

Отделение Физики Высоких Энергий

Концепция научной деятельности

А.А.Воробьев

Ученый Совет ПИЯФ 19.03.2015

Ленинградский институт ядерной физики

создавался как

многопрофильный исследовательский центр с ориентацией на фундаментальные исследования в области ядерной физики, физики частиц, физики твердого тела, молекулярной биологии.

10 июня 1963 года

Официальное образование

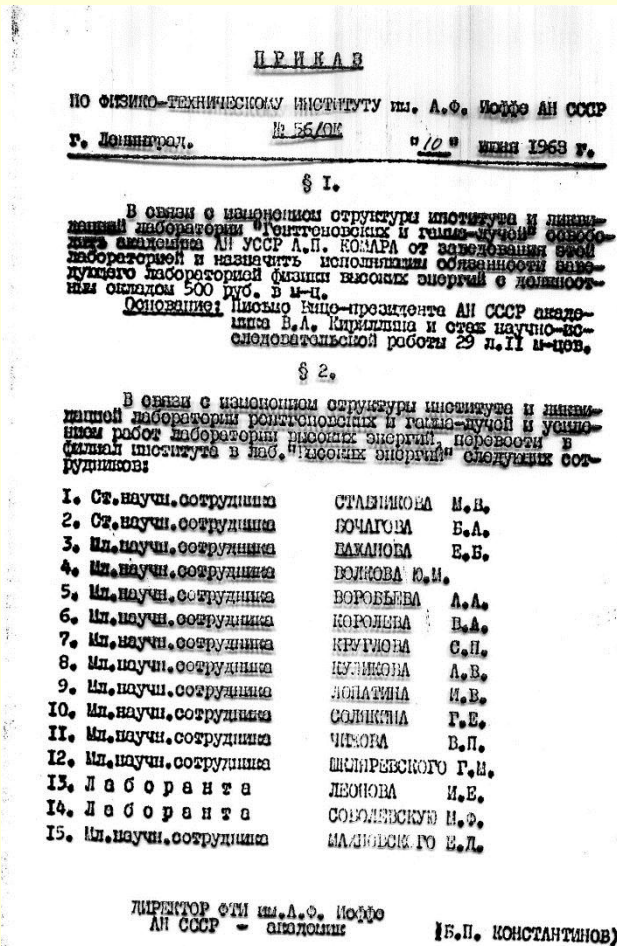
Лаборатории Физики Высоких Энергий

Перевод 15 сотрудников Лаборатории Рентгеновских и гамма-лучей в ЛФВЭ
Назначение А.П.Комара Зав. ЛФВЭ

Основная задача – организация научных исследований на синхроциклотроне.

Образование пяти научных секторов

<i>Мезоны и мезоатомы</i>	С.П.Круглов
<i>Структура ядра</i>	А.А.Воробьев
<i>Спектроскопия ядер</i>	
<i>глубокого расщепления</i>	Э.Е. Берлович
<i>Мезо-ядерные реакции</i>	М.В.Стабников
<i>Прямые ядерные реакции</i>	Б.А.Бочагов

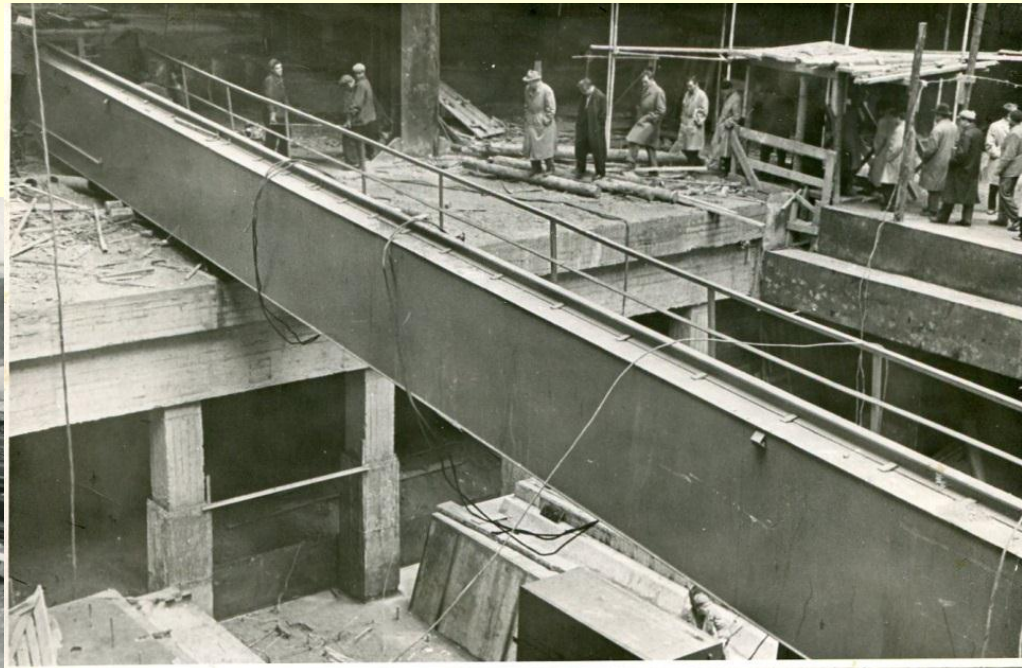


Синхроциклотрон СЦ-1000

Решение о сооружении СЦ 1956

Начало строительства 1959

Начало экспериментов 1970



Ускорители протонов с выводом пучка

год	ускоритель	энергия	Лаб.
1949	СЦ	660 МэВ	Дубна
1957	СФ	10 ГэВ	Дубна
1959	PS жесткая фокусировка	28 ГэВ	ЦЕРН
1960	AGS	33 ГэВ	BNL
1967	У- 70	70 ГэВ	Серпухов
1970	СЦ-1000	1 ГэВ	ПИЯФ
1976	SPS	200-450 ГэВ	ЦЕРН
1972-1976	Tevatron	200- 500 ГэВ	FNAL
1983	Tevatron сверхпровод	500- 800 ГэВ	FNAL

1974 год Открытие с-кварка
Начало научной революции

Коллайдеры

$$E_{\text{лаб}} = E_{\text{ц.м}}^2 / 2M$$

год	ускоритель	энергия	Лаб.	
1971-1984	ISR p + p	31 ГэВ + 31 ГэВ	CERN	рост сечений
1981-1984	SppS p + p	315 ГэВ + 315 ГэВ	CERN	W и Z
1989	LEP e + e	45 ГэВ+45 ГэВ	CERN	три нейтрино
1995	LEP e + e	104 ГэВ+104 ГэВ	CERN	
1986	Tevatron p + p	1000 ГэВ + 1000 ГэВ	FNAL	b и t -кварки
2000	RHIC Ag + Ag	$S^{1/2}_{NN} = 200$ ГэВ	BNL	КГ материя
2011	LHC p + p	4000 ГэВ + 4000 ГэВ	CERN	Higgs
2011	LHC Pb + Pb	$S^{1/2}_{NN} = 2760$ ГэВ	CERN	
2015	LHC p + p	7000 ГэВ + 7000 ГэВ	CERN	
2015	LHC Pb + Pb	$S^{1/2}_{NN} = 2760$ ГэВ	CERN	

Ускорители средних энергий



Швейцарская мезонная фабрика

Энергия протонов 600 МэВ

Ток 3 мА

Лучший в мире мюонный канал

GSI

Darmstadt

пучки экзотических ядер 1 ГэВ/нуклон

Стратегия научной деятельности ОФВЭ

Выдержка из сборника “ Main Scientific Activities “ **за 1971-1996 гг.**

“ Как и в предыдущие годы, основная стратегия ОФВЭ заключалась, с одной стороны, в максимальном использовании имеющихся в ПИЯФ установок, с другой стороны, в участии в фундаментальных исследованиях в передовых мировых ускорительных центрах”.

Участие в международных экспериментах должно быть с серьезным интеллектуальным и приборным вкладом.

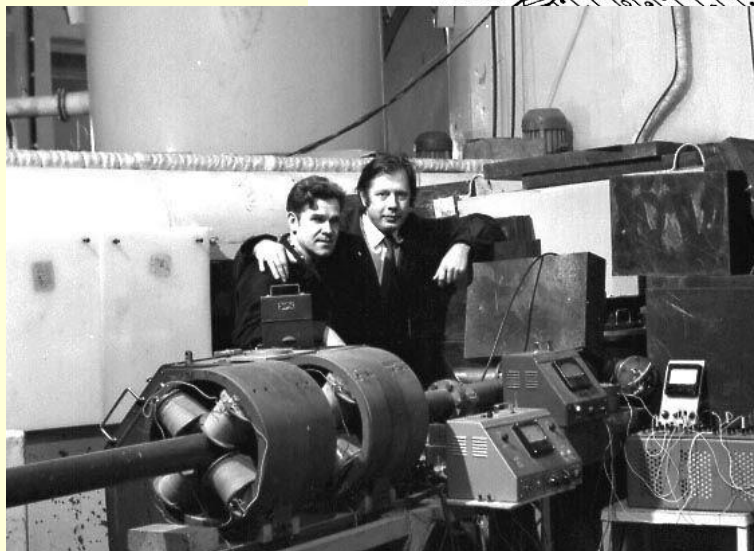
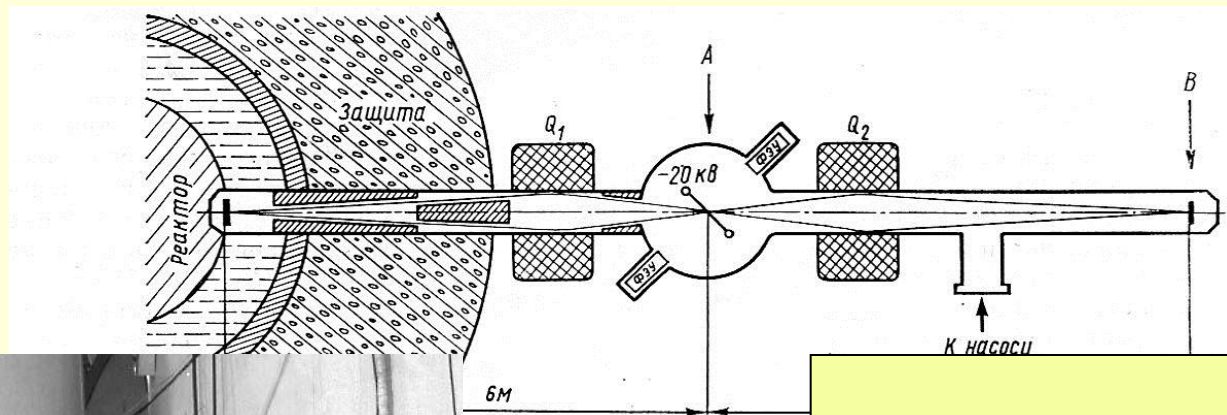
Участие в прикладных исследованиях, особенно в ядерной медицине.

