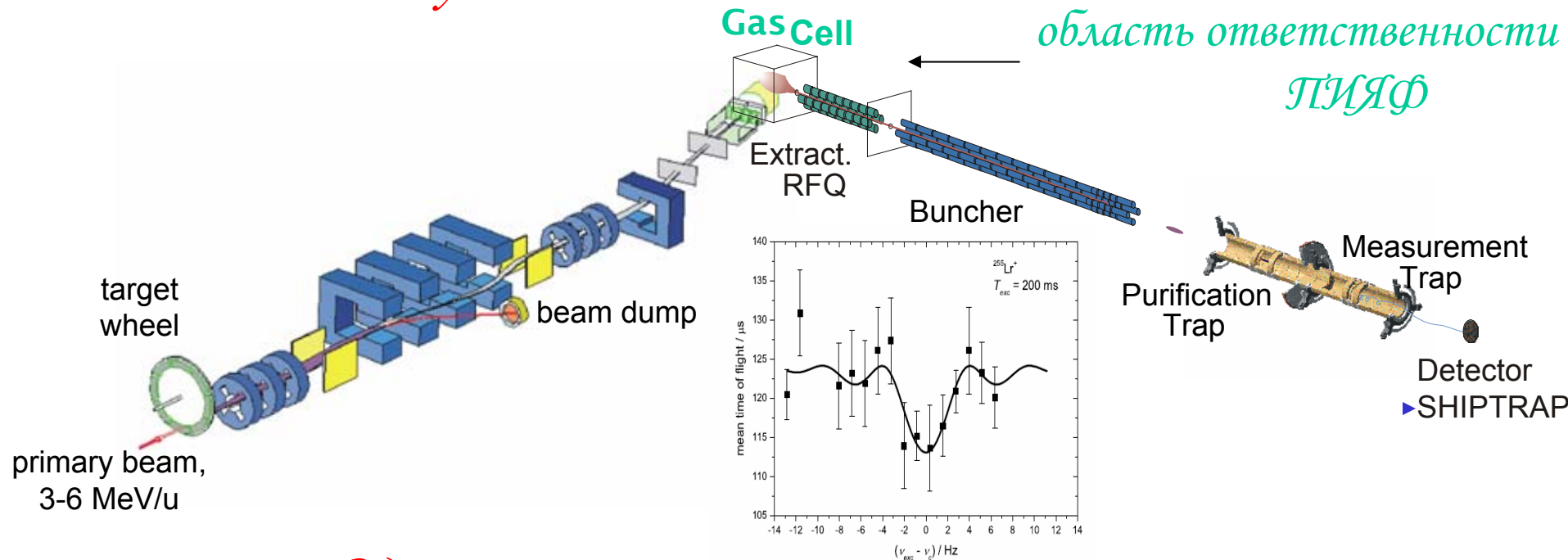
4. MATS (FAIR)
5. HITRAP (GSI and FAIR)
6. PENTATRAP/FANtOME (MPI, Heidelberg)
7. Neutrino oscillometry with LENA- collaboration

Измерение массы ^{255}Lr на SHIPTRAP

Реакция слияния : $^{48}\text{Ca} + ^{209}\text{Bi} \rightarrow ^{257}\text{Lr}^*$

Сечение образования на SHIP: $\sim 0.2 \mu\text{barn}$

Наименьшее сечение когда-либо идентифицированное в ионных ловушках !



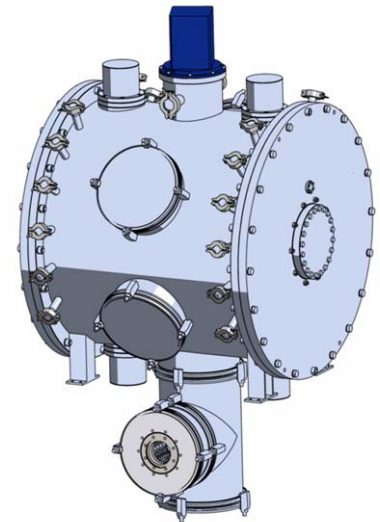
Один ион в час попадал в ионную ловушку

Точность измерения массы пока невысока и составила 10^{-6} .

