

# ОФВЭ 2012

А.Воробьев

17 января 2013

## *Структура ОФВЭ*

Лаб. физики элементарных частиц	<i>Г.Д.Алхазов</i>
Лаб. мезонной физики конденс. сред	<i>С.И.Воробьев</i>
Лаб. релятивистской ядерной физики	<i>В.М.Самсонов</i>
Лаб. короткоживущих ядер	<i>В.Н.Пантелеев</i>
Лаб. мезонной физики	<i>В.В.Сумачев</i>
Лаб. малонуклонных систем	<i>С.Л.Белостоцкий</i>
Лаб. мезоатомов	<i>Ю.М.Иванов</i>
Лаб. адронной физики	<i>О.Е.Федин</i>
Лаб. экзотических ядер	<i>Д.М.Селиверстов</i>
Лаб. крио. и сверхпров.техники	<i>А.А.Васильев</i>
Лаб. радиоэлектроники	<i>В.Л.Головцов</i>
Отдел трековых детекторов	<i>А.Г.Крившич</i>
Отдел вычислительных систем	<i>А.Е.Шевель</i>
Отдел мюонных камер	<i>В.С.Козлов</i>
Опытное производство ОФВЭ	<i>В.И.Ясюкевич</i>

# Численный состав ОФВЭ январь 2013 года

Всего **251** человек  
включая 14 совместителей

**145** научных сотрудников, из них  
    **16** докторов наук  
    **76** кандидатов наук ( **4** защиты в 2012 )  
    **3** аспиранта  
**106** ведущих инженеров, инженеров, техников,  
рабочих и лаборантов

## Финансирование ОФВЭ

	2010 т.руб	2011 т.руб	2012 т.руб
РАН	17 660	13 400	0
РФФИ	970	950	<b>6 855</b>
Грант Президента РФ	500	500	<b>500</b>
НИЦ КИ	5 000	15 673	<b>8 660</b>
Контракты	1 780	2600	<b>10 560</b>
Династия	150	100	<b>200</b>
Итого:	26 млн.руб	33 млн.руб.	<b>27 млн.руб</b>

Средняя зарплата	<b>21600</b> руб	20400 руб	<b>25 892</b> руб/мес
Бюджетная часть	<b>18397</b> руб	17900 руб	<b>23 645</b> руб/мес

# Научная деятельность ОФВЭ

---

Все основные результаты представлены в специальных выпусках

## <PNPI, High Energy Physics Division>

- **MAIN SCIENTIFIC ACTIVITIES 1971 – 1996** 320 стр
- **MAIN SCIENTIFIC ACTIVITIES 1997 – 2001** 343 стр
- **MAIN SCIENTIFIC ACTIVITIES 2001 – 2006** 340 стр
- **MAIN SCIENTIFIC ACTIVITIES 2007 – 2012** (готовится)

Выставлены на сайте:

[http://hepd.pnpi.spb.ru/hepd/publics/bibl\\_hepd\\_ru.html](http://hepd.pnpi.spb.ru/hepd/publics/bibl_hepd_ru.html)

## Публикации, семинары

Публикации	2010	2011	2012
иностраннные журналы	138	211	376
российские журналы	22	20	12
доклады на заруб. конф.			6
доклады на рос. конф.			9

	2010	2011	2012
Семинары ОФВЭ	38	37	37
Совместно с Теор.отделом	5	5	4
Видео конференции RDMS	6	7	8

Научная сессия ОФВЭ 24-27 декабря 2012

34 доклада:

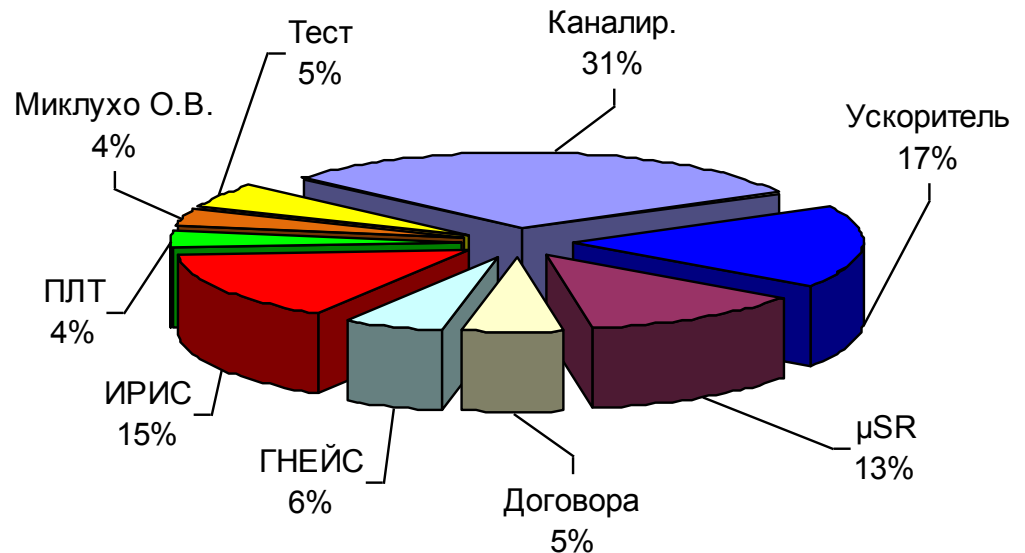
[http://hepd.pnpi.spb.ru/hepd/events/meetings/sessiya\\_2012/meetings\\_index\\_ru.html](http://hepd.pnpi.spb.ru/hepd/events/meetings/sessiya_2012/meetings_index_ru.html)

# Синхроциклотрон ПИЯФ



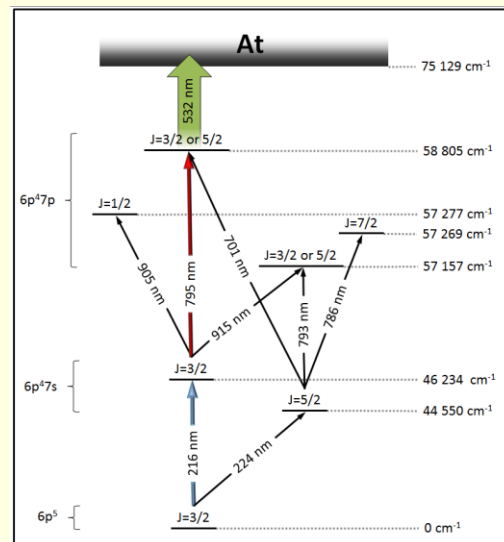
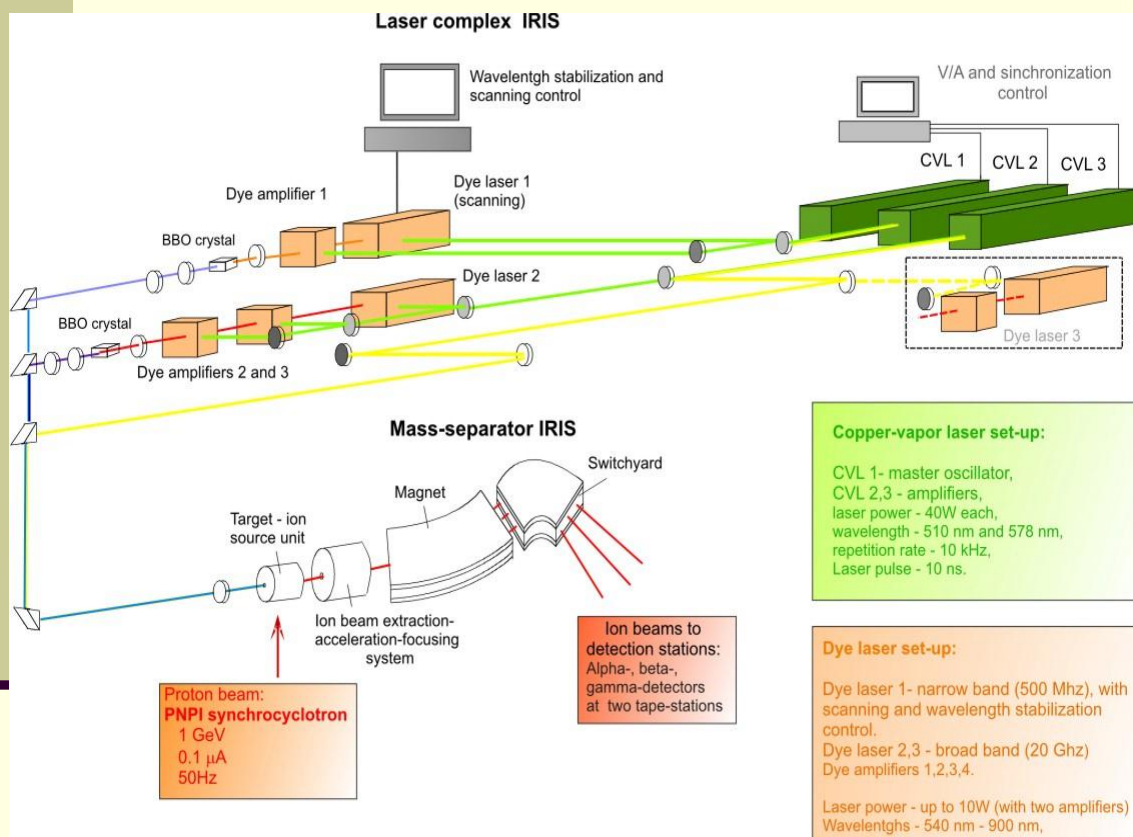
2234 час

Программа ИРИС  
 $\mu$ SR эксперименты  
Тестовые пучки  
Протонная терапия  
Радиационные тесты



# Универсальная Лазерно-Ионизационная Спектроскопическая Система (УЛИСС) на установке ИРИС в ПИЯФ

Лаб. В.Пантелеева



Isotope shift  $\delta \nu_{A,A'}$ :