Выдержка из сборника “ Main Scientific Activities “ за 1971-1996 гг.

... “Такое сочетание *внешней* и *внутренней* программ оказалось весьма эффективным. Участие во внешней программе позволяет коллективу лаборатории постоянно находиться на переднем крае фундаментальных исследований.

С другой стороны, внутренняя программа, интересная сама по себе, является мощной поддержкой внешней программы. В этих экспериментах воспитываются квалифицированные специалисты и рождаются экспериментальные методы, используемые в дальнейшем в международных экспериментах”.

Первый успех Тройное деление ядер Эксперимент на реакторе ВВР-М (1968-1972)



4,6,8He
6,7,8,9Li
9,10,11,12 Be
10,11,12,13,14B
13,15,16C
20O

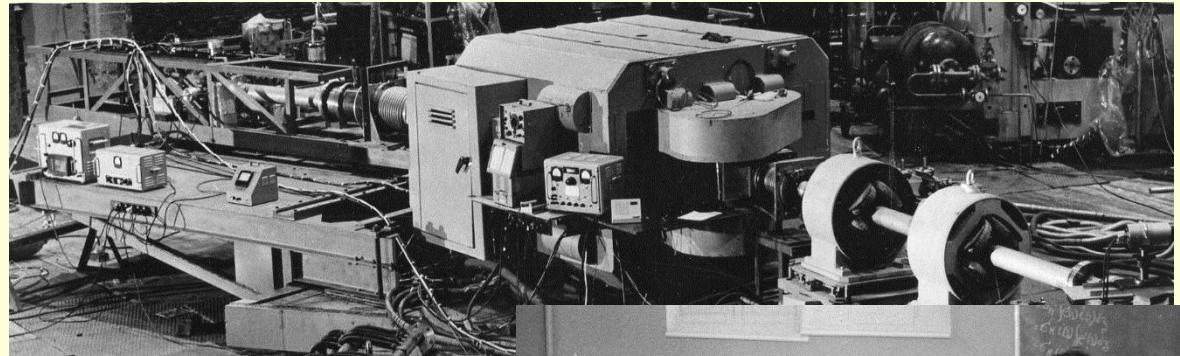
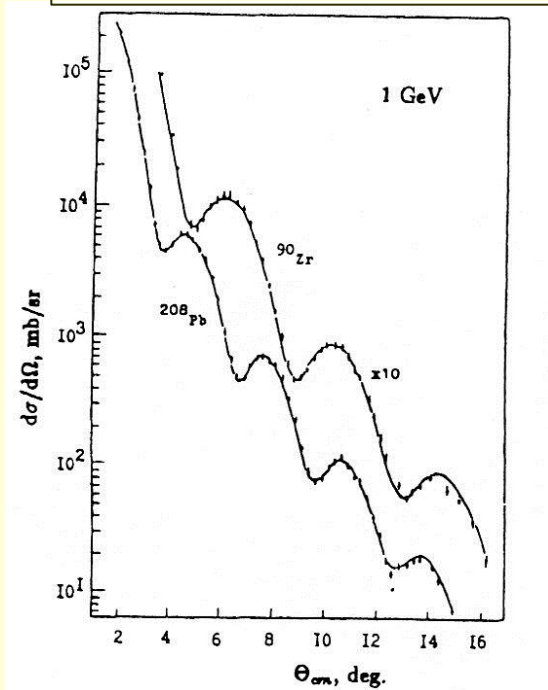
Исследование пространственного распределения нуклонов в ядрах на СЦ ПИЯФ и на ускорителе SATURNE в SACLAY

ПИЯФ (1971-1977)

^3He , ^9Be , ^{11}B , $^{12,13}\text{C}$, ^{28}Si , $^{32,34}\text{S}$,
 ^{39}K , $^{40,48}\text{Ca}$, ^{90}Zr , ^{208}Pb

Saclay (1974-1977)

^2H , ^4He , ^6Li , ^{12}C , ^{16}O , $^{40,42,44,48}\text{Ca}$,
 ^{48}Ti , $^{58,60,62,64}\text{Ni}$, ^{208}Pb

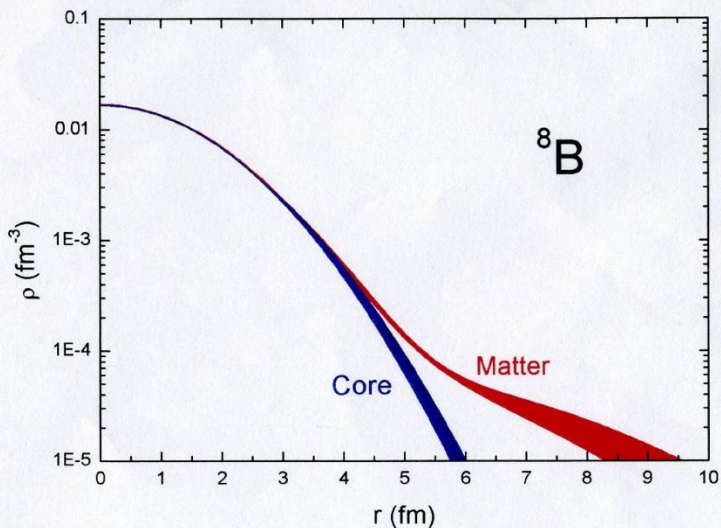


Измеренные сечения упругого
рассеяния протонов на ядрах ^{90}Zr и ^{208}Pb

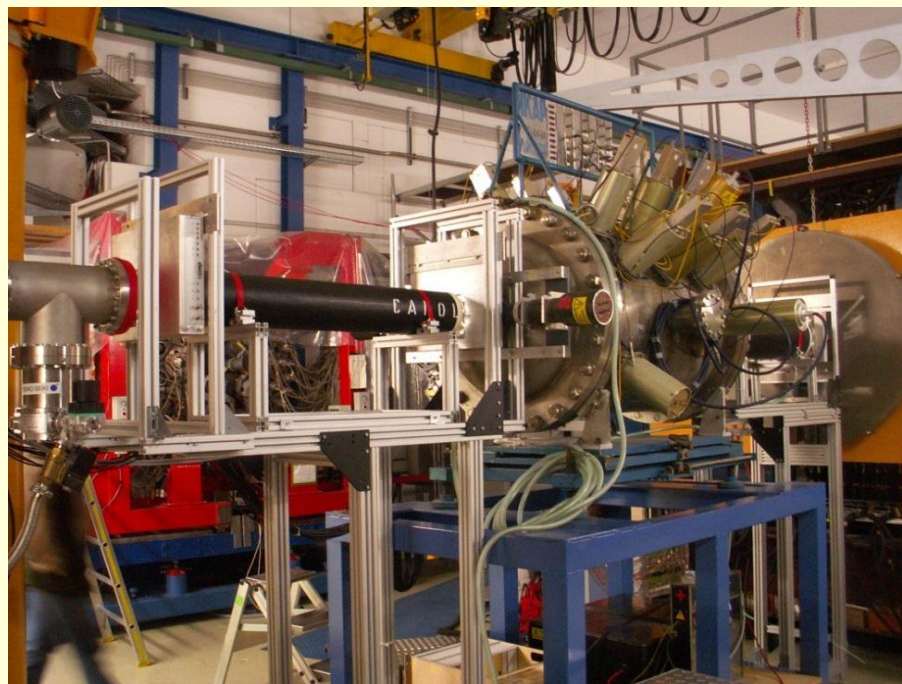
Исследование пространственного распределения нуклонов в **нестабильных** ядрах на пучке экзотических ядер в GSI (Дармштадт) 1997- 2012

Исследованные ядра

${}^4\text{He}$, ${}^6\text{He}$, ${}^8\text{He}$
 ${}^6\text{Li}$, ${}^8\text{Li}$, ${}^9\text{Li}$, ${}^{11}\text{Li}$
 ${}^7\text{Be}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{10}\text{Be}$, ${}^{11}\text{Be}$, ${}^{12}\text{Be}$, ${}^{14}\text{Be}$
 ${}^8\text{B}$
 ${}^{13}\text{C}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{15}\text{C}$, ${}^{17}\text{C}$.