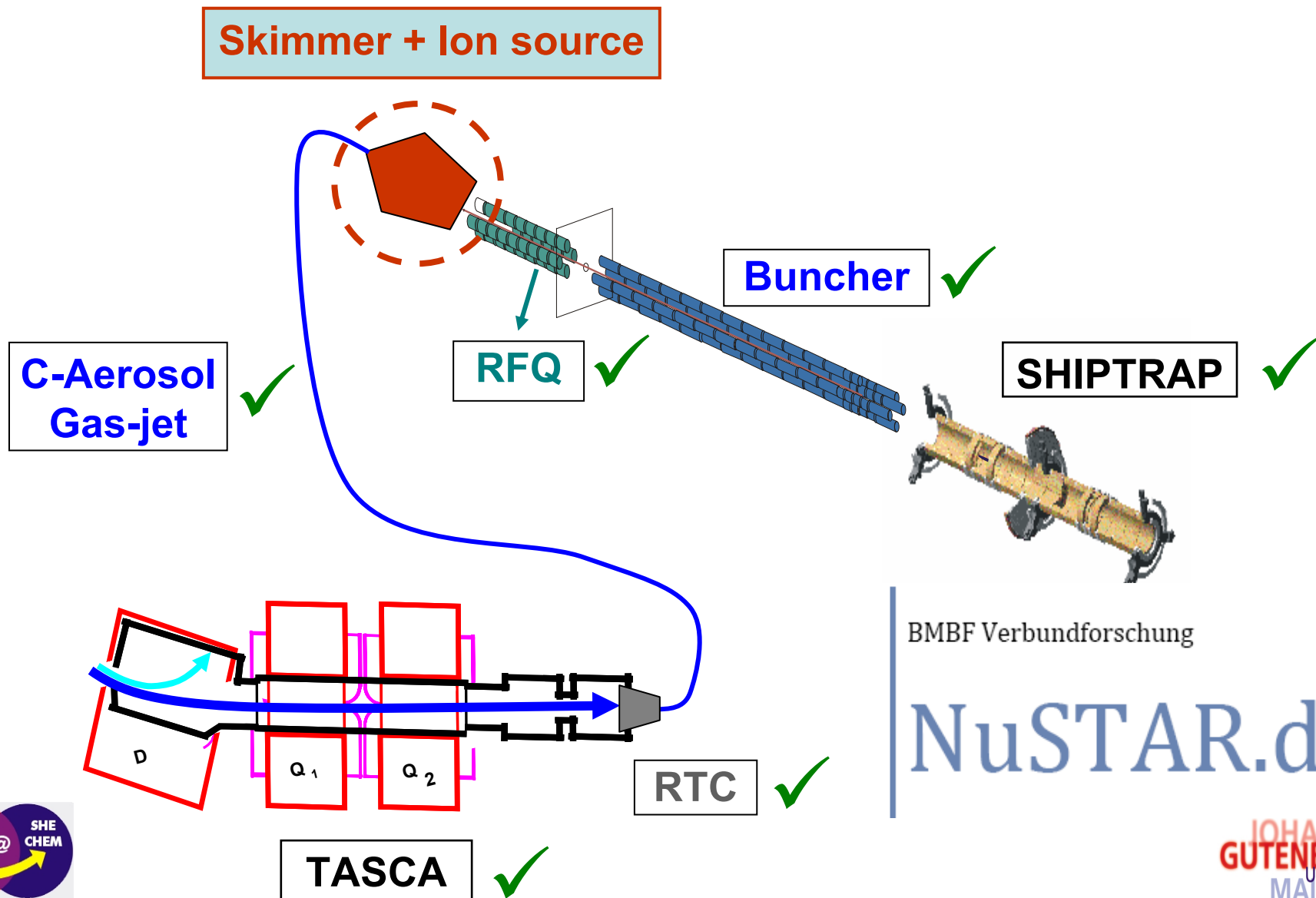
Подлежит уточнению в 2010 г.

На пути к большим Z в SHIPTRAP

- Новые мишени
- Увеличение чувствительности и эффективности SHIPTRAP
 - Недеструктивный метод регистрации с Фурье-преобразованием наведённого сигнала и с чувствительностью к единичному иону
 - Криогенная газовая камера торможения для очистки и повышения эффективности
 - Связь SHIP с TASCА-газонаполненным сепаратором ГСИ
 - **Увеличение выходов с новым сверхпроводящим линейным ускорителем**



СВЯЗЬ TASCA с SHIPTRAP



BMBF Verbundforschung

NuSTAR.de

JOHANNES
GUTENBERG
UNIVERSITÄT
MAINZ



courtesy of M. Block

Ю. Новиков- УС ОФВЭ, 24.12.2009

Измерения масс на JYFLTRAP (Jyväskylä) в 2009 г.

Массы ^{93}Pd и ^{94}Pd

Измерения этих масс не дали существенно лучшей прецизионности по сравнению с прошлогодними данными JYFLTRAP, но оставили в силе вывод об энергетическом дисбалансе протонного и дупротонного распадов высоко-спинового изомера ^{94}Ag (0.4 сек. и $I=21^+$), идентифицированных недавно в литературе.

Отсутствие замкнутого цикла в астрофизическом r -процессе

Написана статья, опубликована в Phys. Rev. Lett. в 2009 г.

Будущий проект использования ловушки в JYFL

Эксперименты на новом циклотроне МСС30/15, установленном и запущенном в конце 2009 г. в новом экспериментальном зале :