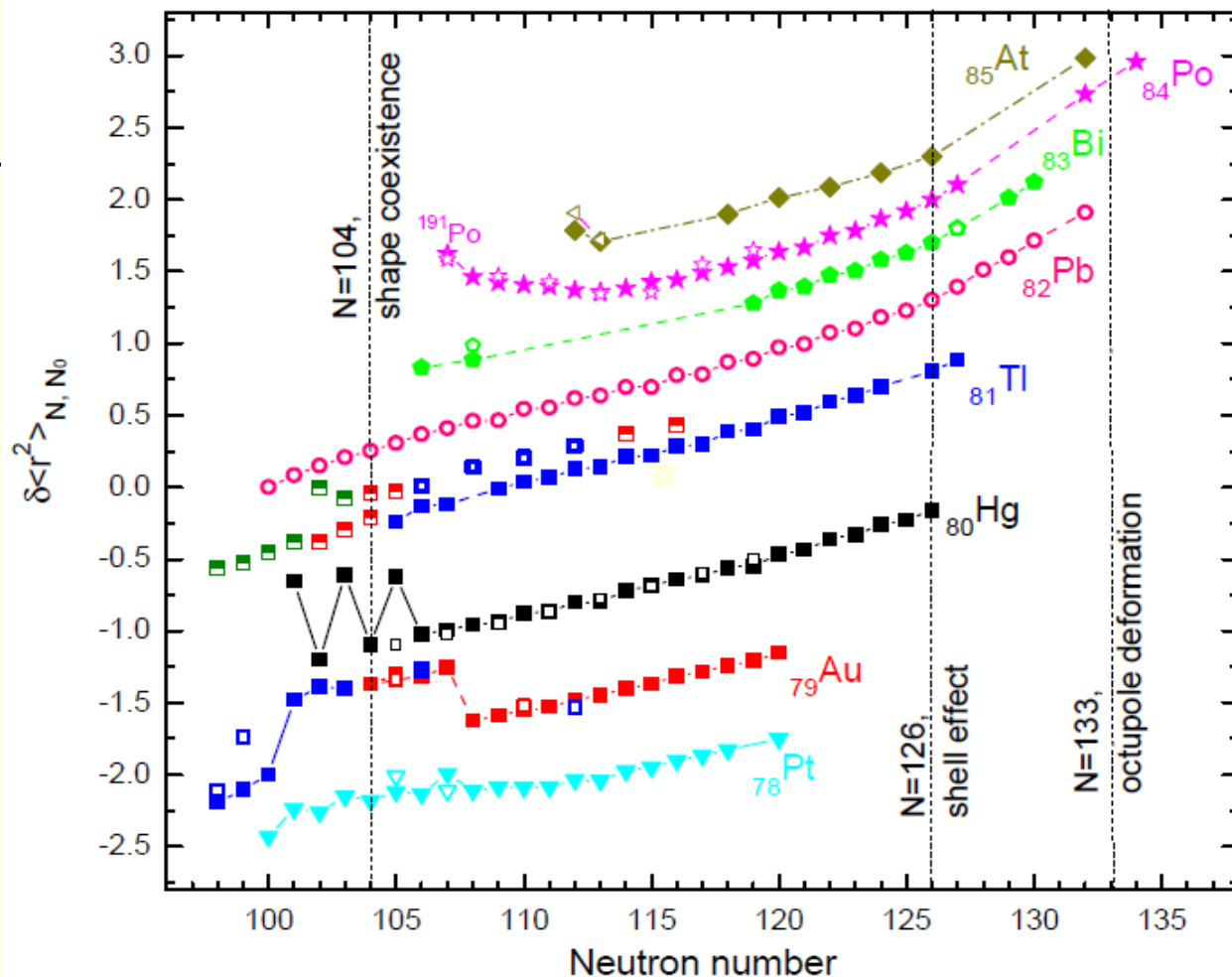
$$\delta \nu_{A,A'} = F \cdot \delta \langle r^2 \rangle_{A,A'} + M \cdot \frac{A - A'}{A \cdot A'}$$

Метод впервые разработан в ПИЯФ  
с Институтом спектроскопии (Москва)  
**В 2011 осуществлена модернизация УЛИСС**

Аналогичная установка создана  
на ISOLDE в ЦЕРН с участием  
наших специалистов



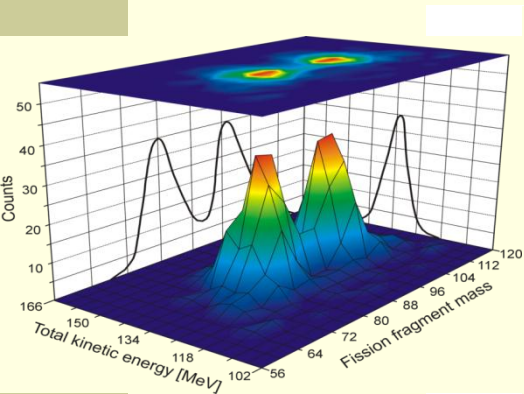
# Исследование нейтроно - дефицитных ядер



- зарядовые с.к.радиусы
- магнитные/квадрупольные моменты
- ядерная спектроскопия

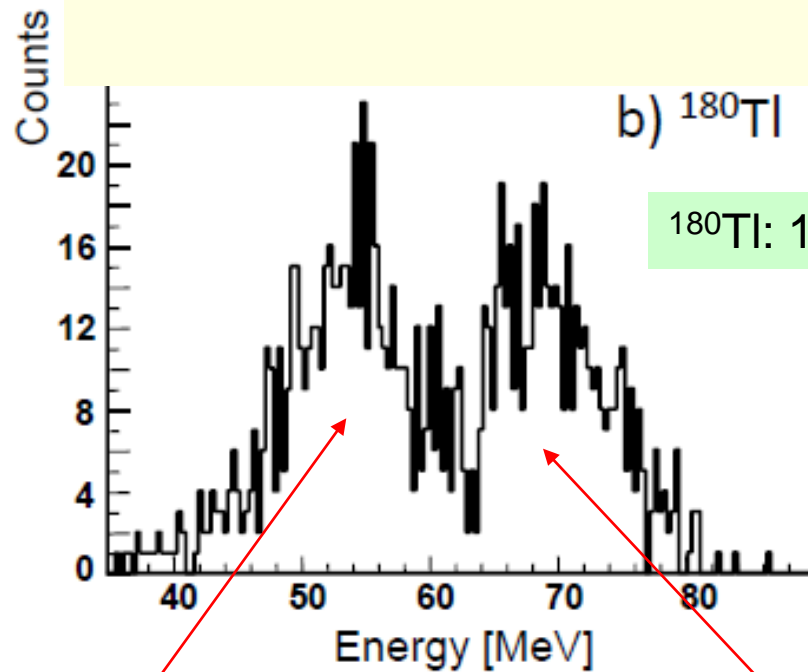
# Массовое распределение осколков деления