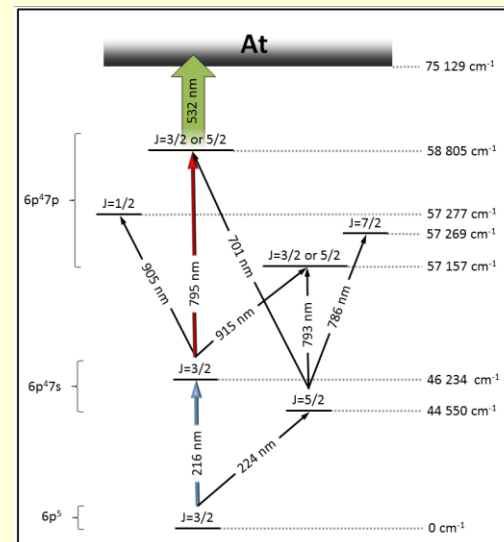
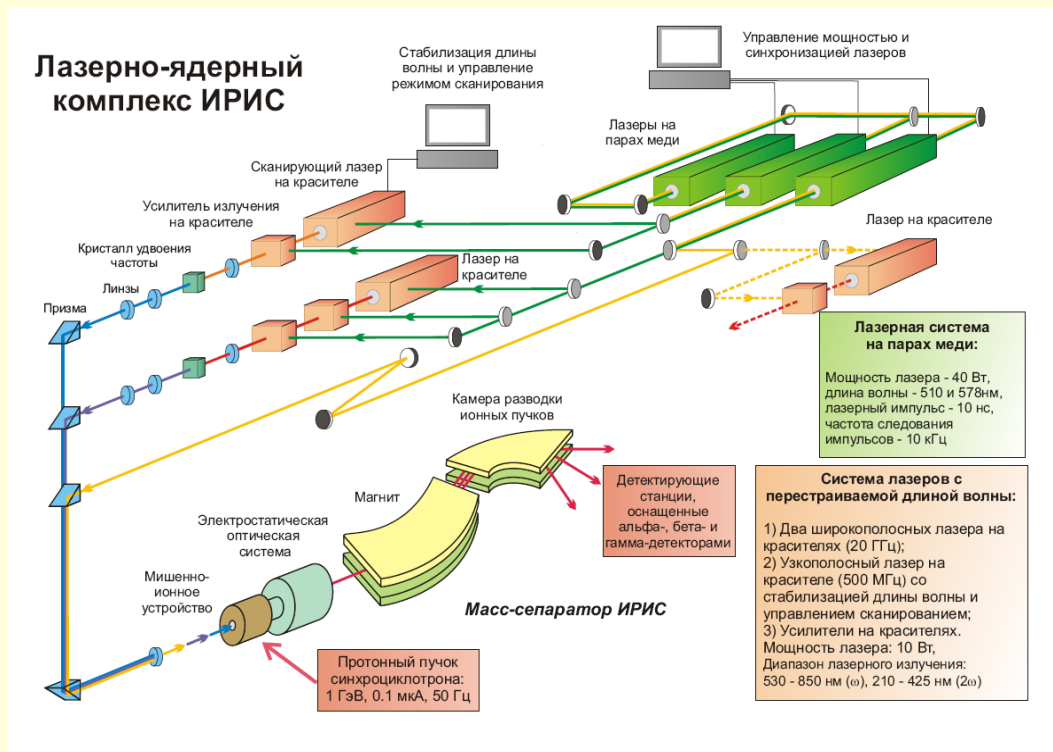


Измеренное распределение
ядерной материи в ядре ${}^8\text{B}$



Детектор ИКАР на пучке экзотических ядер в GSI

Получение и исследование ядер, удаленных от полосы стабильности



Измеряются:

С.к.р. ядер

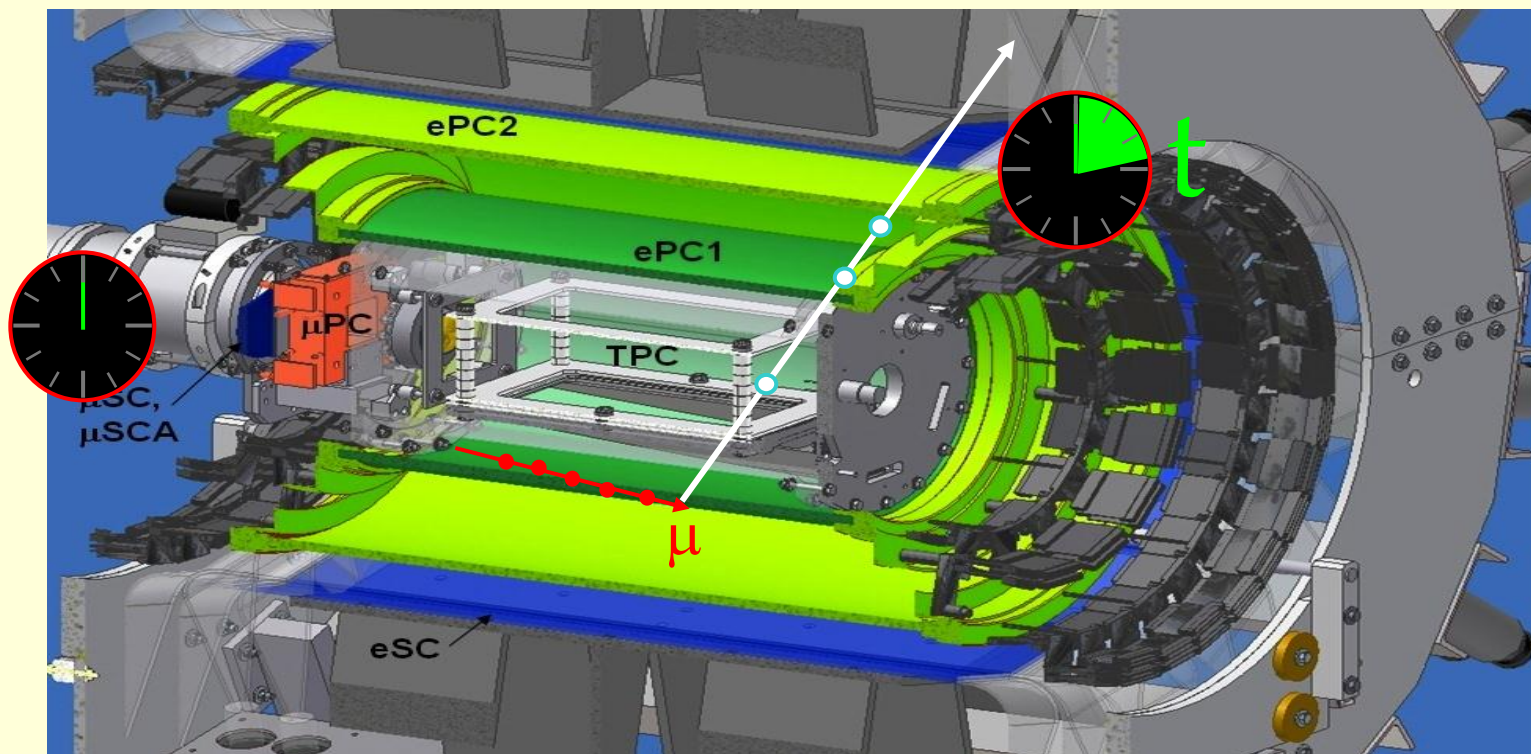
Магнитные моменты

Квадрупольные моменты

Лазерно-масс спектрометрический комплекс ИРИС

Сотрудничество с ISOLDE CERN

Эксперименты *MuCF*, *MuCar*, *MuSun* Мезонная фабрика PSI



MuCF-- Премия им.Иоффе А.А.Воробьев

MuCar отнесен редакцией журнала Phys.Rev.Lett. в категорию
“Выдающиеся исследования”
Конкурс работ ПИЯФ: “Лучшая работа ПИЯФ-2013”

SHIPTRAP

прецизионное измерение масс короткоживущих ядер



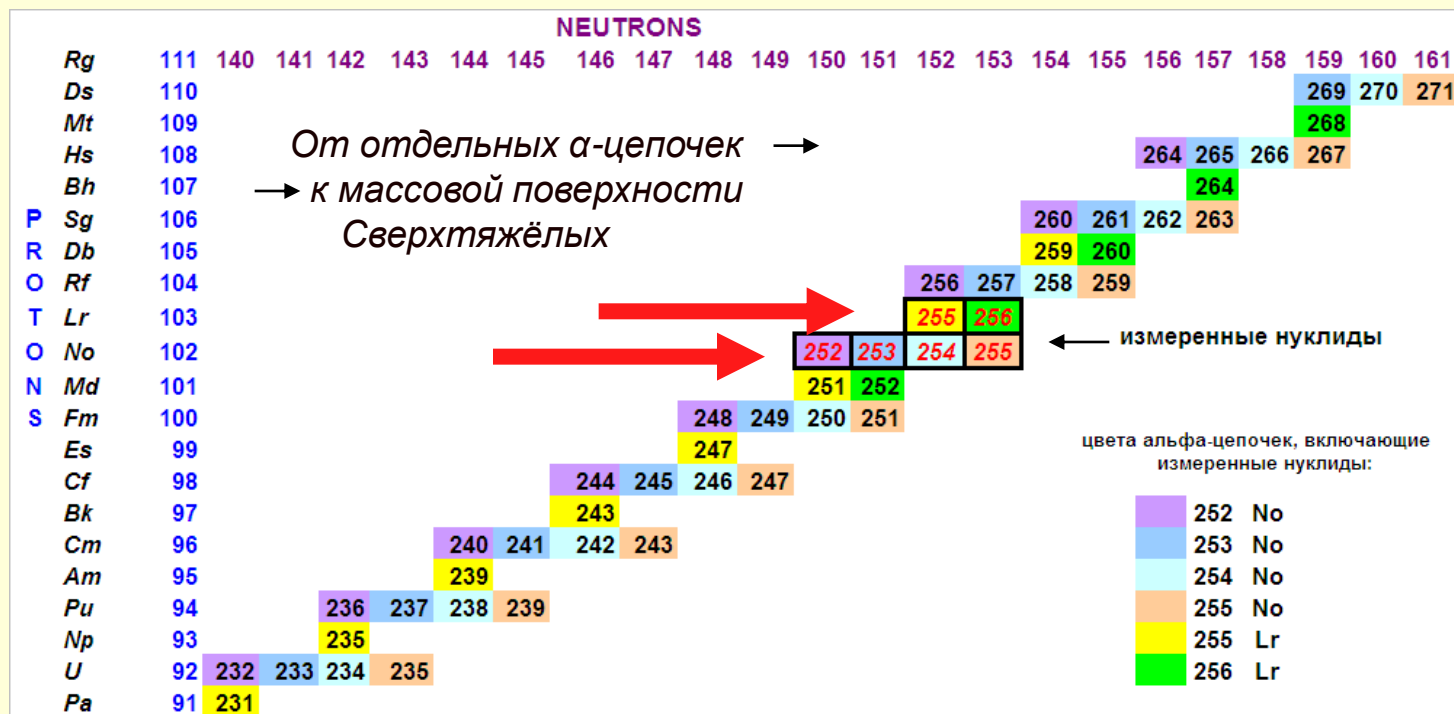
Установка SHIPTRAP в GSI
создана при активном участии группы Ю.Н.Новикова