- Протоны 30 МэВ с интенсивностью 300 μA
- Дейтоны 15 МэВ

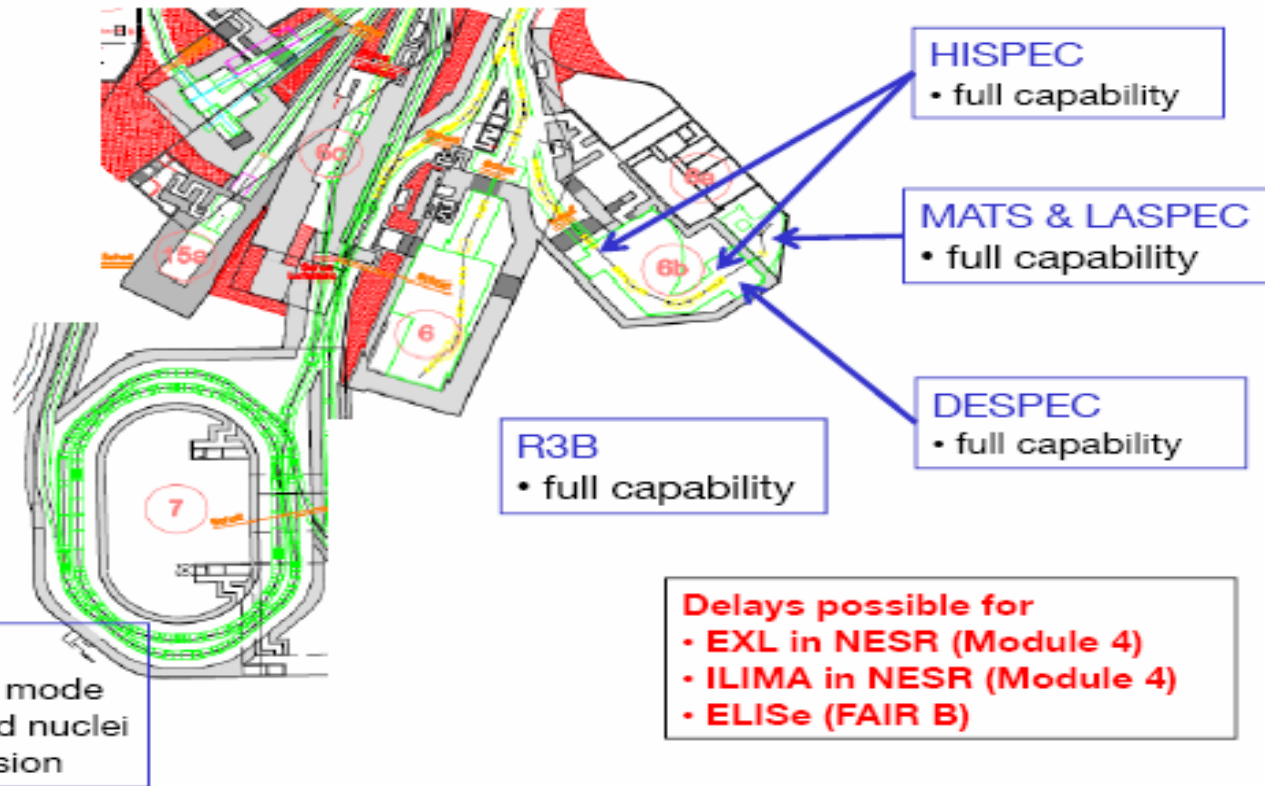
IGISOL/JYFLTRAP будет использовать 90% времени нового циклотрона с возможностью получения пучка тяжёлых ионов от старого циклотрона.

ГФЭЯ в настоящий момент участвует в разработке физической программы в новом проекте.

Проект MATS

TODAY

NuSTAR Experiments Modules 0-3
(+ building for energy buncher)



courtesy of R. Kruecken

Проект MATS

(Masses in Advanced Trap System)

Основная задача – прецизионные измерения масс редких нуклидов ($\delta M/M \leq 10^{-9}$)

Оценочная стоимость -2.5 М€

Вклад ПИЯФ (утверждённый FAIR)- 220 к€, (полный запрос-400 к€):
калибратор масс, тонкие Si(Li) детекторы и расчёт трассы ионного пучка к ловушке

Участники от ПИЯФ:

А. Васильев, М. Взнуздаев, Г. Воробьёв, Ю. Гусев, С. Елисеев, П. Кравцов, А. Мартюшов, Д. Нестеренко, А. Никаноров, Ю.Новиков, А. Попов, Д. Селиверстов, М. Селиверстов, В. Трофимов, А. Хусаинов