ИЗОТОПОВ Tl А.Барзах ISOLDE-CERN



ions/ $\mu\text{C/s}$ , 8 fission events

$$P_{\beta DF} (^{178}\text{Tl}) = 0.15(6)\%$$



$^{180}\text{Tl}$ : 1111 fission events

$$P_{\beta DF} (^{180}\text{Tl}) = 3.2(2) \times 10^{-3}\%$$

corresponds to  $A=80(1)$

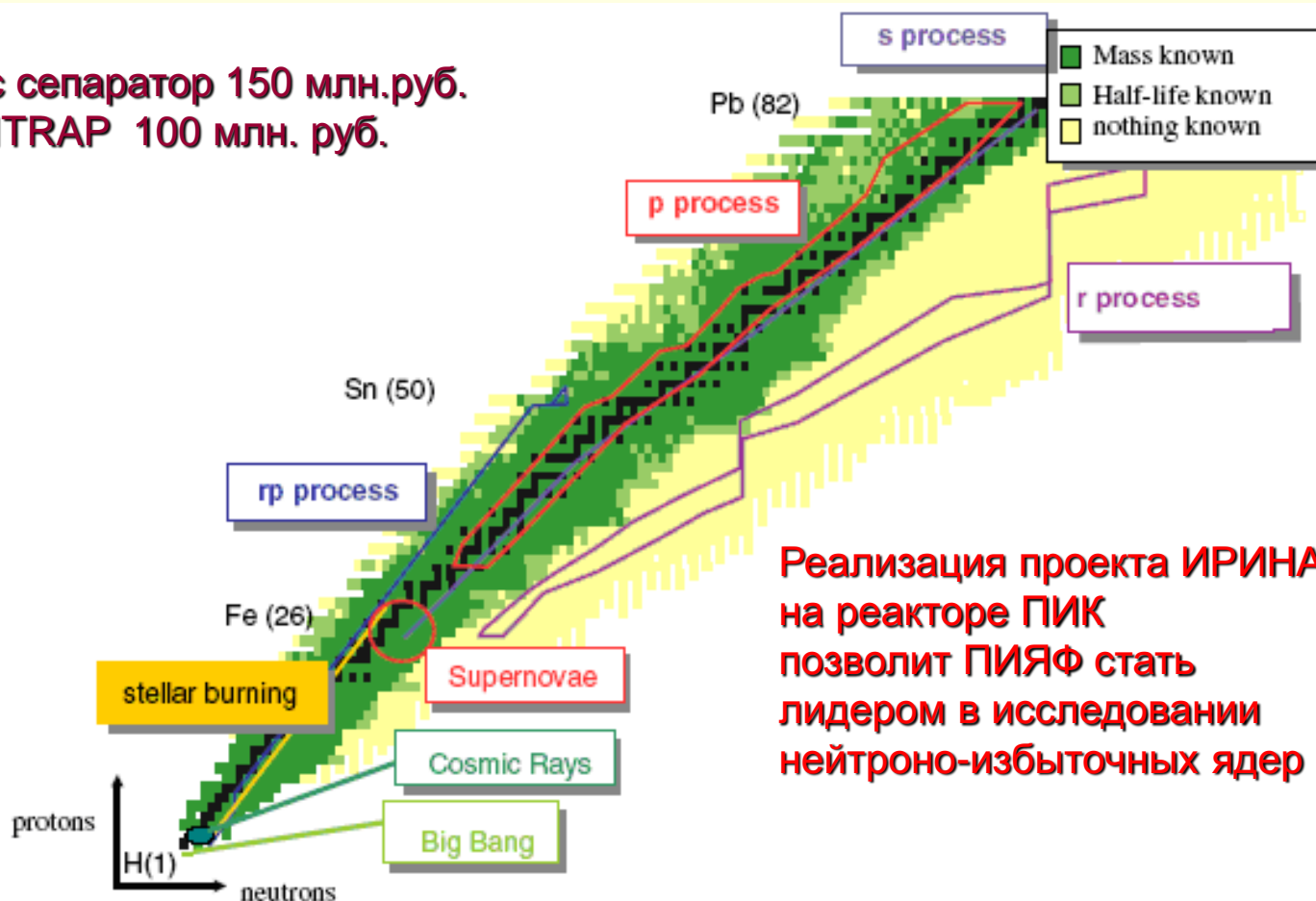
$\text{FWHM} \approx 9 \text{ amu}$

$A=100(1)$

# Проект ИРИНА на реакторе ПИК

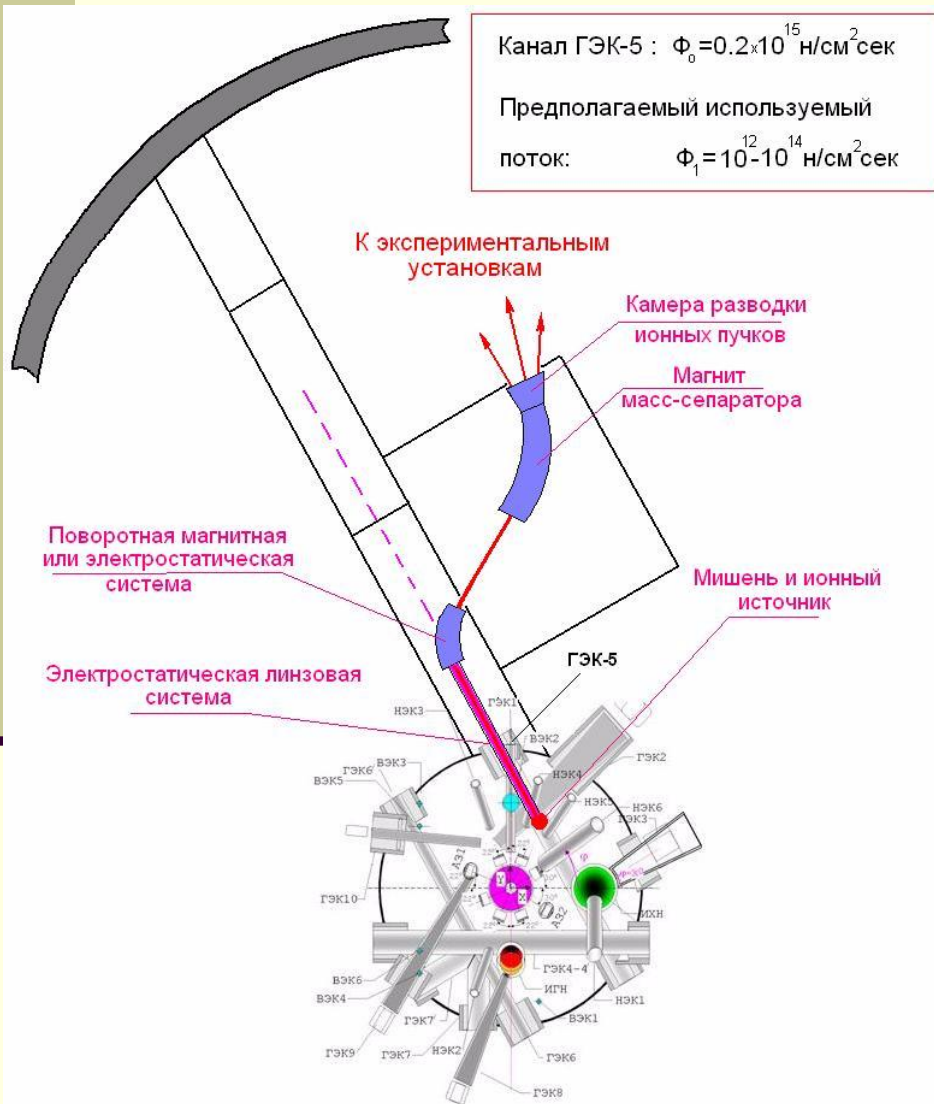
Лаб. В. Пантелеева

Масс сепаратор 150 млн.руб.  
PNPITRAP 100 млн. руб.



Реализация проекта ИРИНА на реакторе ПИК позволит ПИЯФ стать лидером в исследовании нейтроно-избыточных ядер

# Универсальная Лазерно-Ионизационная Спектроскопическая Система (ИРИНА) на реакторе ПИК



	ИРИНА	ISOLDE
<sup>78</sup> Zn	$5 \times 10^{10}$	$8 \times 10^7$
<sup>132</sup> Sn	$10^8$	$10^6$
<sup>148</sup> Cs	$10^8$	$2.5 \times 10^5$

# SHIPTRAP

*прецизионное измерение масс короткоживущих ядер*



Установка SHIPTRAP в GSI  
создана при активном участии группы Ю.Н.Новикова

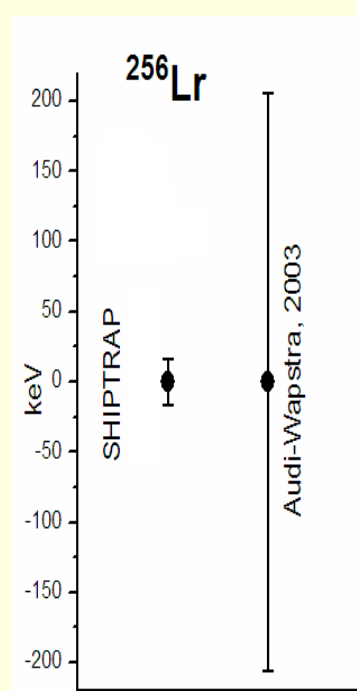
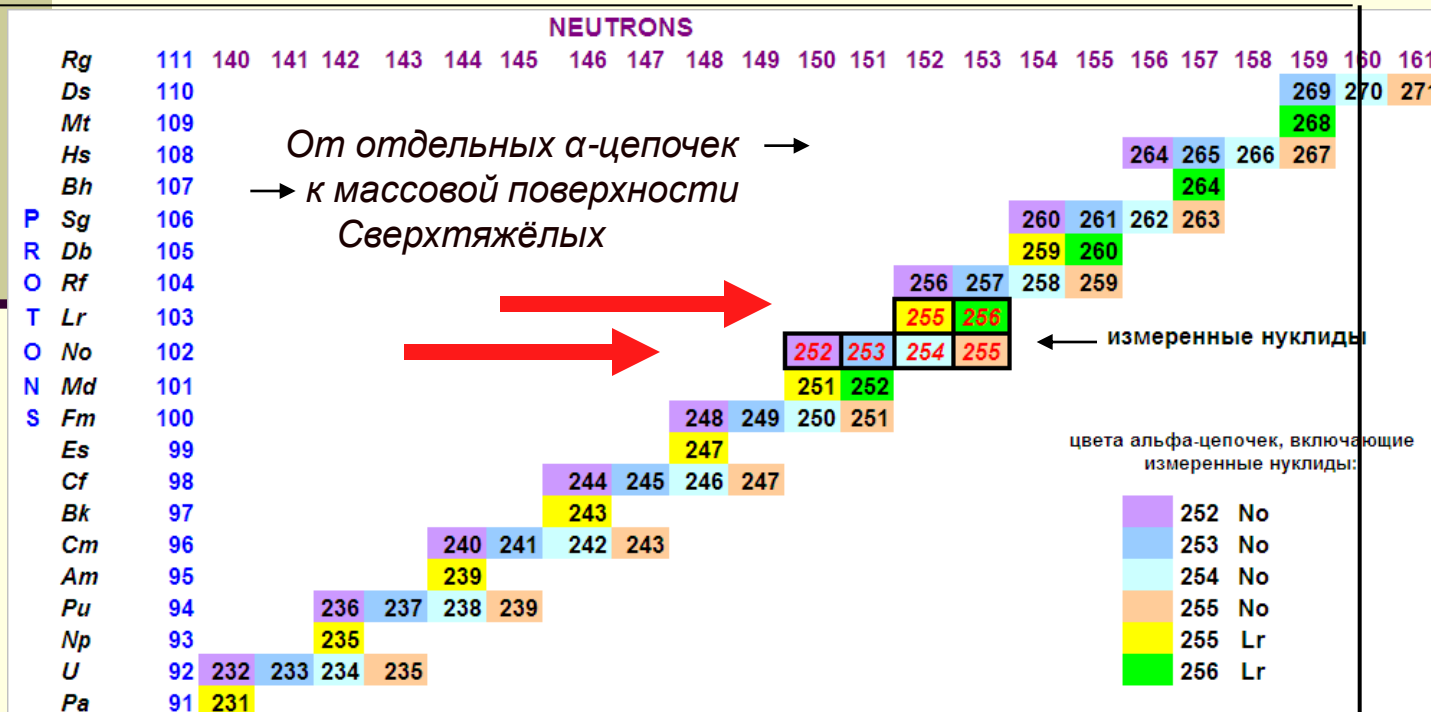
# Прямые измерения масс <sup>252, 253, 254, 255</sup>No и <sup>255, 256</sup>Lr на установке SHIPTRAP в GSI