Прямые измерения масс $^{252}, ^{253}, ^{254}, ^{255}\text{No}$ и $^{255}, ^{256}\text{Lr}$ на установке SHIPTRAP в GSI

Коллаборация GSI-ПИЯФ

Впервые с высокой точностью (2кэВ) измерены массы изотопов 102 и 103 элементов
С помощью альфа-цепочек восстановлена массовая поверхность вплоть до 110 элемента

Международная премия им. Г.Н.Флорова 2013 г Ю.Н.Новиков



Ускорители высоких энергий

Синий цвет- завершённые эксперименты

У-70 Протвино **кристалл-оптика пучков**

Государственная премия РФ В.М.Самсонов, А.И.Смирнов

CERN (с 1976)

WA9, NA8 Государственная премия СССР А.А.Воробьев

L3, CMS, ATLAS, LHCб, ALICE, UA9

FNAL (с 1983)

Тэватрон

E715, E761, E781, E853

D0

BNL (USA) (с 1998)

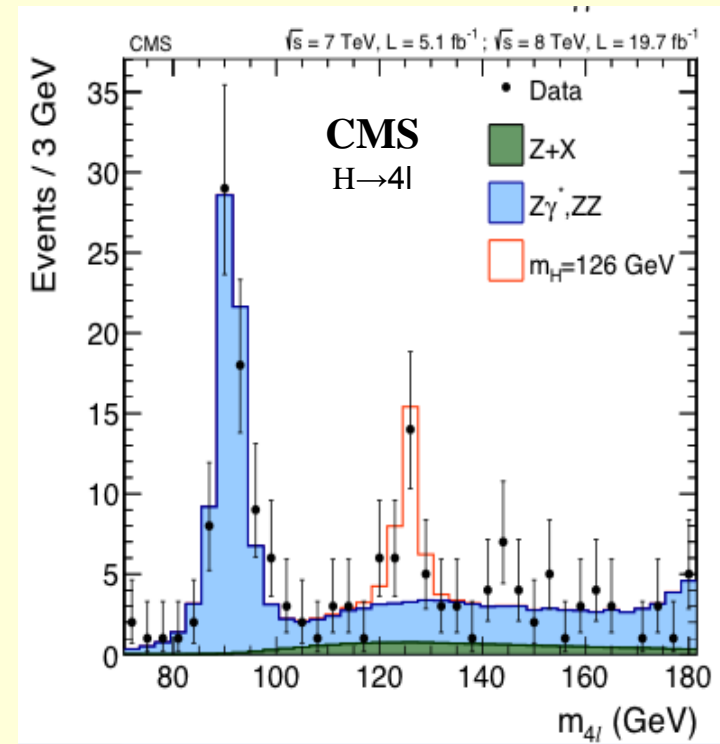
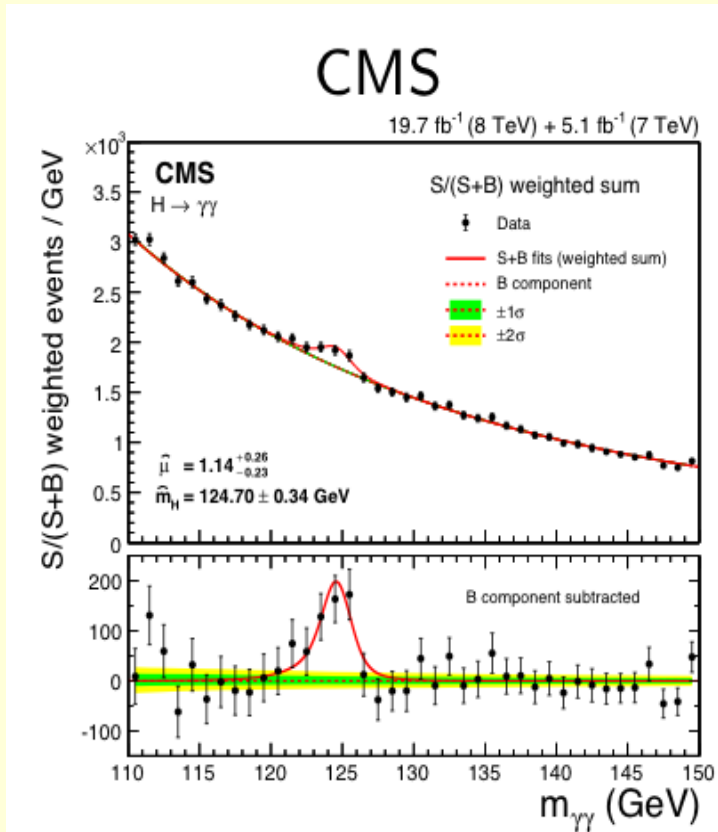
PHENIX

DESY (Германия)

HERMES, OLYMPUS

Открытие Хиггс бозона

Эксперименты CMS и ATLAS



В списке авторов 21 сотрудник ПИЯФ

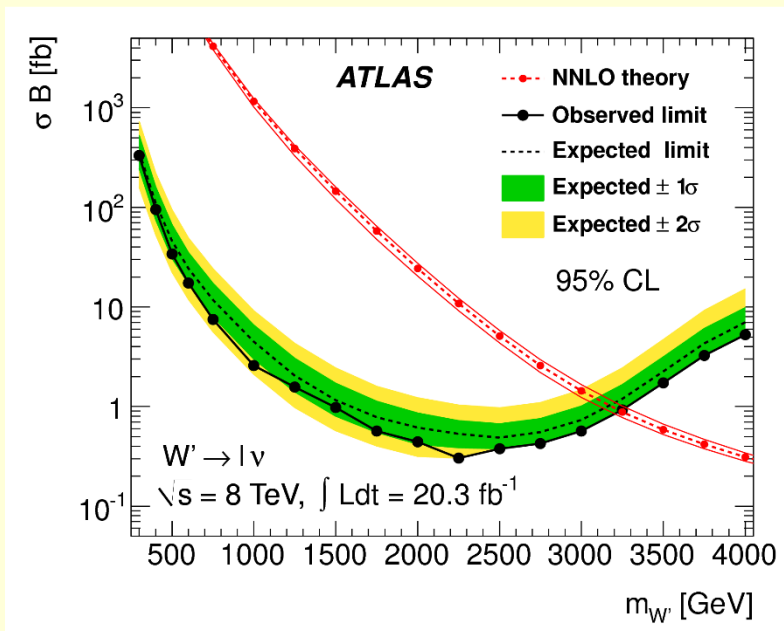
Поиск процессов за пределами

Стандартной Модели

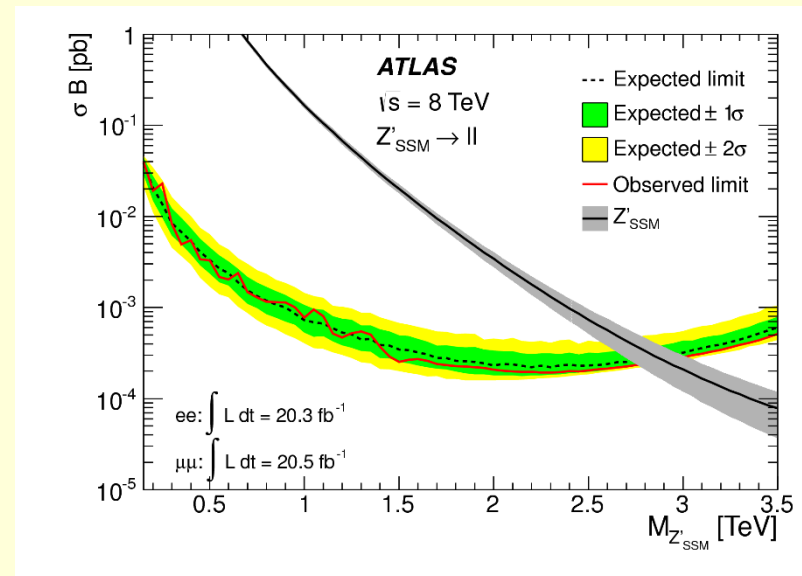
Поиск тяжелых бозонов W' и Z'

Эксперимент ATLAS

Лаб.О.Федина



$m_{W'} > 3.2 \text{ TeV}$

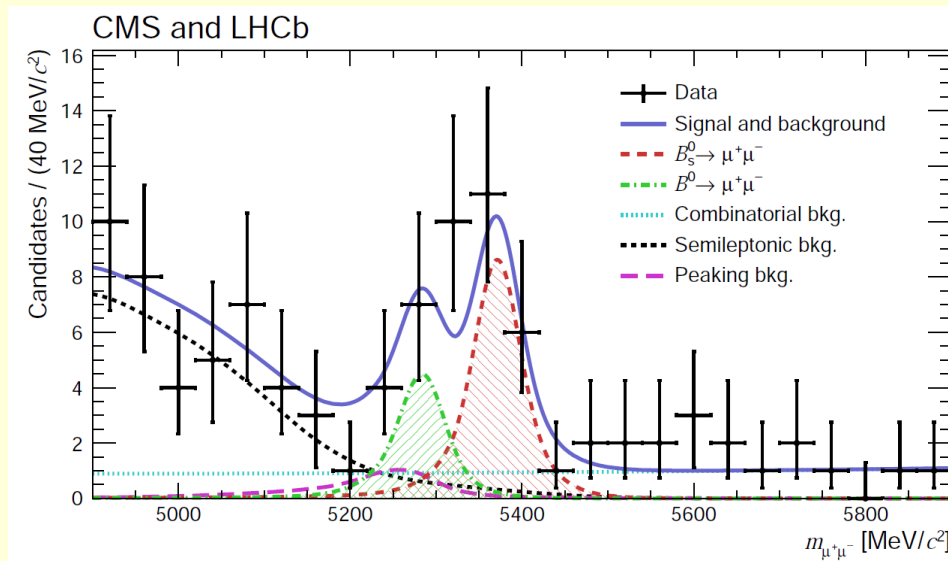


$m_{Z'} > 2.85 \text{ TeV}$

- G. Aad, ...[O.Fedin](#), [V.Maleev](#), [V.Solovyev](#),... (Atlas Collaboration), Search for high-mass dilepton resonances in pp collisions at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector, arXiv:1405.4123, Phys. Rev. D 90, 052005 (2014)
- G. Aad, ...[O.Fedin](#), [V.Maleev](#), [V.Solovyev](#),... (Atlas Collaboration), Search for new particles in events with one lepton and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector, JHEP 09(2014)037