Коллаборация MATS

MATS Collaboration



Belgium



Universite Bruxelles

Canada



TRIUMF

France



Paris, CNRS

Finland



Jyväskylä

Germany



EMAU, FAU, JoGu, GSI, MPIK, JLU, LMU

India



Kolkata

Russia



PNPI, PSU

Spain



Huelva

Sweden



Stockholm

USA



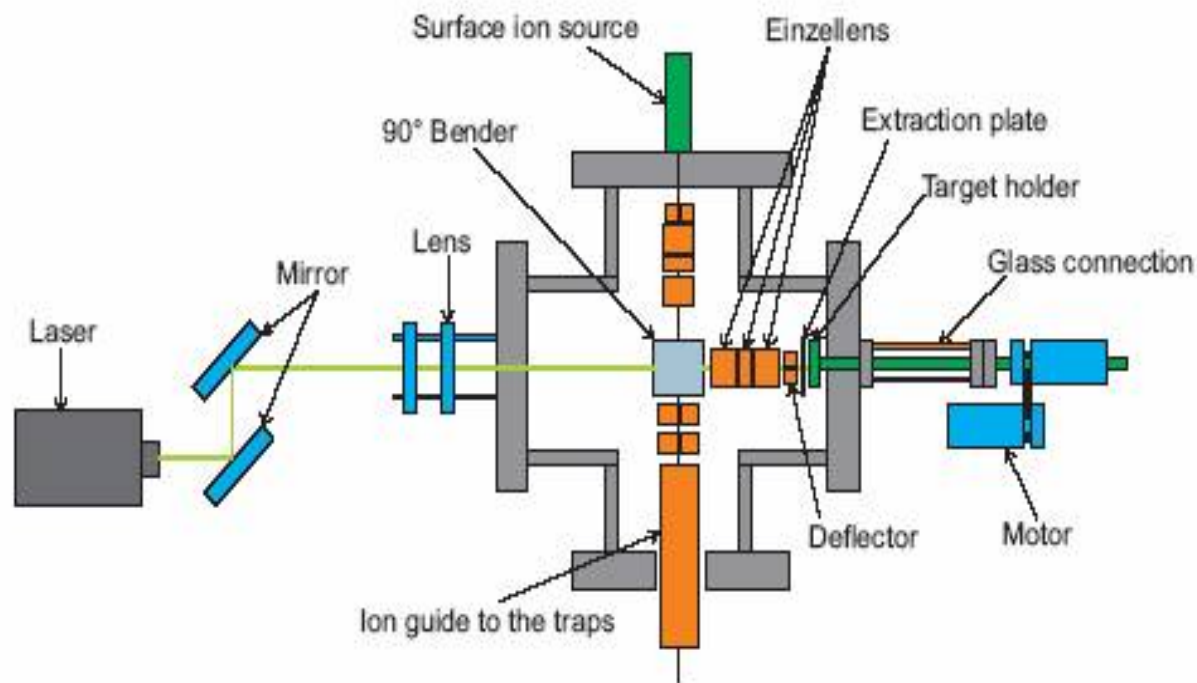
LLNL, MSU

10 countries
17 instituts
73 members

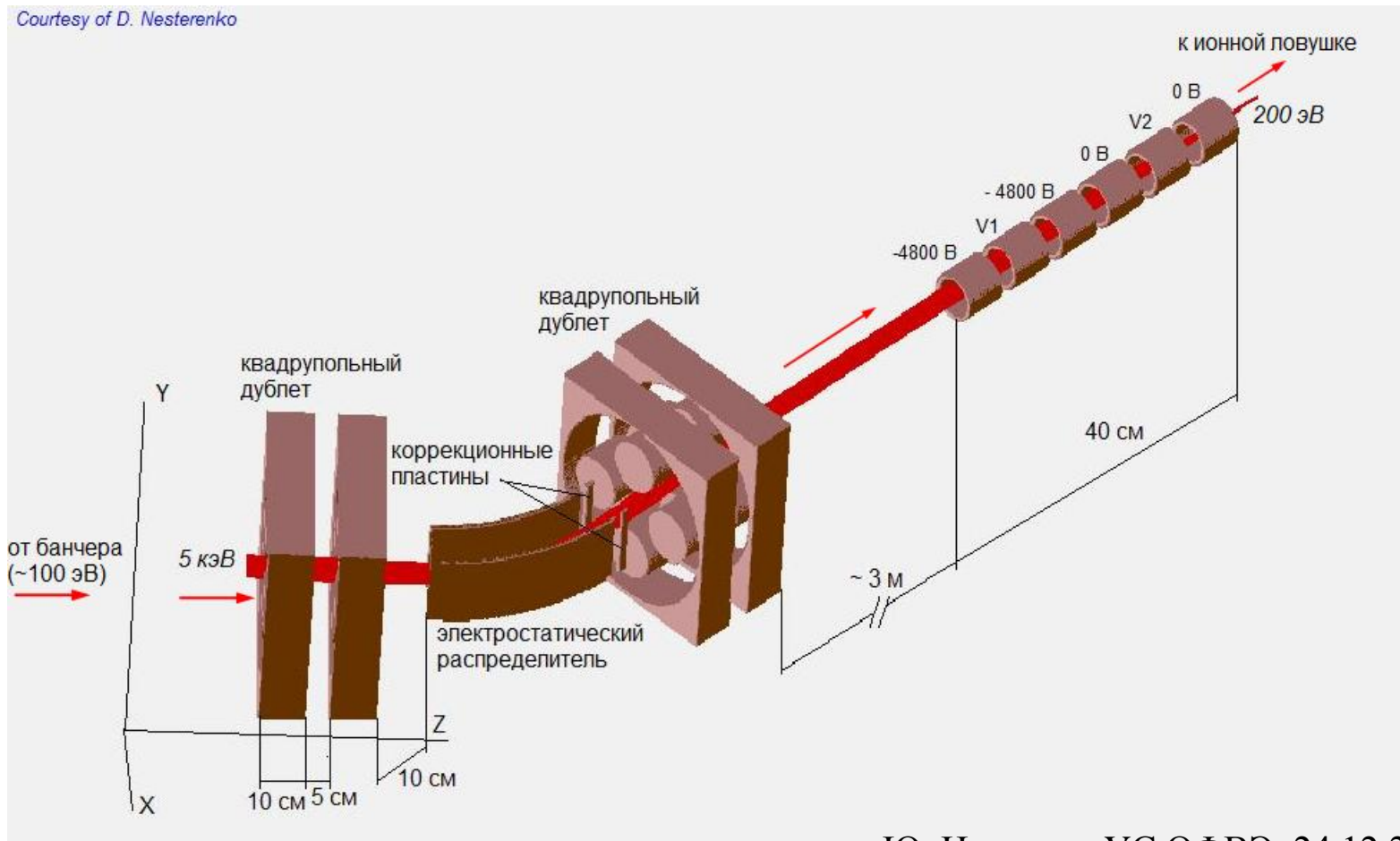
Co-spokespersons:
Ari Jokinen, Jyväskylä
José Crespo, MPI-K