Новиков Ю.Н., Воробьёв Г. К, Елисеев С.А.,  
Нестеренко Д.А. + группа SHIPTRAP

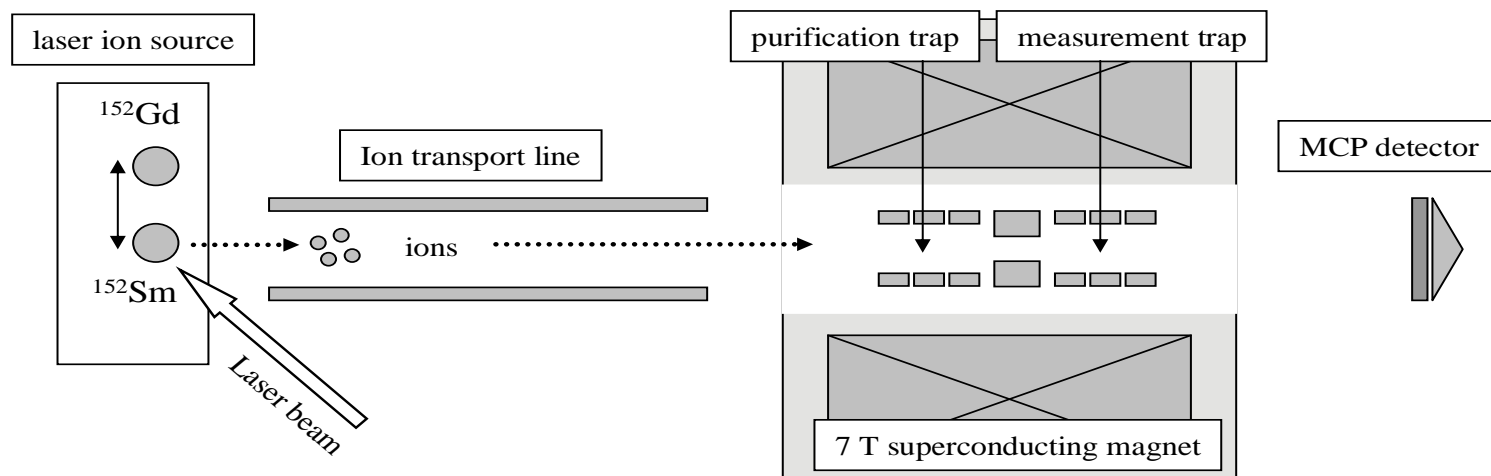
**252, 253, 254, 255No и 255, 256Lr**

Счёт <sup>256</sup>Lr на детекторе  
~ 0,5 иона/час

$\delta M \approx 2 \text{ keV}$



# Разностный метод на SHIPTRAP



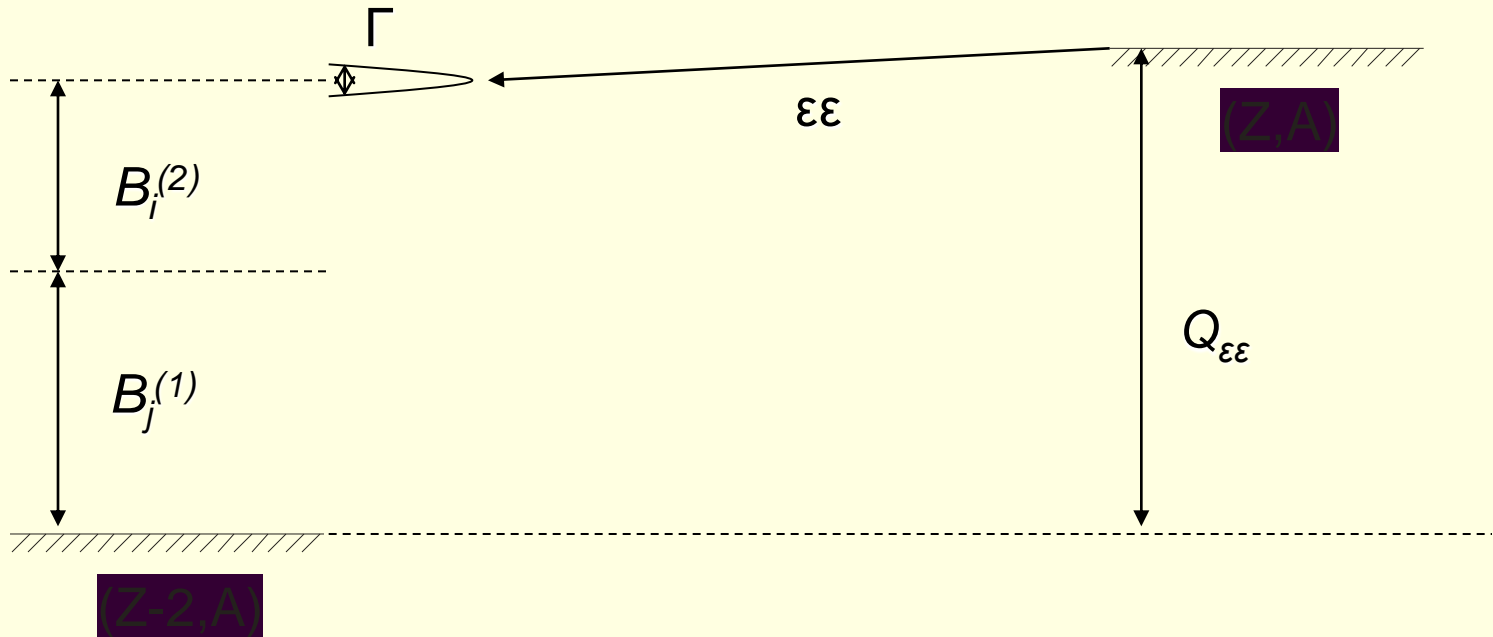
Разность масс  $^{152}\text{Gd}$  -  $^{152}\text{Sm}$  измерена с точностью 180 эВ

(эксперимент С. Елисеева и др.)



# Резонансный безнейтринный $\epsilon\epsilon$ -захват

Аналог безнейтринного двойного бета распада



$$\lambda_{00\epsilon\epsilon}^{res} = c \cdot |M|^2 \cdot |\psi_{1e}(0) \cdot \psi_{2e}(0)|^2 m_\nu^2 \frac{\Gamma}{\left(Q_{\epsilon\epsilon} - B_i^{(1)} - B_j^{(2)}\right)^2 + \frac{1}{4}\Gamma^2}$$



# *Перспективы развития*

*гр.Ю.Новикова, лаб. А.Васильева*

---

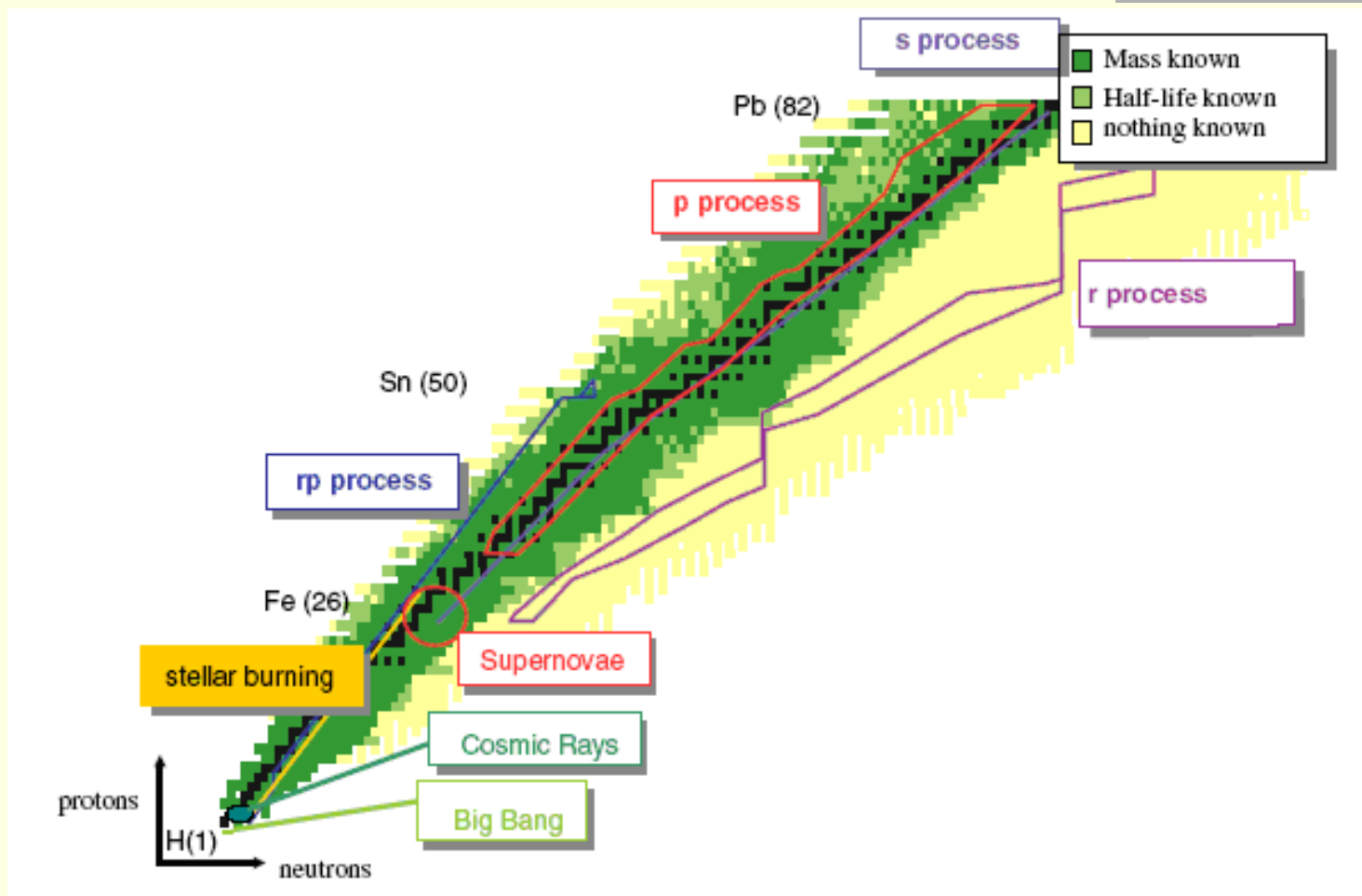
**SHIPTRAP в проекте MATS ( FAIR)**

**TDR: вклад ПИЯФ 450 kEuro**

**SHIPTRAP в проекте ИРИНА (ПИК)**

**100 млн.руб.**

*ИРИНА и МАТS будут мировыми лидерами  
в освоении нейтроно-избыточных ядер*



# Эксперимент MuCAP

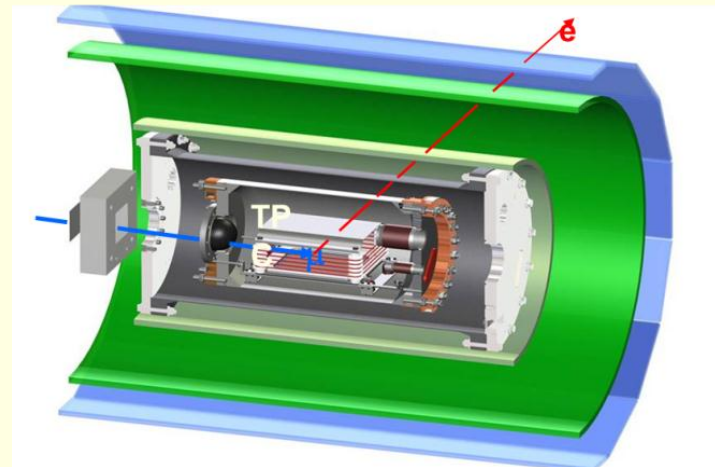
Впервые измерен псевдоскалярный формфактор нуклона

Phys.Rev.Letters 110, 012504 ( 2013)

Сотрудничество со  
Швейцарской мезонной фабрикой  
Институт Пауля Шеррера , PSI



10000 часов на мюонном канале



$$G_p(\text{MuCap}) = 8.06 \pm 0.48 \pm 0.28$$

$$G_p(\text{theory}) = 8.26 \pm 0.23$$

Полученный результат оказался в хорошем согласии с расчетом в киральной пертурбативной КХД теории (Chiral perturbation theory, ChPT QCD), подтверждая тем самым справедливость заложенных в эту теорию принципов.

# ПРЕЦИЗИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ЗАХВАТА МЮОНА В ВОДОРОДЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПСЕВДОСКАЛЯРНОГО ФОРМ ФАКТОРА ПРОТОНА $g_P$

V.A. Andreev, V.A. Ganzha, P. A.Kravtsov, A.G. Krivshich, M.P. Levchenko,  
E.M. Maev, O.E. Maev, G.E. Petrov, G.N. Schapkin, G.G. Semenchuk,  
M. A. Soroka, A.A. Vasilyev, A.A. Vorobyov, M.E. Vznuzdaev



# Экперимент *MuSun* в *PSI*

Лаб. А. Васильева

$\mu^- + d \rightarrow n + n + \nu_\mu$   
Effective Field Theory

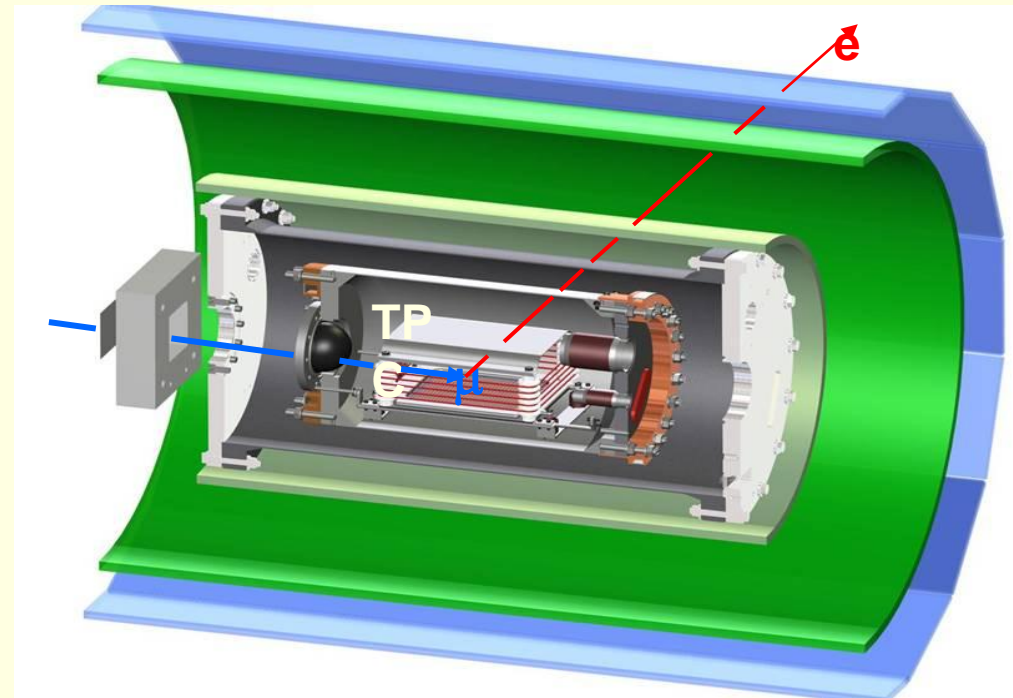
$L_{1A}$

Реакция на Солнце

$p + p \rightarrow d + e^+ + \nu_e$

Детекторы нейтрино

$\nu_e + d \rightarrow e^- + p + p$   
 $\nu + d \rightarrow \nu + p + n$

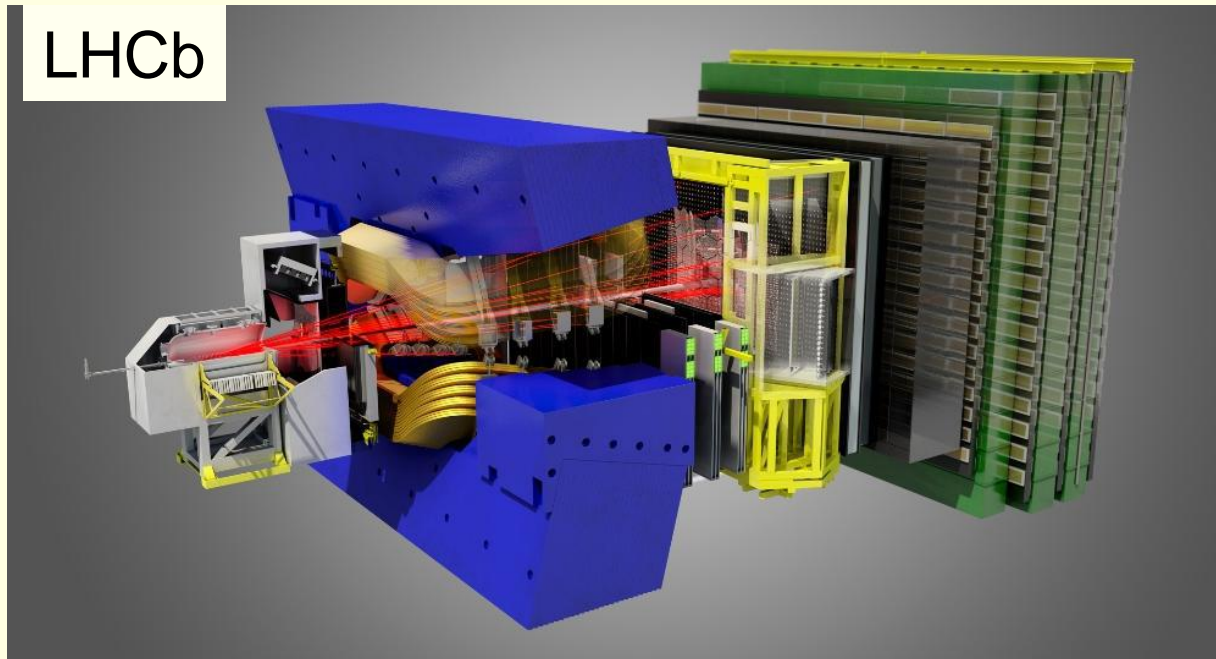


Тестовый сеанс в 2012 году

2000 часов на мюонном канале в 2013 году



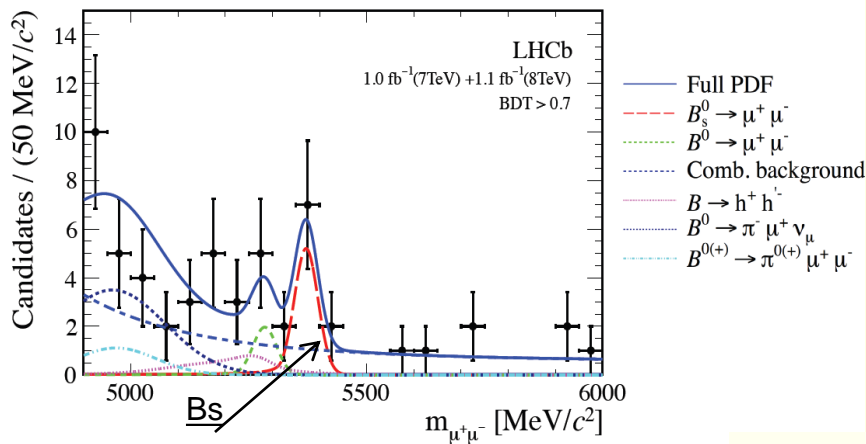
# *Поиск редких распадов $B_{s,d} \rightarrow \mu^+\mu^-$ в эксперименте LHCb .*



Ю. Щеглов,, Н.Сагидова, А. Дзюба, А. Воробьёв

# В эксперименте LHCb обнаружен редкий распад $B_s$ на два мюона

Phys.Rev.Letters **110**, 021801 ( 2013)



LHCb  
 $B_s \rightarrow \mu\mu = (3.2 +1.5/-1.2) 10^{-9}$

Стандартная Модель  
 $B_s \rightarrow \mu\mu = (3.23 \pm 0.27) 10^{-9}$

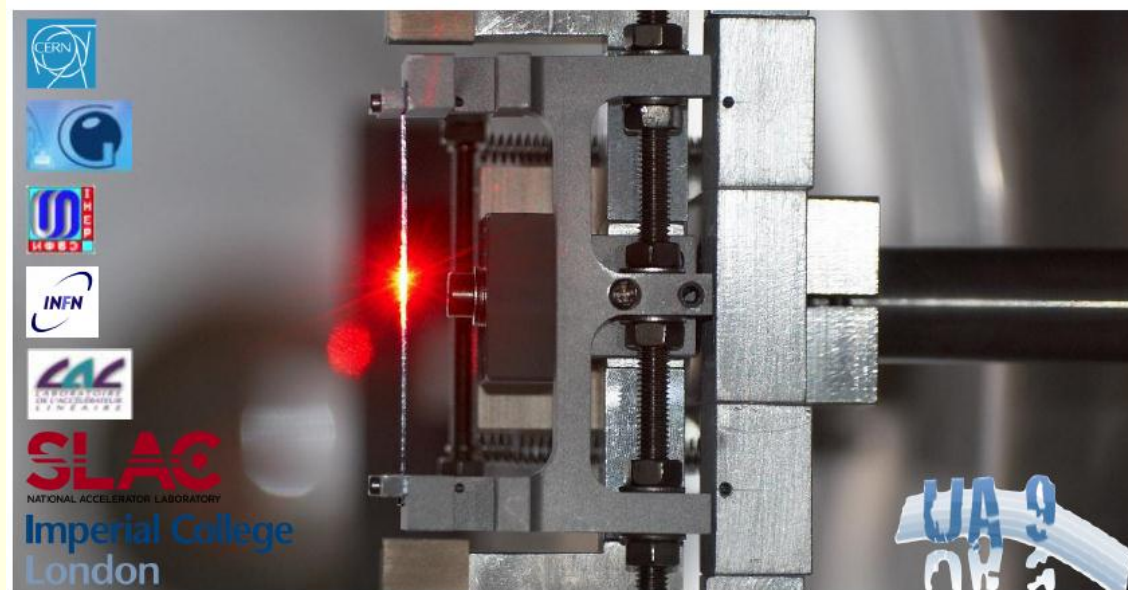
Полученное согласие со Стандартной Моделью является одним из самых серьезных ограничений на возможный вклад “новой физики”, в частности на вклад различных вариантов суперсимметрии.