Обнаружение распада $B_{s,d} \rightarrow \mu\mu$

Одно из самых сильных ограничений на некоторые Суперсимметричные модели



Стандартная Модель

$$\text{Br}(B_s \rightarrow \mu\mu) = (3.66 \pm 0.23) \times 10^{-9}$$
$$\text{Br}(B_d \rightarrow \mu\mu) = (1.06 \pm 0.09) \times 10^{-10}$$
$$R = \text{Br}(B_s \rightarrow \mu\mu) / \text{Br}(B_d \rightarrow \mu\mu) = 0.0295 \pm 0.0027$$

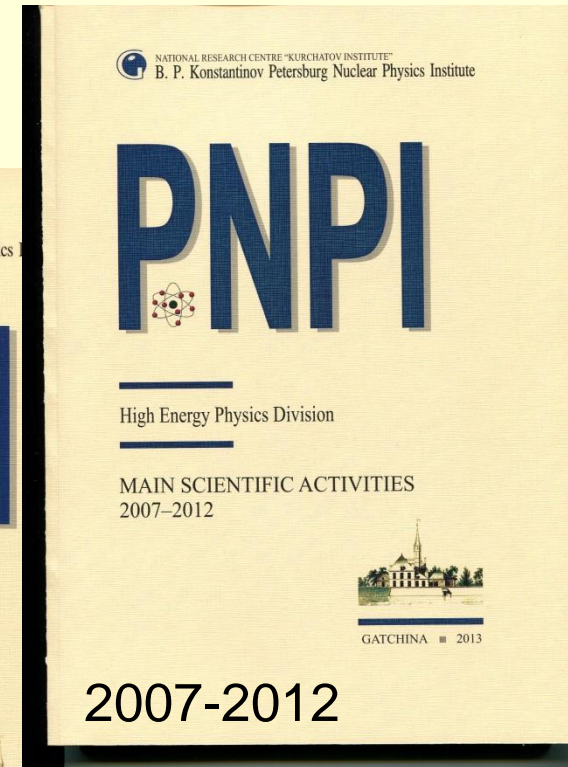
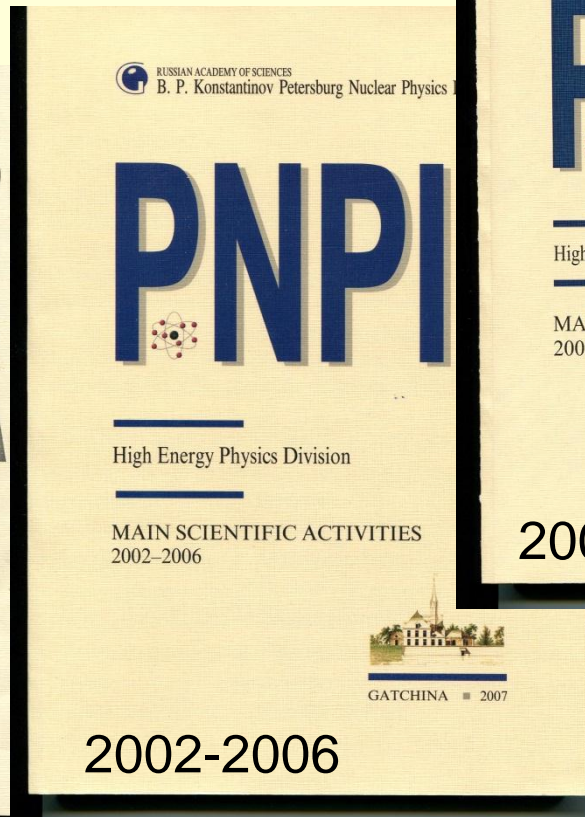
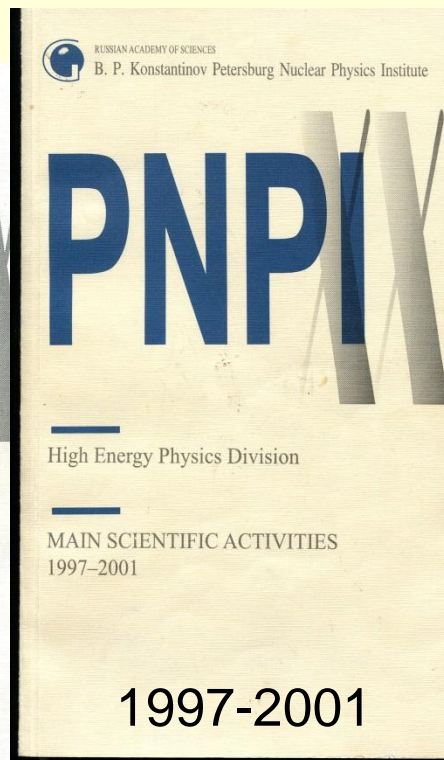
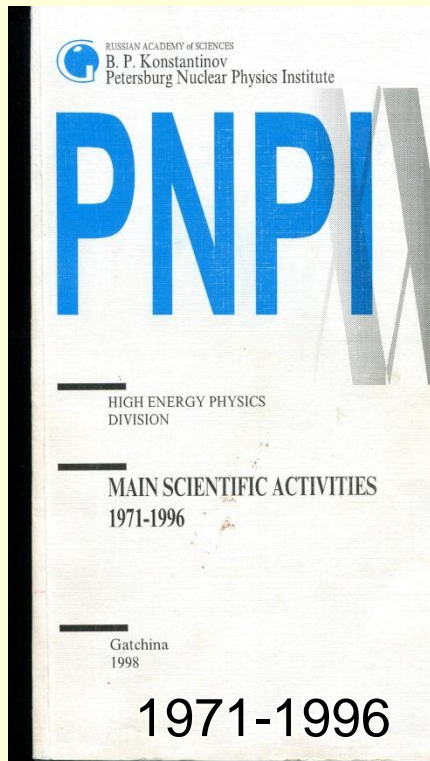
LHCb + CMS

$$\text{Br}(B_s \rightarrow \mu\mu) = (2.8 \pm 0.7) \times 10^{-9}$$
$$\text{Br}(B_d \rightarrow \mu\mu) = (3.9 \pm 1.5) \times 10^{-10}$$

CMS and LHCb Collaborations,
А.Воробьев, А. Дзюба, Н.Сагидова, Ю.Щеглов
Observation of the rare $B_{0s} \rightarrow \mu^+\mu^-$ decay from the combined analysis of CMS and LHCb data, arXiv:1411.4413

Вся научная деятельность ОФВЭ достаточно полно представлена в регулярно издаваемых сборниках (англ.)

180 Мини обзоров



Кадровый состав

Всего 239 сотр.+14 студентов

Научные сотрудники 134

Инженеры/техники 73

Кандидаты 69

Доктора 13

Структура ОФВЭ

Лаб. физики элементарных частиц
Лаб. мезонной физики конденс. сред
Лаб. релятивистской ядерной физики
Лаб. короткоживущих ядер
Лаб. мезонной физики
Лаб. малонуклонных систем
Лаб. мезоатомов
Лаб. адронной физики
Лаб. экзотических ядер

Г.Д.Алхазов
С.И.Воробьев
В.М.Самсонов
В.Н.Пантелеев
В.В.Сумачев
С.Л.Белостоцкий
Ю.М.Иванов
О.Е.Федин
Ю.Н.Новиков

Лаб. крио. и сверхпров.техники

А.А.Васильев

Отдел радиоэлектроники
Отдел трековых детекторов
Отдел вычислительных систем
Отдел мюонных камер

В.Л.Головцов
А.Г.Крившич
А.Е.Шевель
В.С.Козлов

Опытное производство ОФВЭ

В.И.Ясюкевич

Грант Президента РФ
по государственной поддержке ведущих
научных школ

Петербургская школа экспериментальной
физики высоких энергий.

*Исследование структуры ядер и физики элементарных частиц
с использованием ускорителей.*

1996, 2000, 2003, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014

Наше сегодня

и перспективы

Центры активности ОФВЭ сегодня

СЦ ПИЯФ (Ирис, МАП, μ SR, пη, испытательные стенды)

dd-коллайдер ПИЯФ (Polfusion)

CERN (CMS, ATLAS, LHCb, ALICE, UA9, ISOLDE)

PSI (MuSun)