Project manager:
Frank Herfurth, GSI

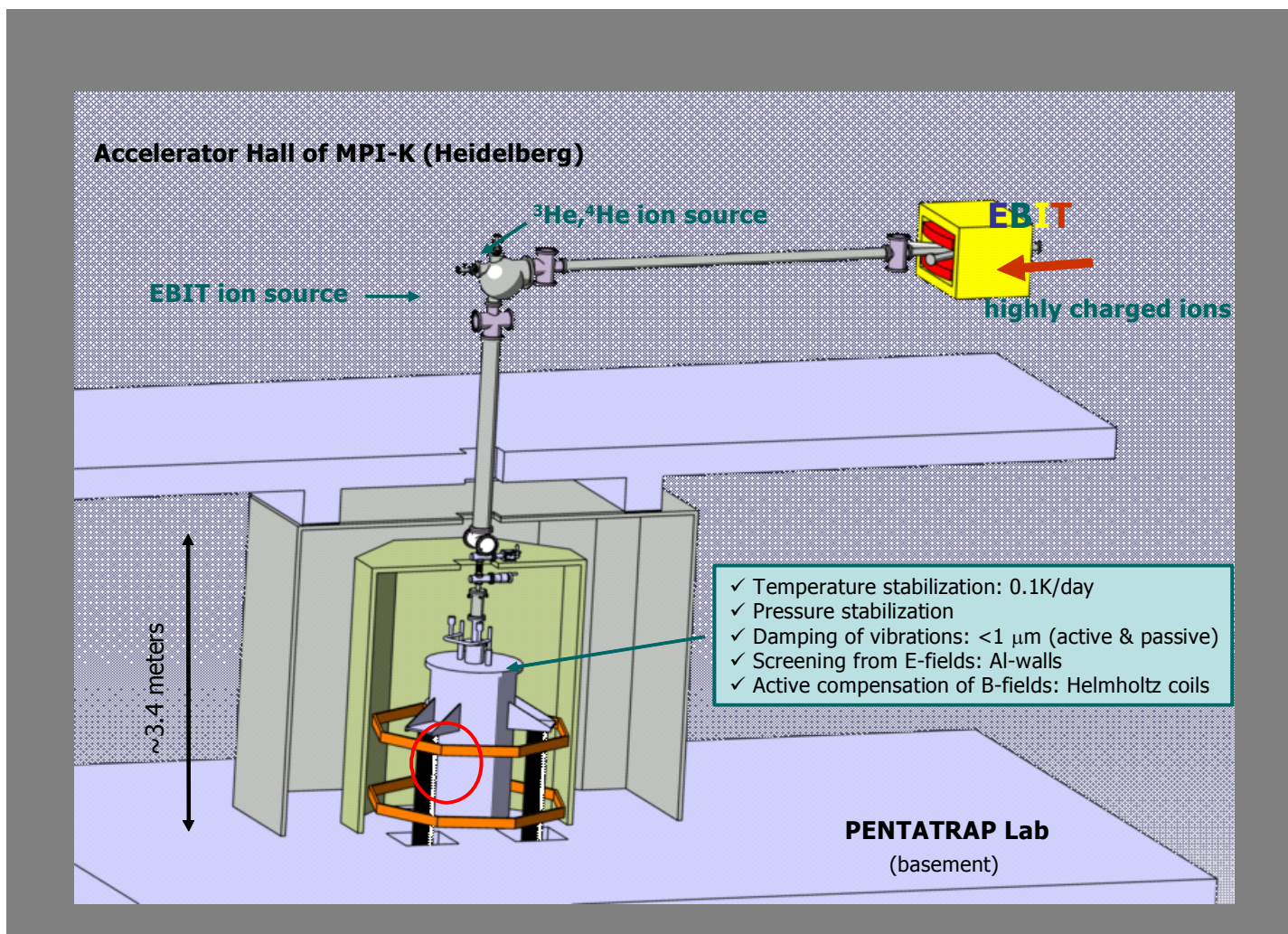
Калибратор масс (вклад ПИЯФ, лаб. А. Васильева)