# **Кристаллическая коллимация протонов высокой энергии**

Эксперимент UA9 (CERN) Лаб.Ю.Иванова



## **Crystals in the LHC**



Показано, что кристаллическая коллимация может уменьшить гало пучка в коллайдере в 20 раз



# PHENIX

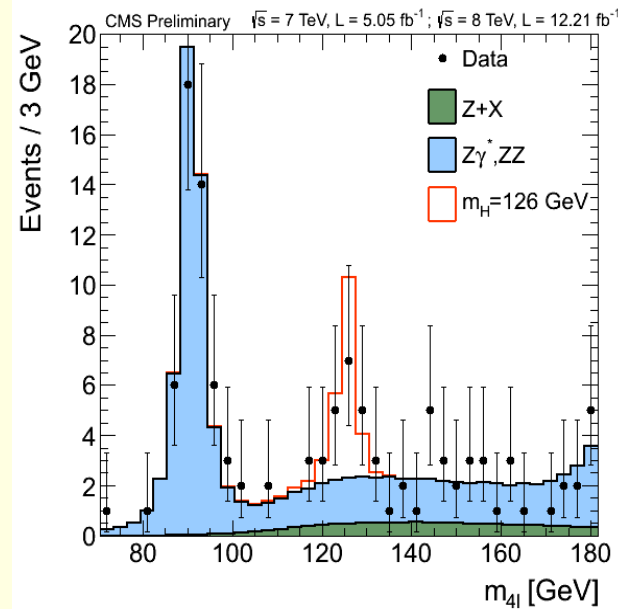
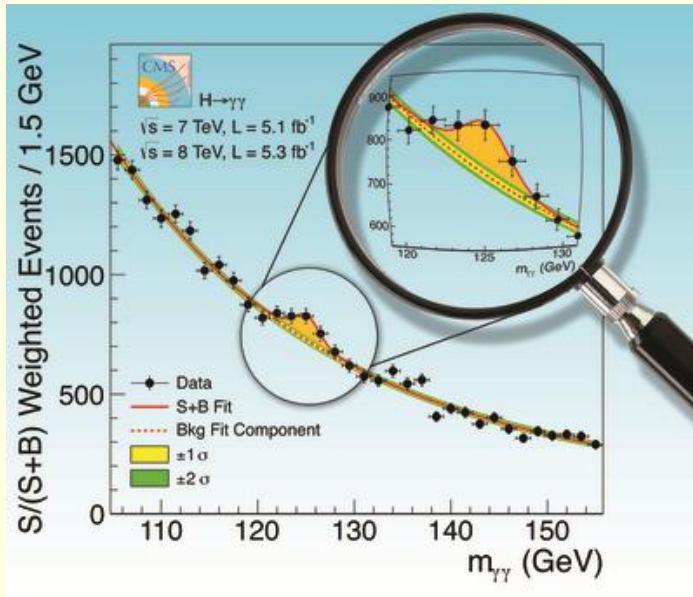
лаб.В.Самсонова

RHIC Run	Year	Species	Energy	Ldt
Run-1	2000	Au+Au	130 GeV	1 $\mu\text{b}^{-1}$
Run-2	2001-2	Au+Au	200 GeV	24 $\mu\text{b}^{-1}$
		Au+Au	19 GeV	
		p+p	200 GeV	150 nb-1
Run-3	2002/3	d+Au	200 GeV	2.74 nb-1
		p+p	200 GeV	0.35 nb-1
Run-4	2003/4	Au+Au	200 GeV	241 $\mu\text{b}^{-1}$
		Au+Au	62.4 GeV	9 $\mu\text{b}^{-1}$
Run-5	2005	Cu+Cu	200 GeV	3 nb-1
		Cu+Cu	62.4 GeV	0.19 nb-1
		Cu+Cu	22.4 GeV	2.7 $\mu\text{b}^{-1}$
Run-6	2006	p+p	200 GeV	10.7 pb-1
		p+p	62.4 GeV	100 nb-1
Run-7	2007	Au+Au	200 GeV	813 $\mu\text{b}^{-1}$
Run-8	2007/2008	d+Au	200 GeV	80 nb-1
		p+p	200 GeV	5.2 pb-1
		Au+Au	9.2 GeV	
Run-9	2009	p+p	200 GeV	16 pb-1
		p+p	500 GeV	14 pb-1
Run-10	2010	Au+Au	200 GeV	1.3 nb-1
		Au+Au	62.4 GeV	100 $\mu\text{b}^{-1}$
		Au+Au	39 GeV	40 $\mu\text{b}^{-1}$
		Au+Au	7.7 GeV	260 mb-1
Run-11	2011	p+p	500 GeV	27 pb-1
		Au+Au	200 GeV	915 $\mu\text{b}^{-1}$
		Au+Au	27 GeV	5.2 $\mu\text{b}^{-1}$
		Au+Au	19.6 GeV	13.7 M events
Run-12	2012	p+p	200 GeV	9.2 pb-1
		p+p	510 GeV	30 pb-1
		U+U	193 GeV	171 $\mu\text{b}^{-1}$
		Cu+Au	200 GeV	4.96 nb-1

Двенадцать  
циклов работы:  
10 энергий ( $\sqrt{s}$ )  
6 комбинаций ядер

# В экспериментах CMS и ATLAS обнаружена частица с массой 125 ГэВ

В составе авторов 23 сотрудника ОФВЭ



Данные CMS, представленные 13 ноября 2012 года на конференции в Киото на основе обработки 60% набранной статистики

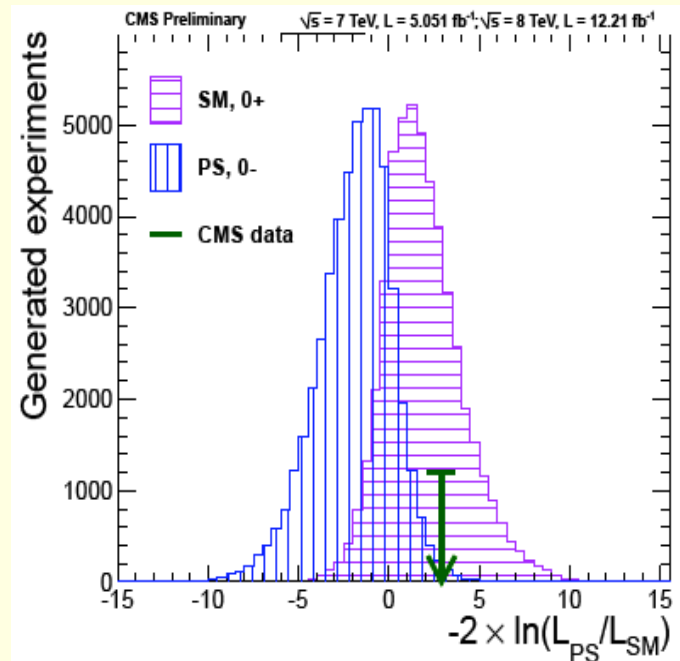
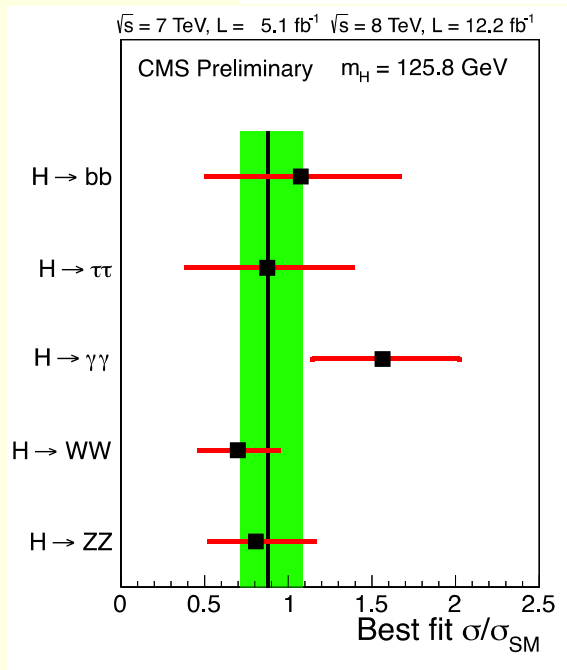
**CMS:**  $M = 125.8 \pm 0.4$  (stat.)  $\pm 0.4$  (syst.) GeV

**CMS:** local significance: 6.9 $\sigma$

# Является ли обнаруженная частица с массой 126 ГэВ Хиггс бозоном, предсказанным Стандартной Моделью ?

## Аргументы в пользу этого утверждения

Данные, представленные коллаборацией CMS на конференции в Киото 13 ноября 2012 года



1. Вероятности распада обнаруженной частицы по различным каналам соответствуют предсказанным в Стандартной Модели с Хиггс бозоном ( Рис. слева).
2. Наблюдаемый распад на два гамма кванта свидетельствуют о цело-численности спина частицы (т.е.это бозон).
3. Угловые распределения лептонов в распаде частицы на четыре лептона свидетельствуют в пользу того, что частица является **скаляром (0+)** в соответствии с предсказанием Стандартной Модели (Рис.справа).

# Участие в программе LHC UPGRADE

Ls1 (long shutdown 1)