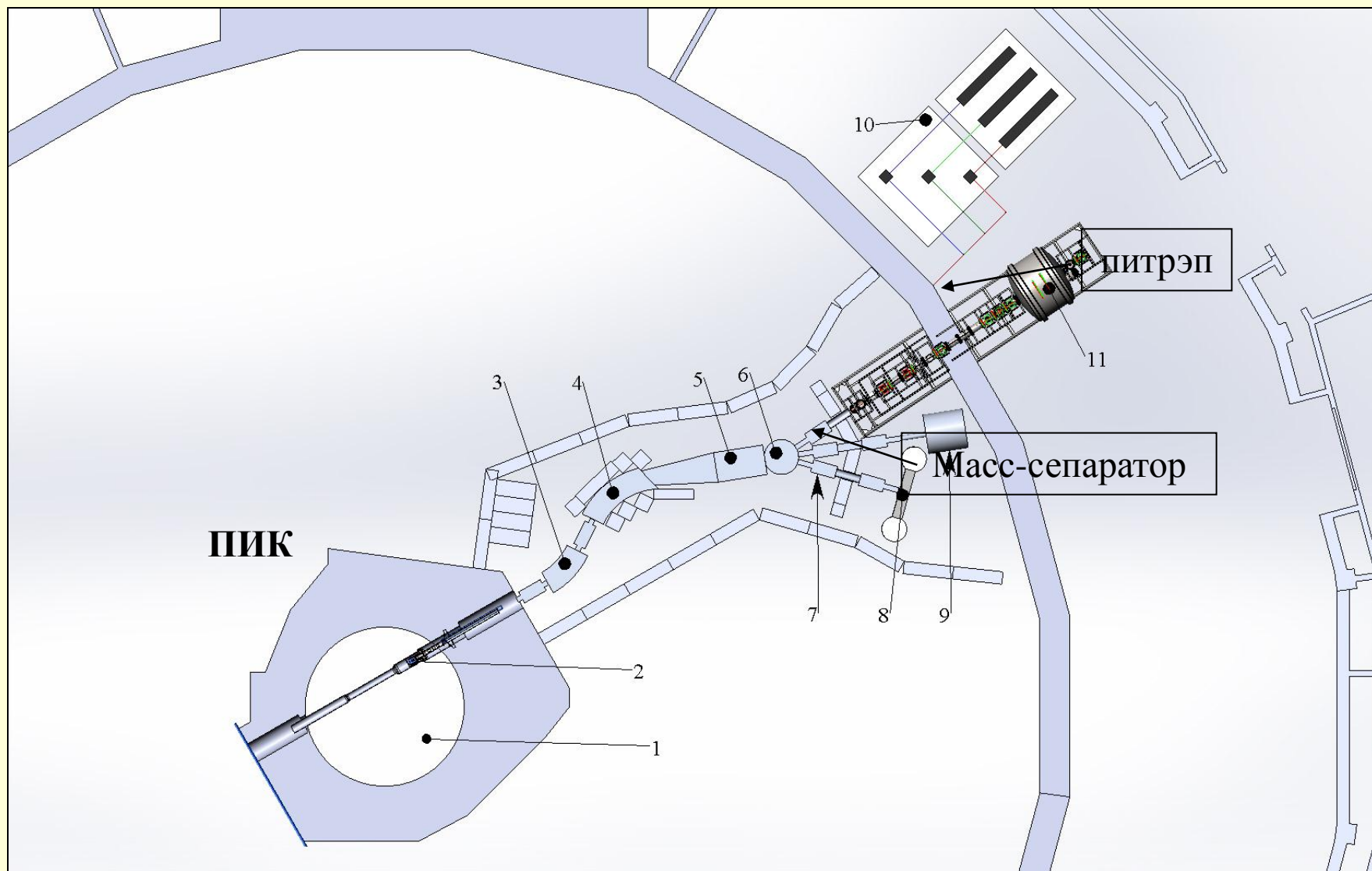
BNL (PHENIX)

Bonn (эксперименты на электронном ускорителе)