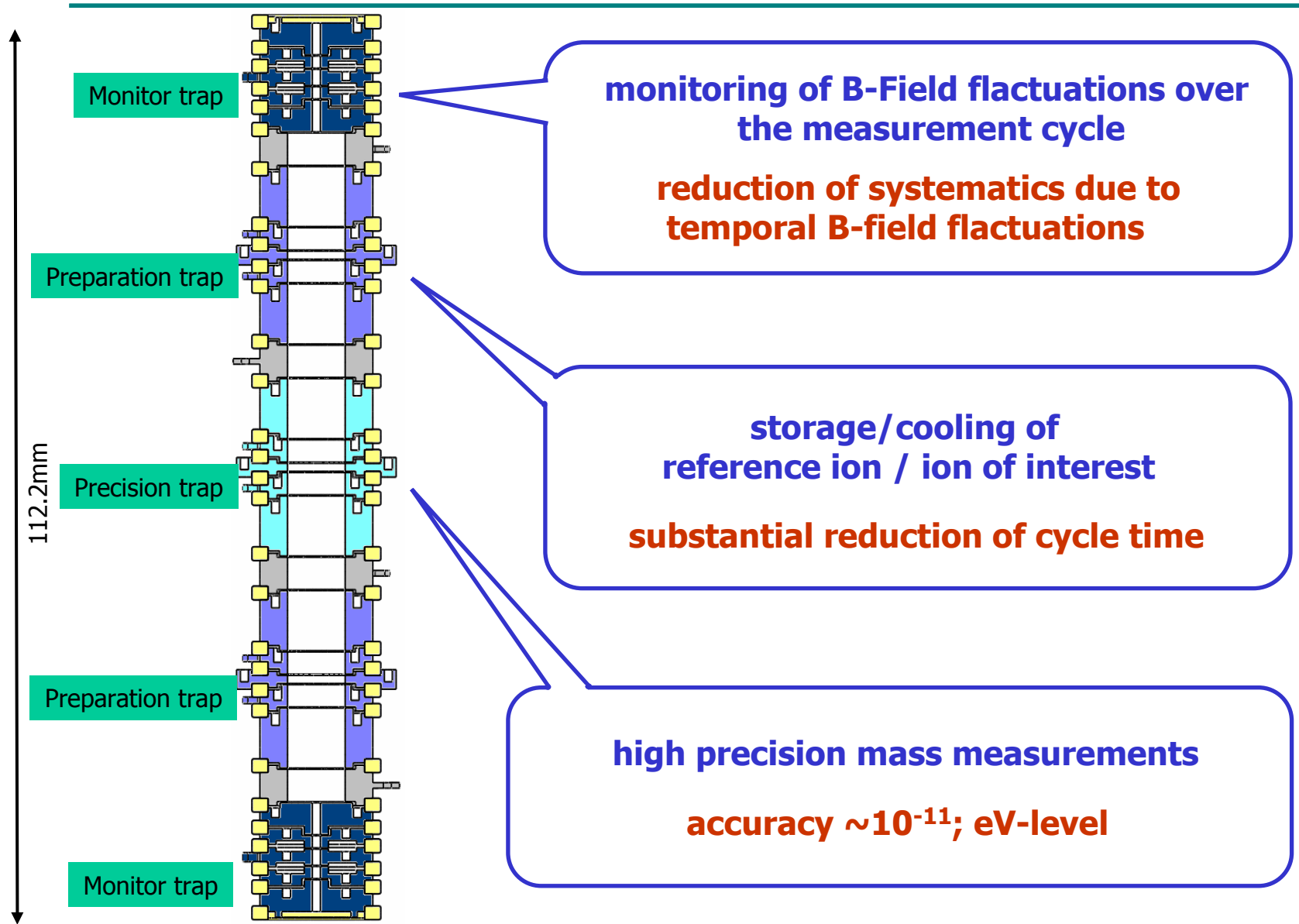
Тракт ионного пучка к ловушке MATS



PENTATRAP как часть проекта FANtOME в ин-те Макса Планка (Heidelberg)



PENTATRAP at MPI-K

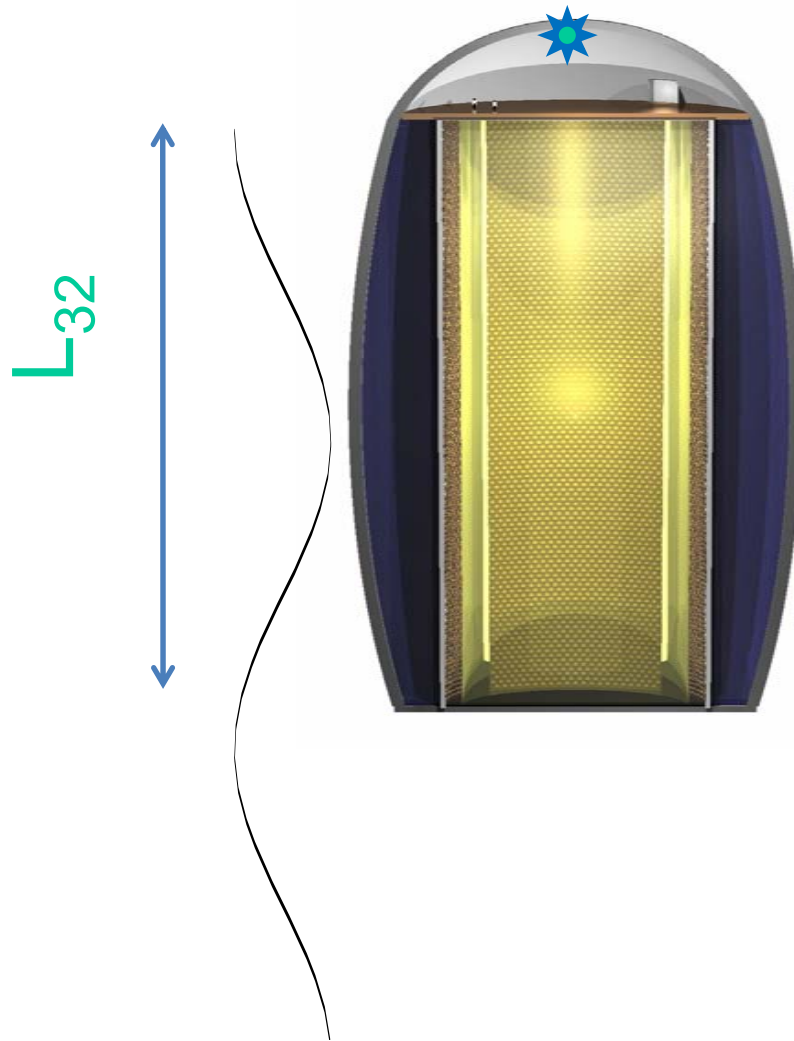


Нейтринная осциллометрия в проекте LENA

- $P(\nu_e \rightarrow \nu_e) = 1 - \sin^2 2\theta_{12} \cdot \sin^2(\pi\Delta m_{32}^2/\Delta m_{21}^2 \cdot L/L_{32}) - \sin^2 2\theta_{13} \cdot \sin^2(\pi L/L_{32})$
- **Неизвестные θ_{13} и L_{32}** (предпочтительно $\sin^2 \theta_{13} \leq 0.03$)
- Из теории «смешивания»: $L_{32} [\text{m}] = 2.5E_\nu / \Delta m_{32}^2 [\text{m} \cdot \text{MeV}/\text{eV}^2]$
 $L_{32} [\text{m}] \approx E_\nu [\text{keV}]$

Для проверки теории в осциллометрических измерениях нужны точные значения энергий монохроматических нейтрино, которые можно определить из точных разностей масс нуклидов, измеренных в ионных ловушках !!!

Возможность нейтринной осциллометрии с переносным источником монохроматических нейтрино