март 2013 - декабрь 2014

UPGRADE PHASE 1

энергия **6.5 ТэВ + 6.5 ТэВ**

CMS @ ATLAS

$L \max = 9 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

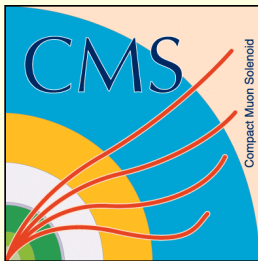
LHCb

$L \max = 5 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

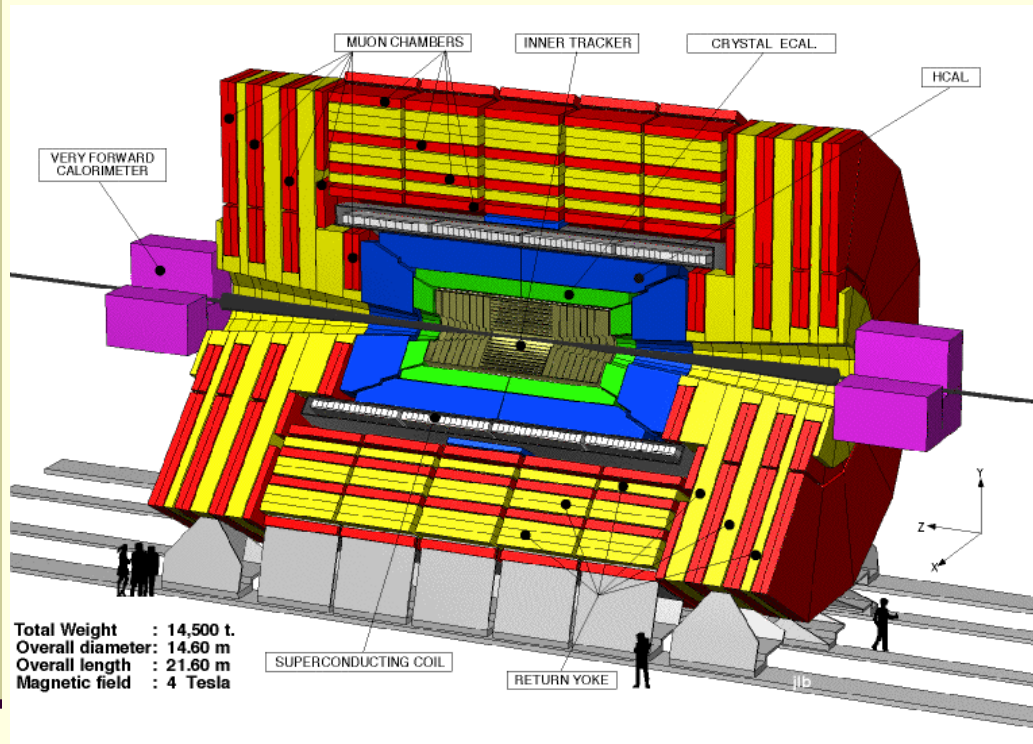
LS2 2018 году

Основная программа UPGRADE PHASE 2

Минобр. обещает **1.5 млрд. руб.**



# Upgrade мюонной системы CMS



Upgrade phase 1

В течение 2012-2013 ПИЯФ совместно с US\_CMS должен изготовить  
**76 Мюонных камер ME4/2**

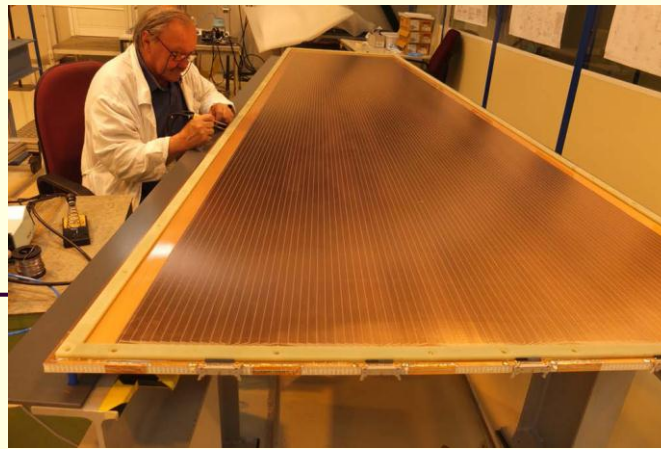
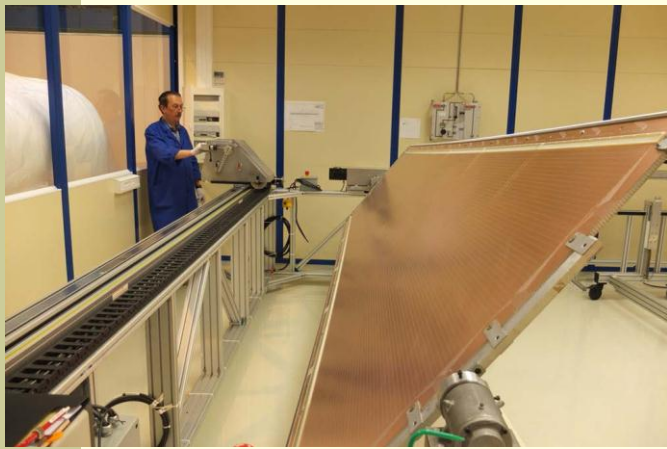
**и**

**2500 –канальную систему высоковольтного питания**

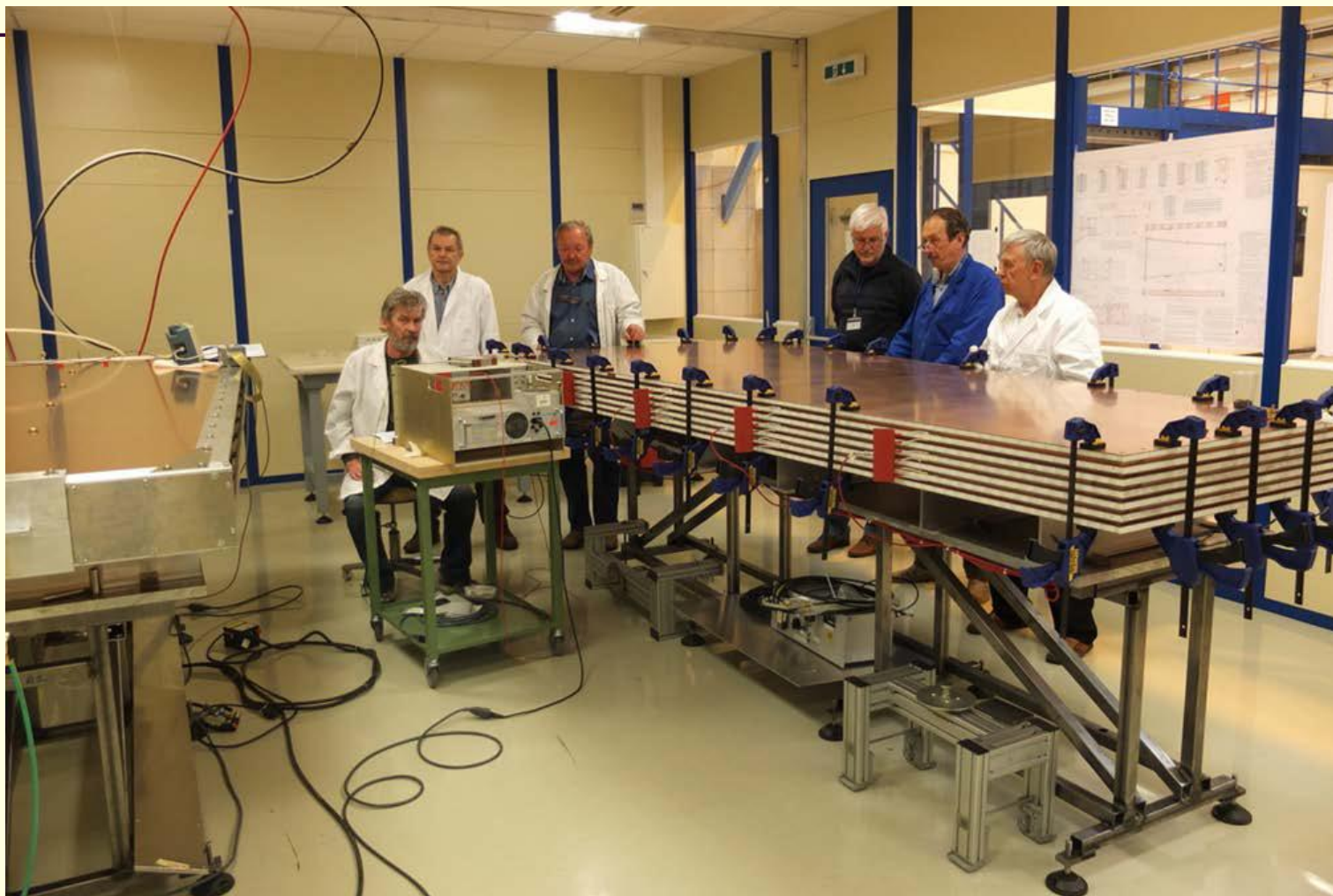








Команда ПИЯФ выполняет основную работу по сборке и тестированию мюонных камер в ЦЕРН