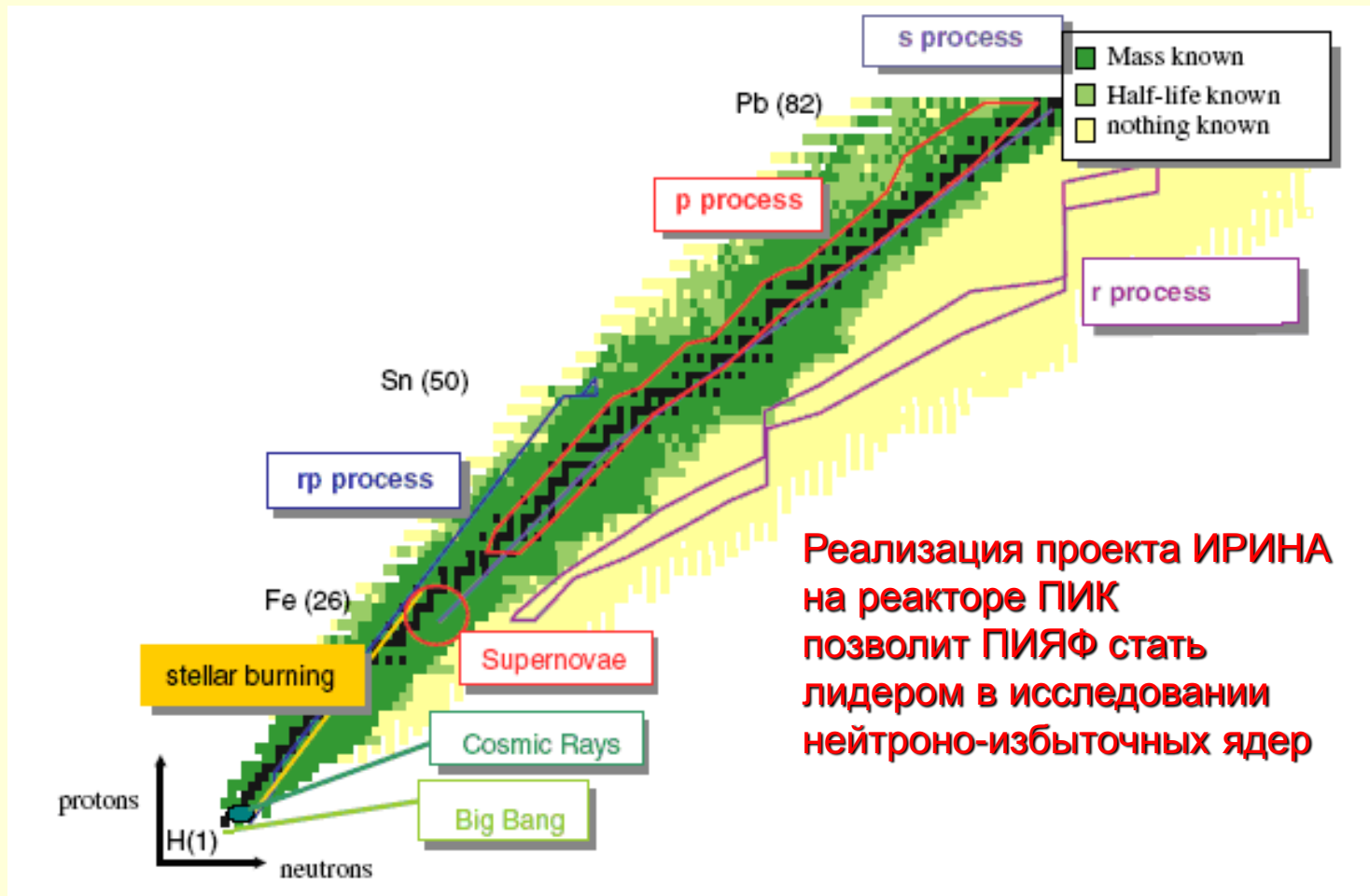
GSI ICAR
SHIPTRAP

Новые проекты

Проект ИРИНА

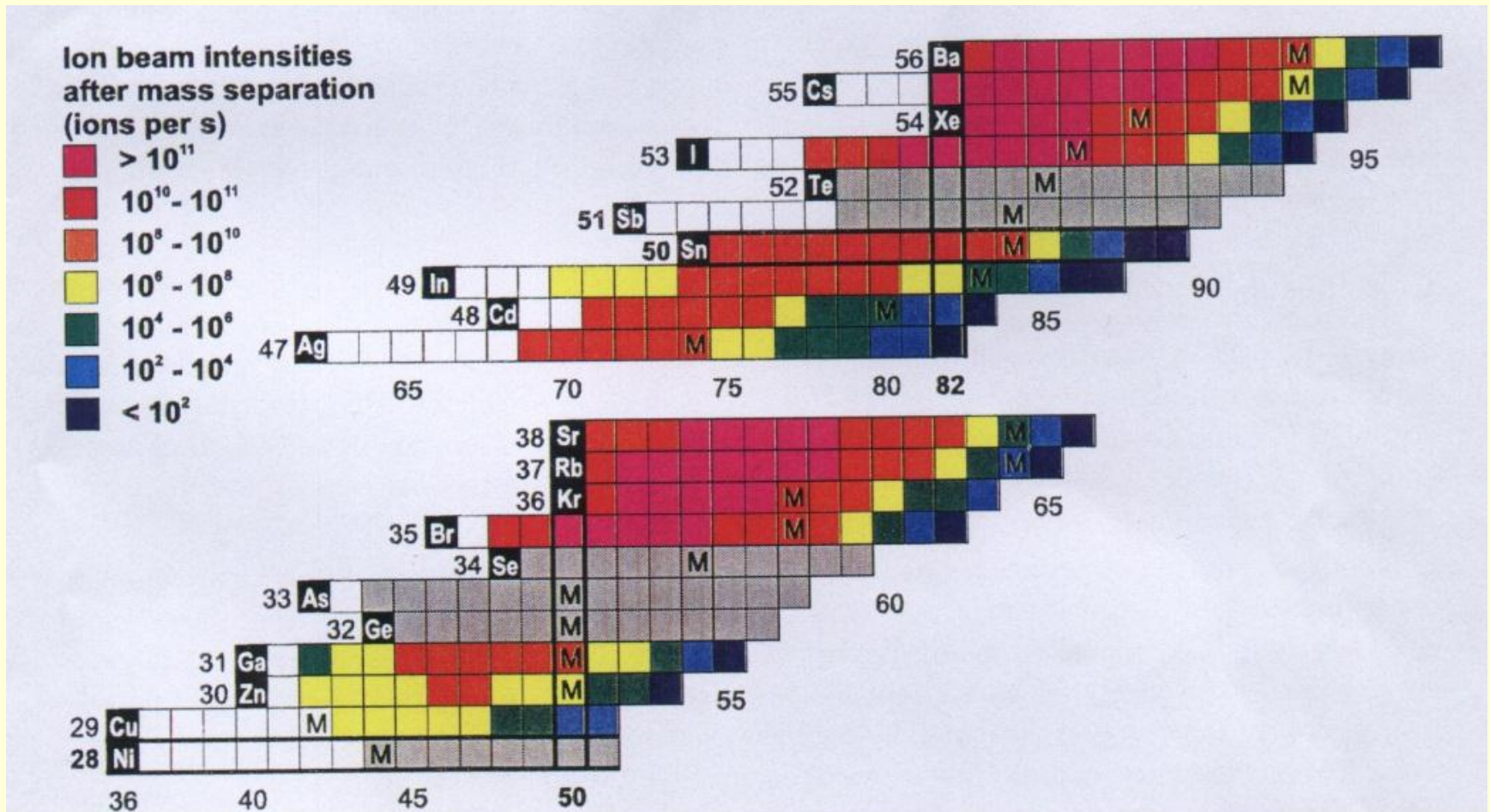


Проект ИРИНА на реакторе ПИК



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

Выходы изотопов на ПИК

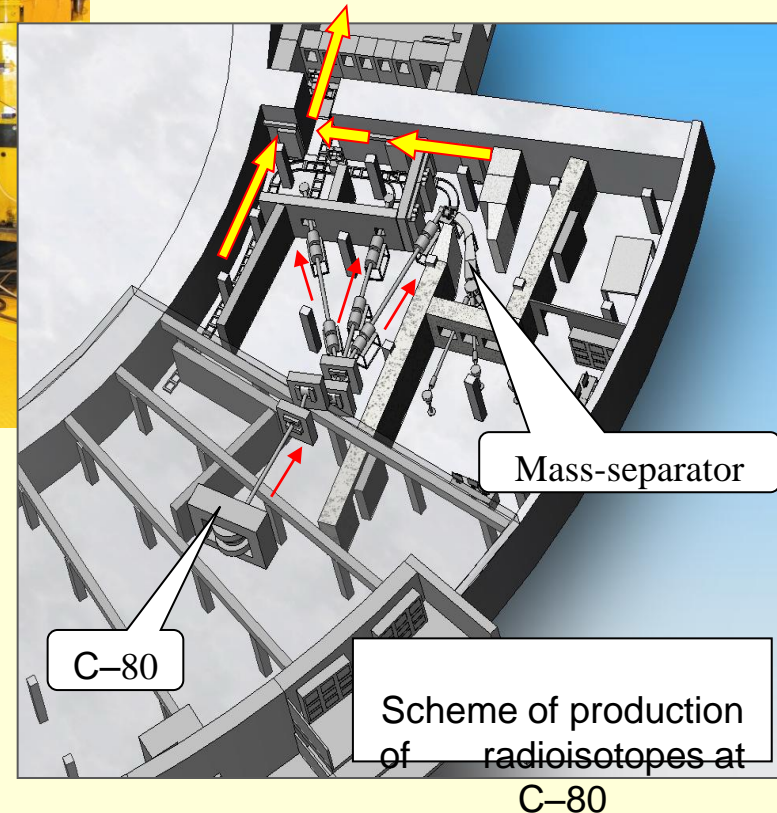


Циклотрон Ц-80

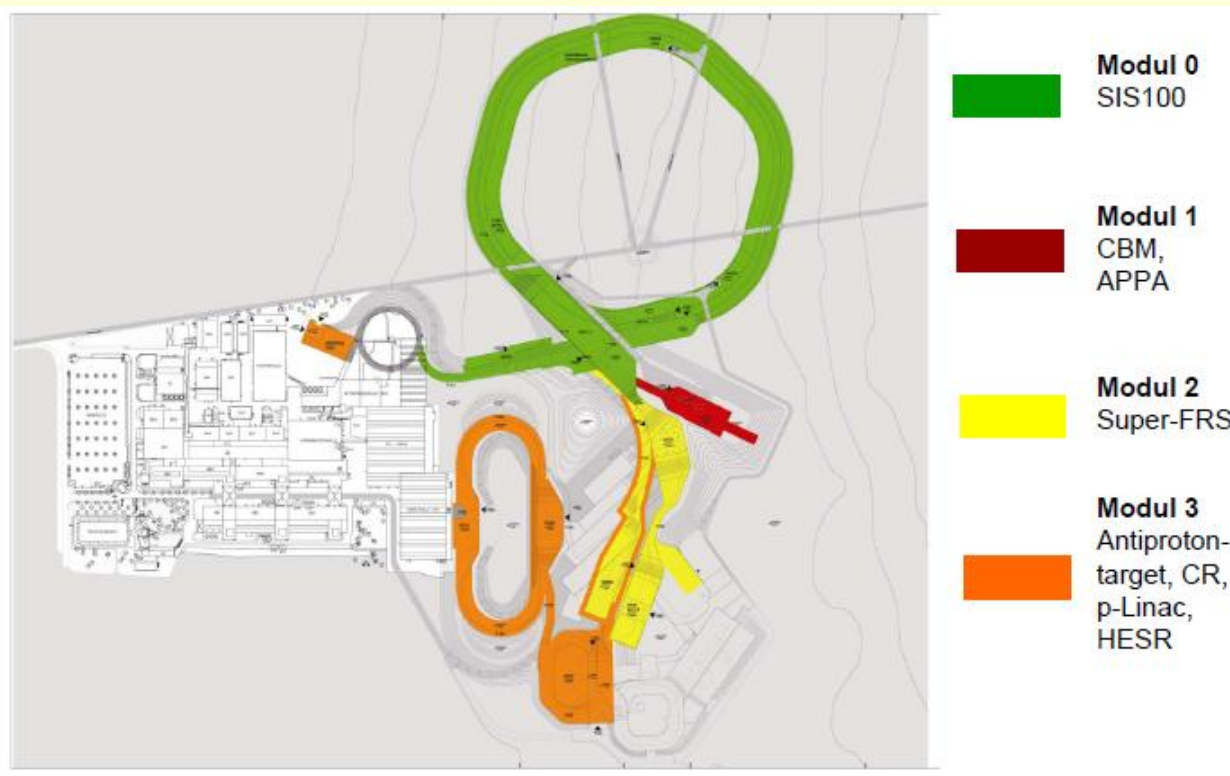
Радиоизотопы для ПЭТ и терапии



Sr-82 - Rb-82 генератор
Ge-68 - Ga-68 генератор
I-123 - диагностика
Ra-223 терапия

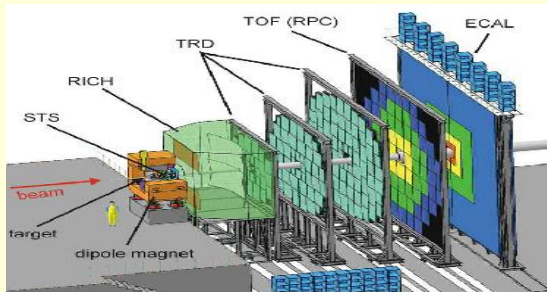


Участие в проектах FAIR

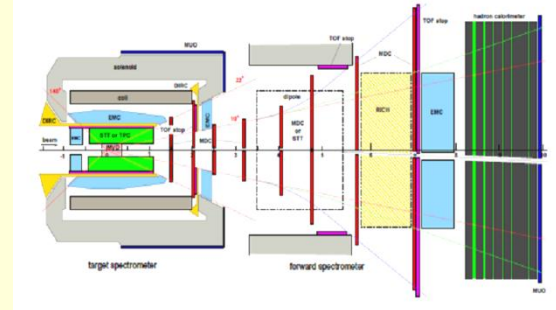


Вклад РФ 185 MEuro

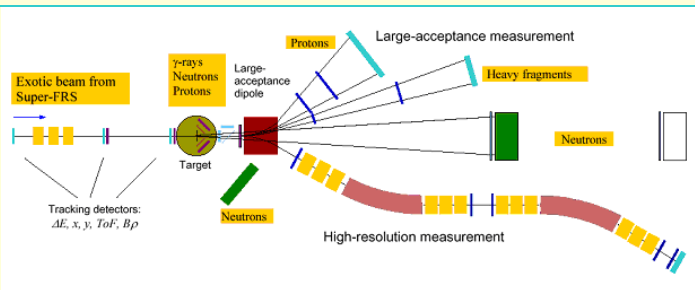
Участие в проектах FAIR



CBM – study of compressed baryonic matter



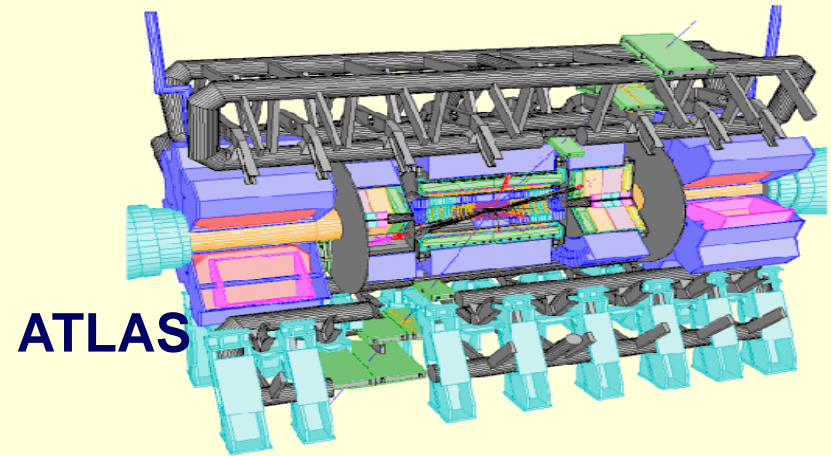
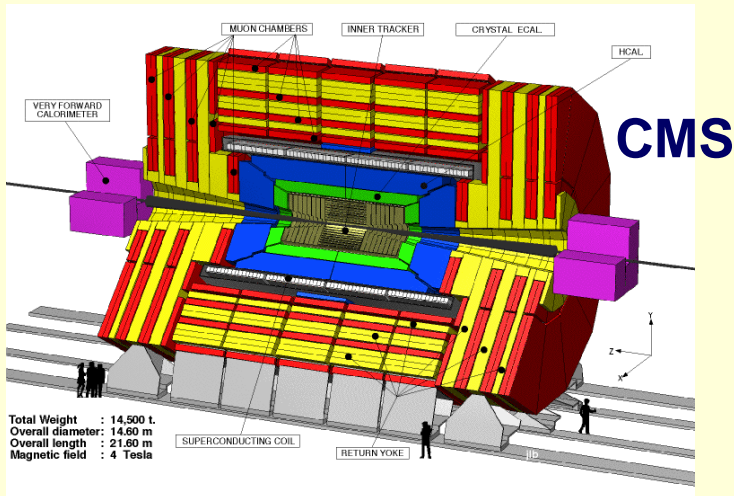
PANDA – spectrometer for antiproton annihilation physics