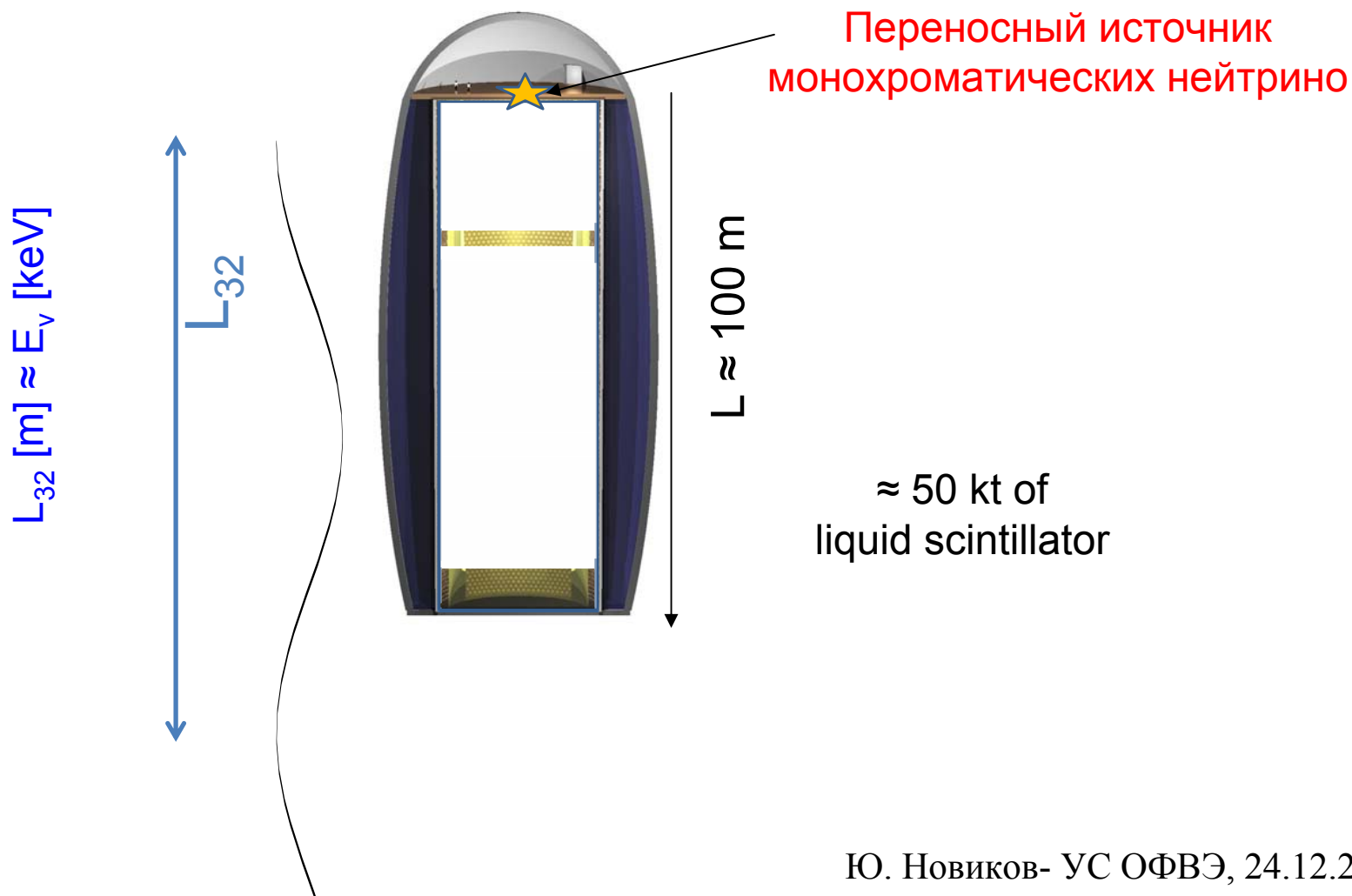


• Нейтрино в процессе захвата электронов ядром монохроматические и $L_{32}[\text{ в метрах}] = E_{\nu}[\text{ в кэВ}]$.

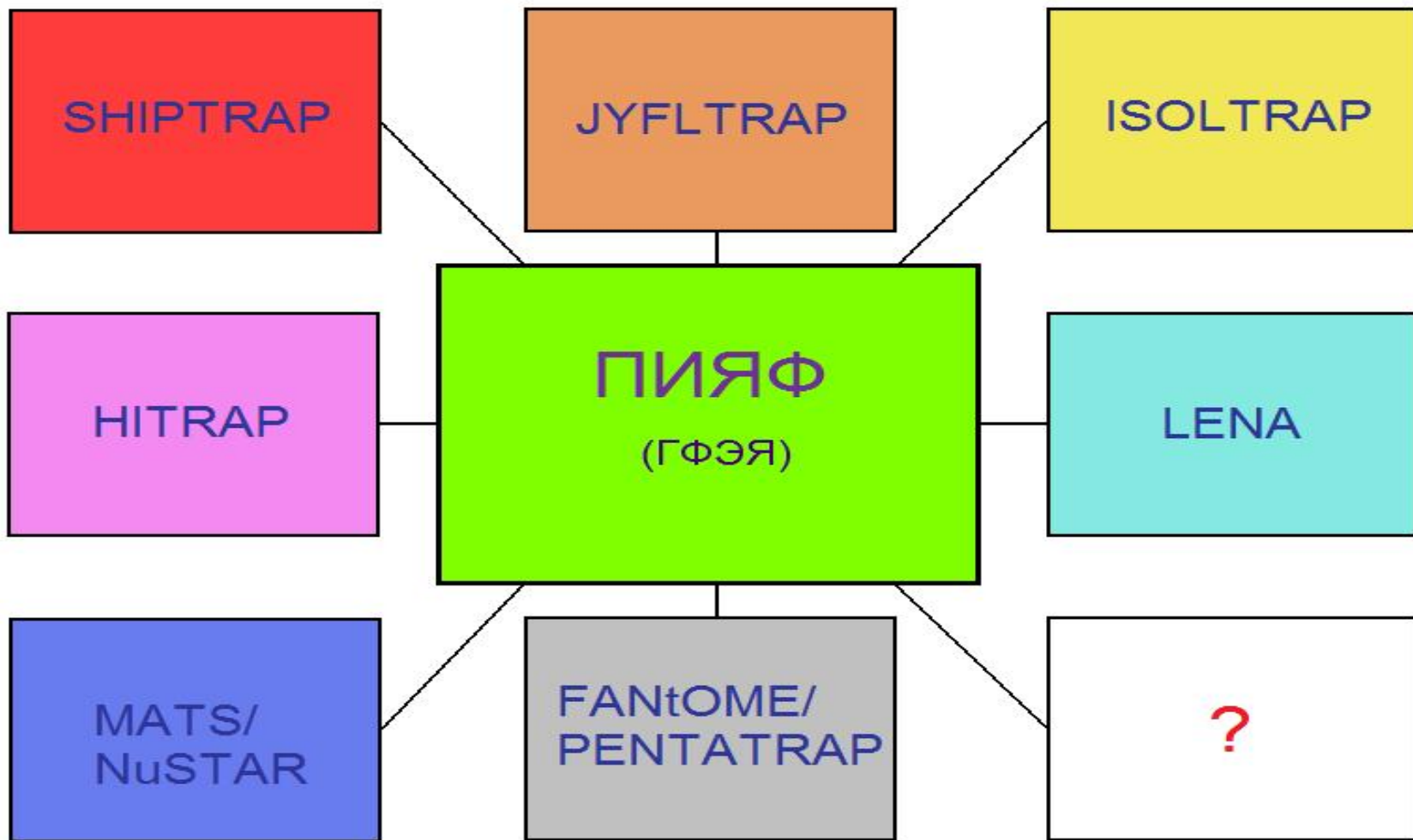
• Только электронные нейтрино эффективно взаимодействуют с электронами среды.