# Новые проекты

# Проект FAIR

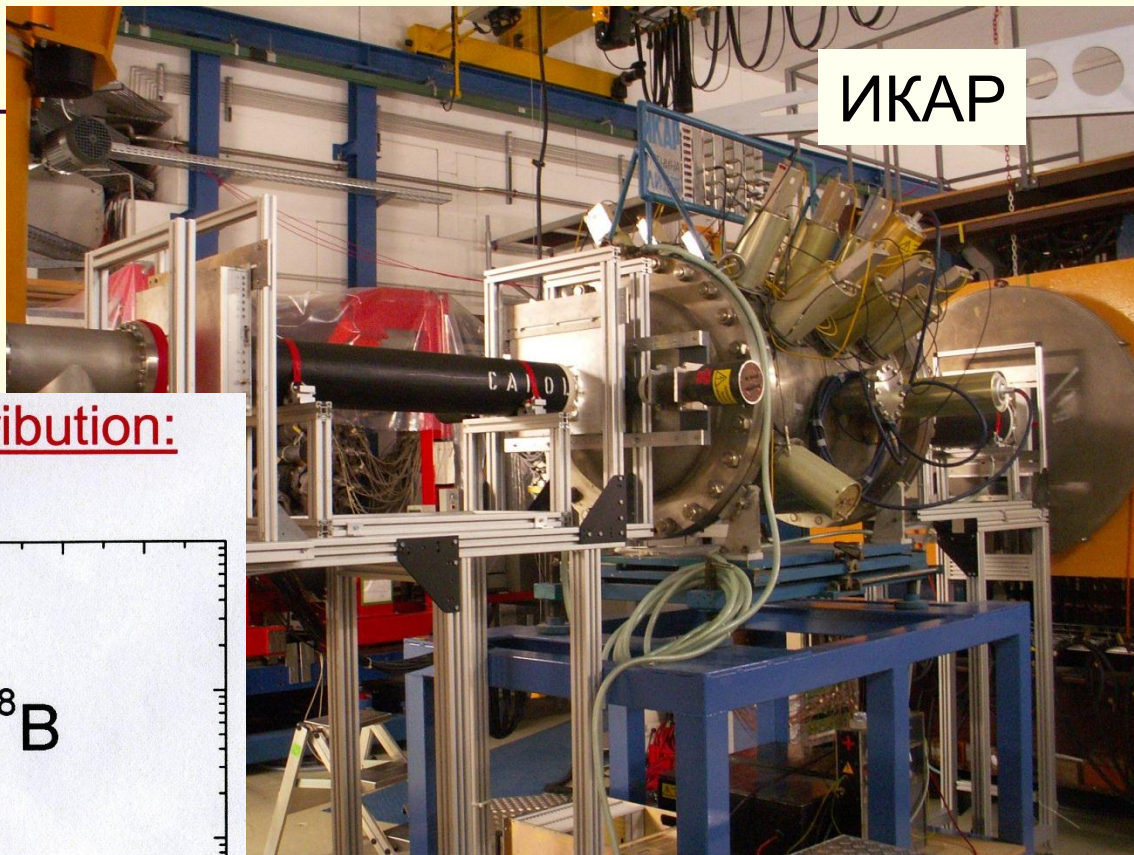
Немецкий Ядерный Центр GSI  
Darmstadt

# Экзотические ядра. GSI

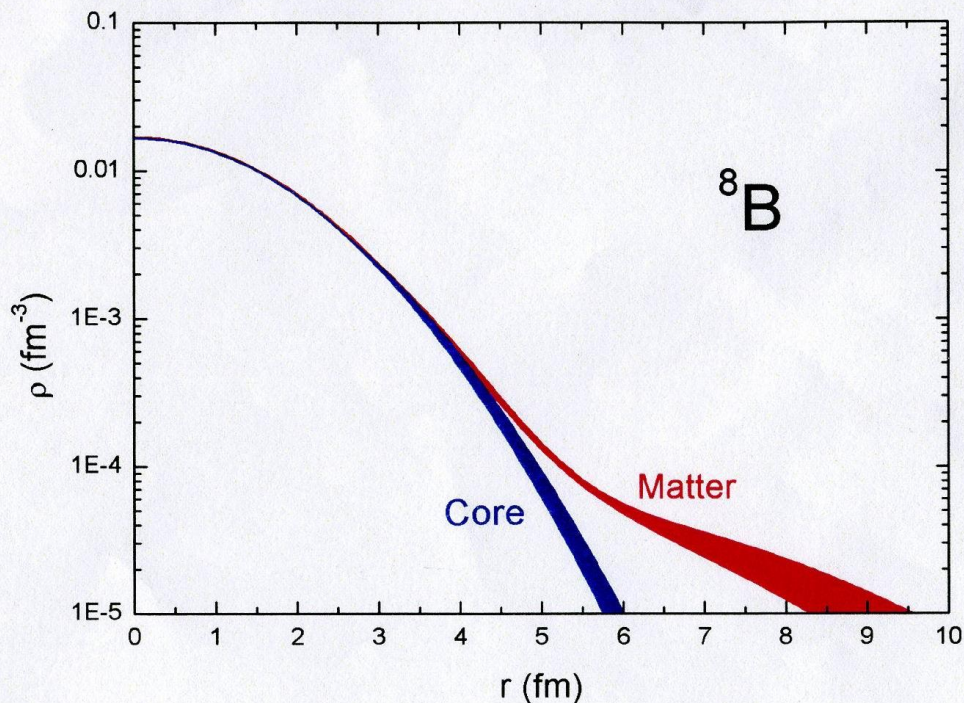
${}^4\text{He}$ ,  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^8\text{He}$

${}^6\text{Li}$ ,  ${}^8\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Li}$ ,  ${}^{11}\text{Li}$

${}^7\text{Be}$ ,  ${}^9\text{Be}$ ,  ${}^{10}\text{Be}$ ,  ${}^{11}\text{Be}$ ,  ${}^{12}\text{Be}$ ,  ${}^{14}\text{Be}$

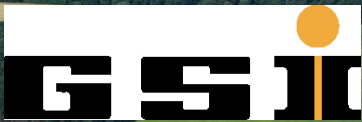


deduced nuclear matter distribution:



${}^8\text{B}$ ,  ${}^{13}\text{B} \rightarrow {}^{19}\text{B}$   
 ${}^{14}\text{C} \rightarrow {}^{19}\text{C}$





# Статус проекта FAIR

*(Facility for Antiproton and Ion  
Research)*

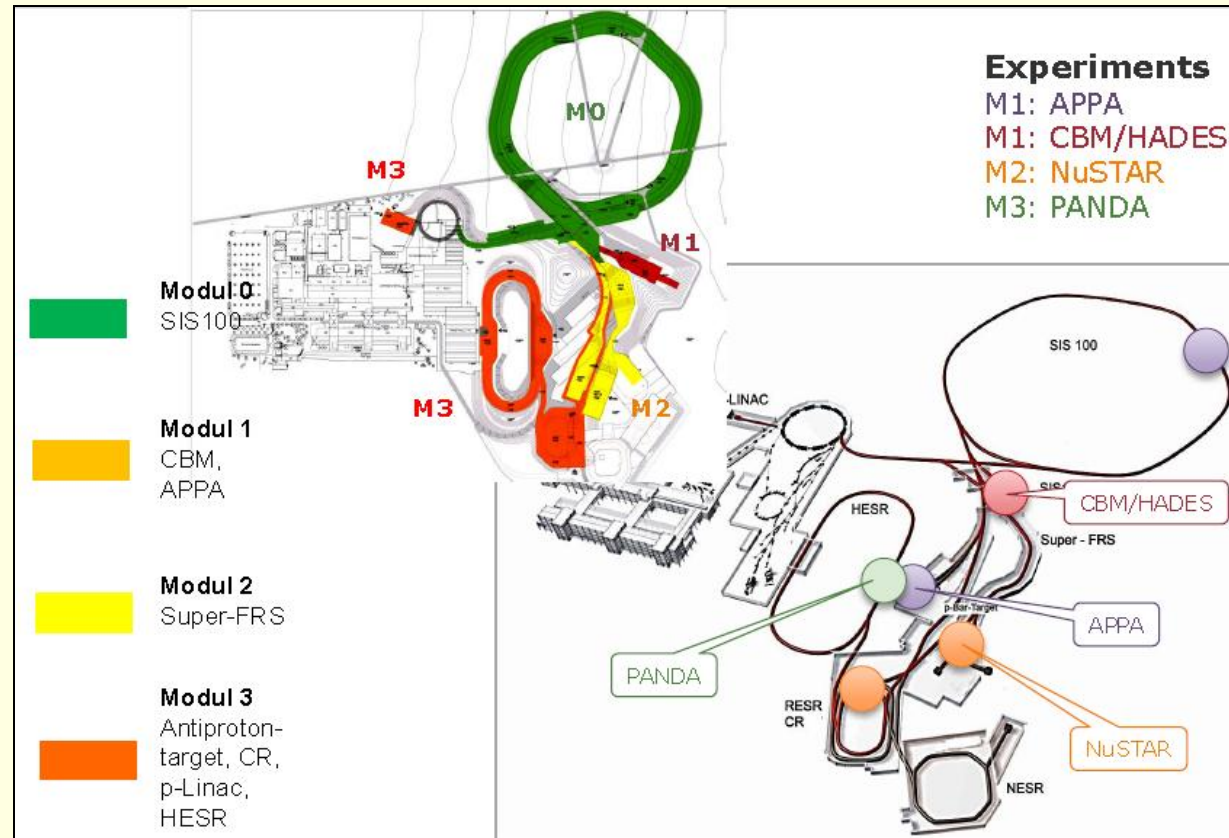


Austria China Finland France Germany Greece India Italy Poland Slovakia Slovenia Spain Sweden Romania Russia UK



# Проект FAIR

FAIR Countries	Total declared Contribution (k€)
Austria	5.000
China	12.000
Finland	5.000
France	27.000
<b>Germany</b>	<b>705.000</b>
Great Britain	8.000
Greece	4.000
India	36.000
Italy	42.000
Poland	23.740
Romania	11.870
<b>Russia</b>	<b>178.050</b>
Slovenia	12.000
Slovakia	6.000
Spain	19.000
Sweden	10.000
<b>Total</b>	<b>1.104.660</b>
<b>Firm Commitments</b>	<b>1.026.500</b>



ПИЯФ участвует в CBM, PANDA, NuSTAR ( MATS, R3B )

---

Европейский Нейтринный Проект

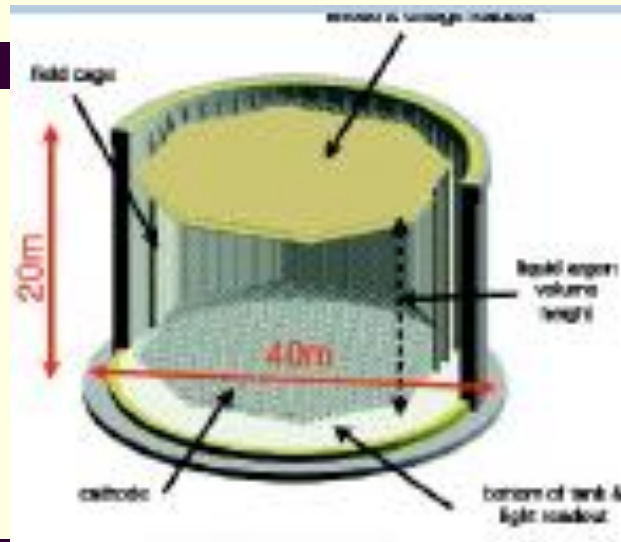
LAGUNA

# LAGUNA

## European Next generation neutrino project

Neutrino physics  
Astrophysics

Pyhasalmi mine Finland  
1500 m depth



30 kton liquid Ar detector



50 kton liquid scintillator detector

# ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

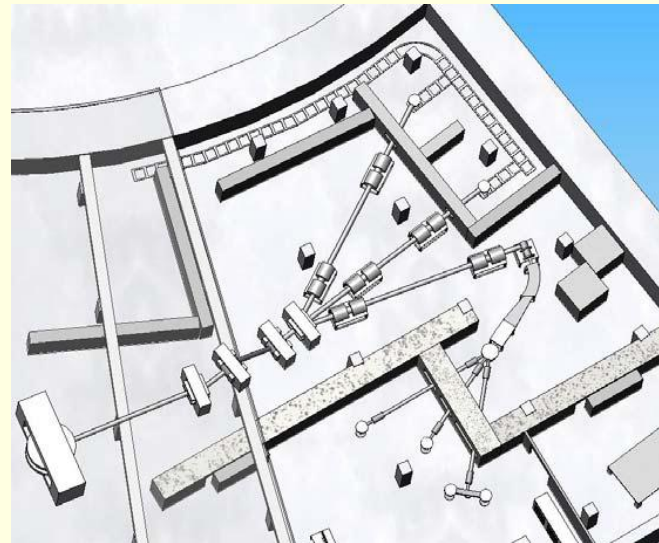


# Ц-80 и ядерная медицина



Ускорение  $H^-$   
Энергия 40-80 МэВ  
Ток 200 мкА

$82Sr \rightarrow 82Rb$  (диагностика)  
 $68Ge \rightarrow 68Ga$  (диагностика)  
 $223Ra$  (терапия)



Спасибо за внимание