• Чтобы зафиксировать изменение аромата нейтрино по счёту числа рассеяний нейтрино, нужно иметь размеры детектора, сопоставимые с длиной осцилляций.

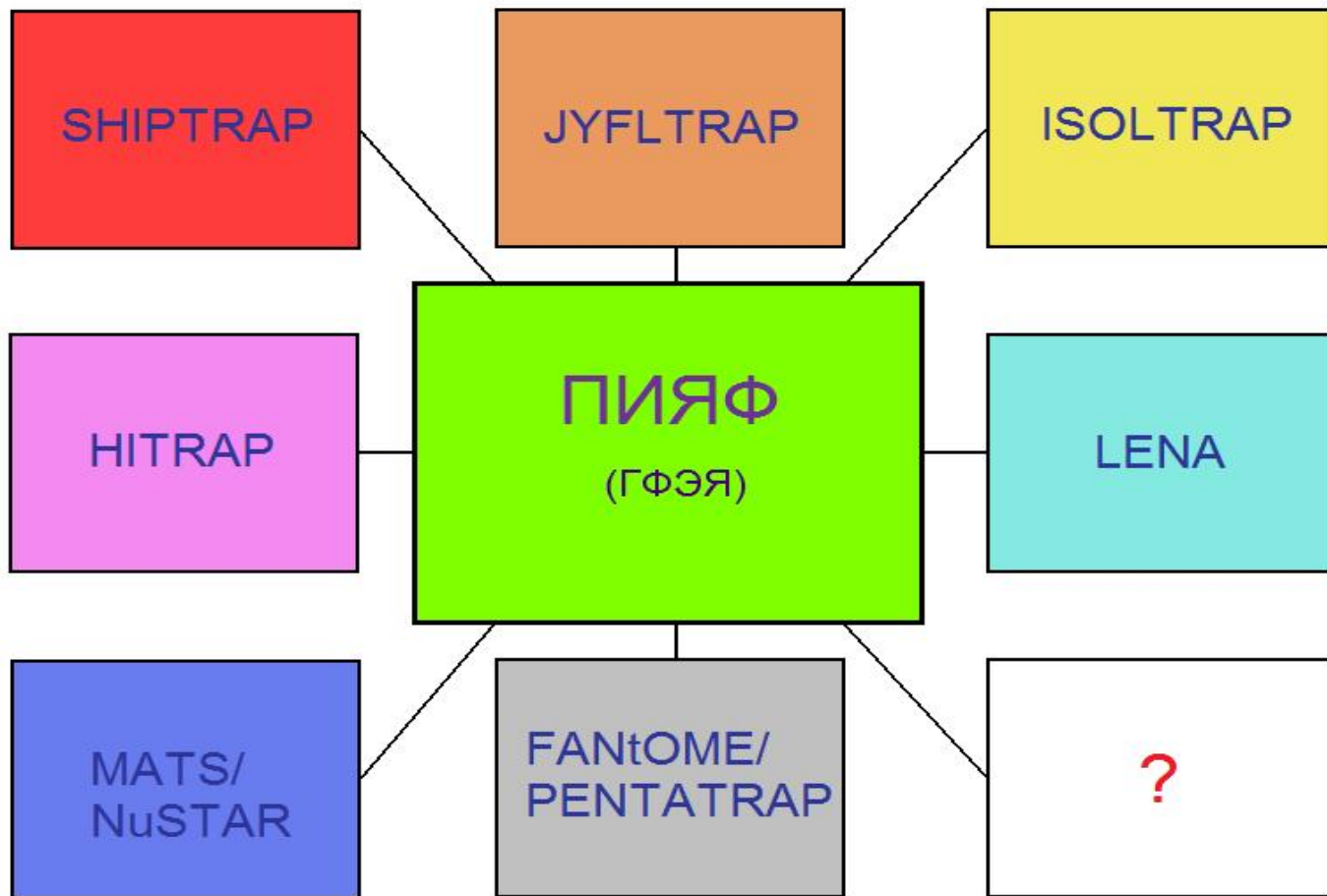
Нейтринная осциллометрия с детектором LENA



Заклучение



ПИЯФ - в ловушке ?!



Спасибо !