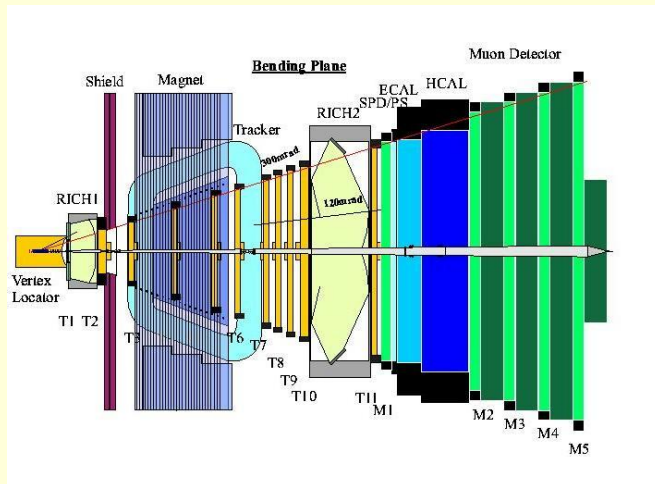
R3B – reactions with relativistic radioactive beams

Сотрудничество с ЦЕРН
остается важнейшим
направлением деятельности
ОФВЭ

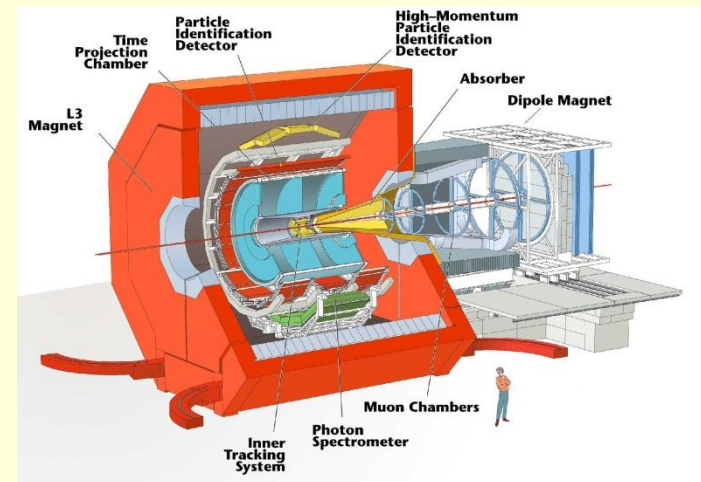
Участие в экспериментах на LHC



LHCb



ALICE



Участие в проведении измерений

Запуск LHC уже ведется

7 ТэВ + 7 ТэВ

Начало измерений Май 2015

Участие в сменах

плюс техническая поддержка

CMS : 130 смен

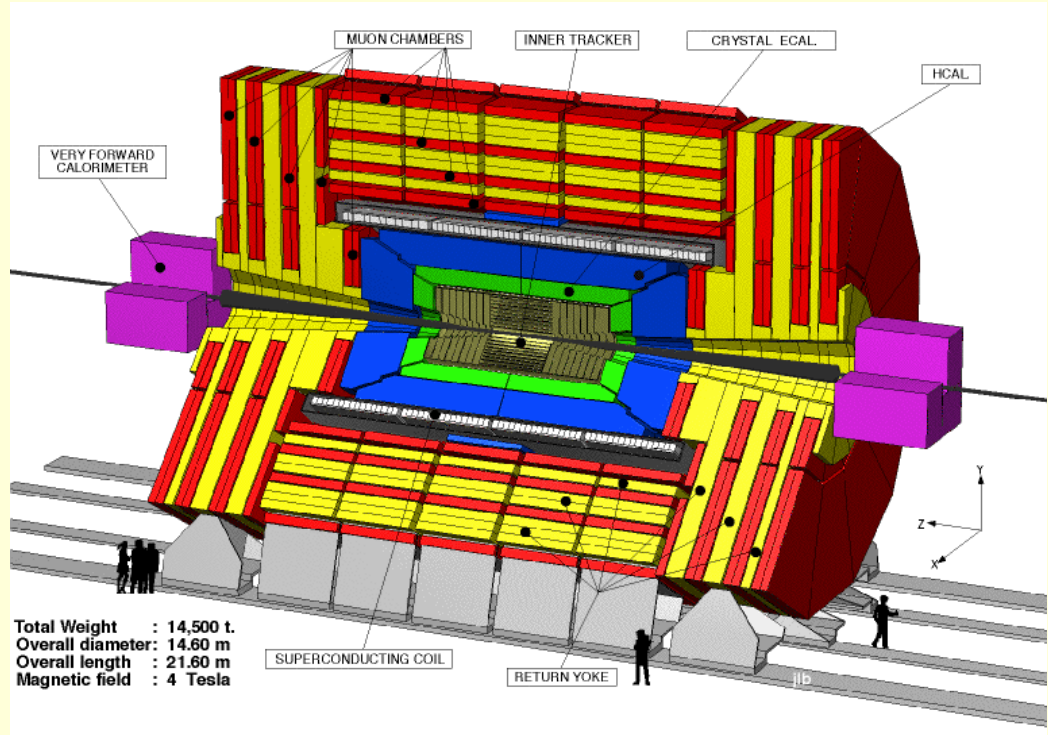
плюс Тех.поддержка мюонной системы

Участие в анализе экспериментальных данных

В анализе данных принимают участие 15 физиков ОФВЭ



Участие в программах Upgrade



Upgrade CMS

1 млн шв.фр.
Вклад в Cost Matrix

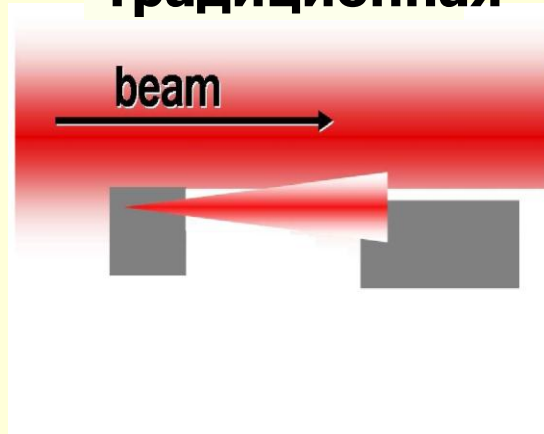
ПИЯФ совместно с US_CMS должен изготовить
76 Мюонных камер ME4/2
2500 –канальную систему высоковольтного питания
Мюонный триггер первого уровня

Эксперимент UA9 (CERN) Коллимация пучков в LHC

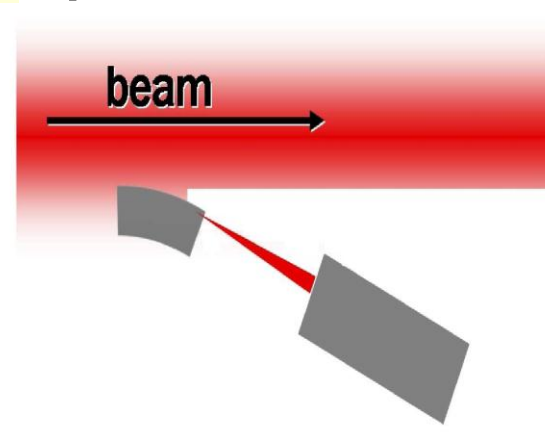


Коллимация

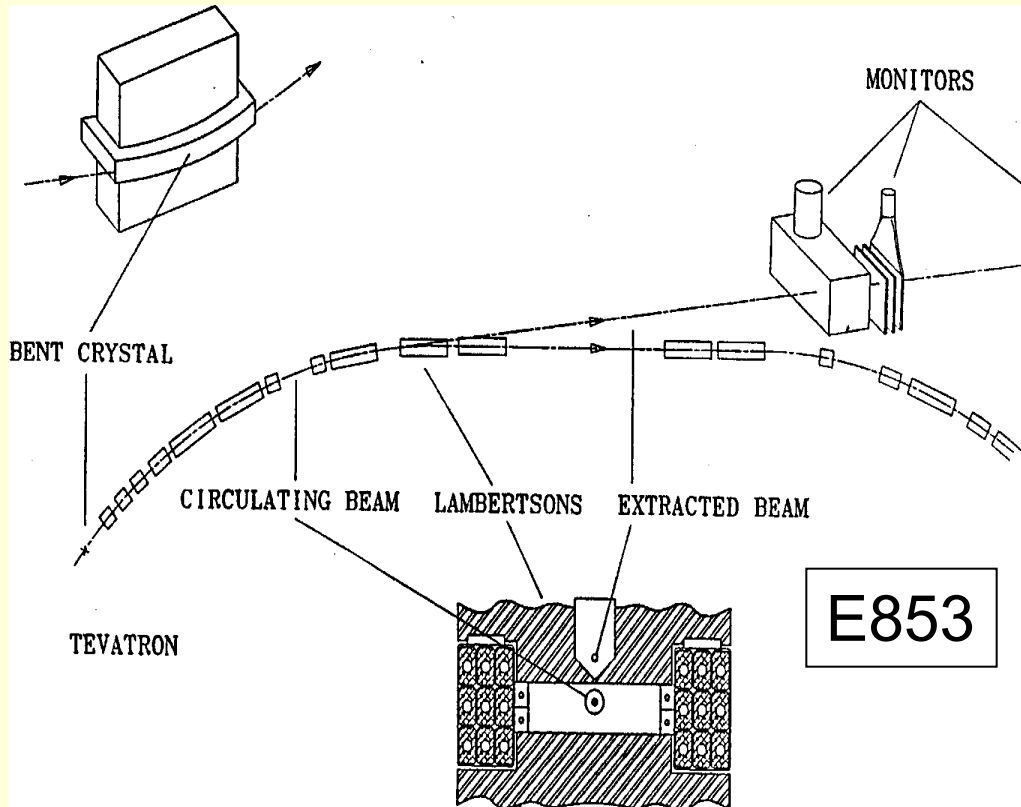
традиционная



кристаллическая



Проект вывода пучка из LHC



Пучки протонов, π^+ , π^- мезонов 7 ТэВ
Дифракционное $\pi\pi$ – рассеяние
Магнитные моменты c -барионов

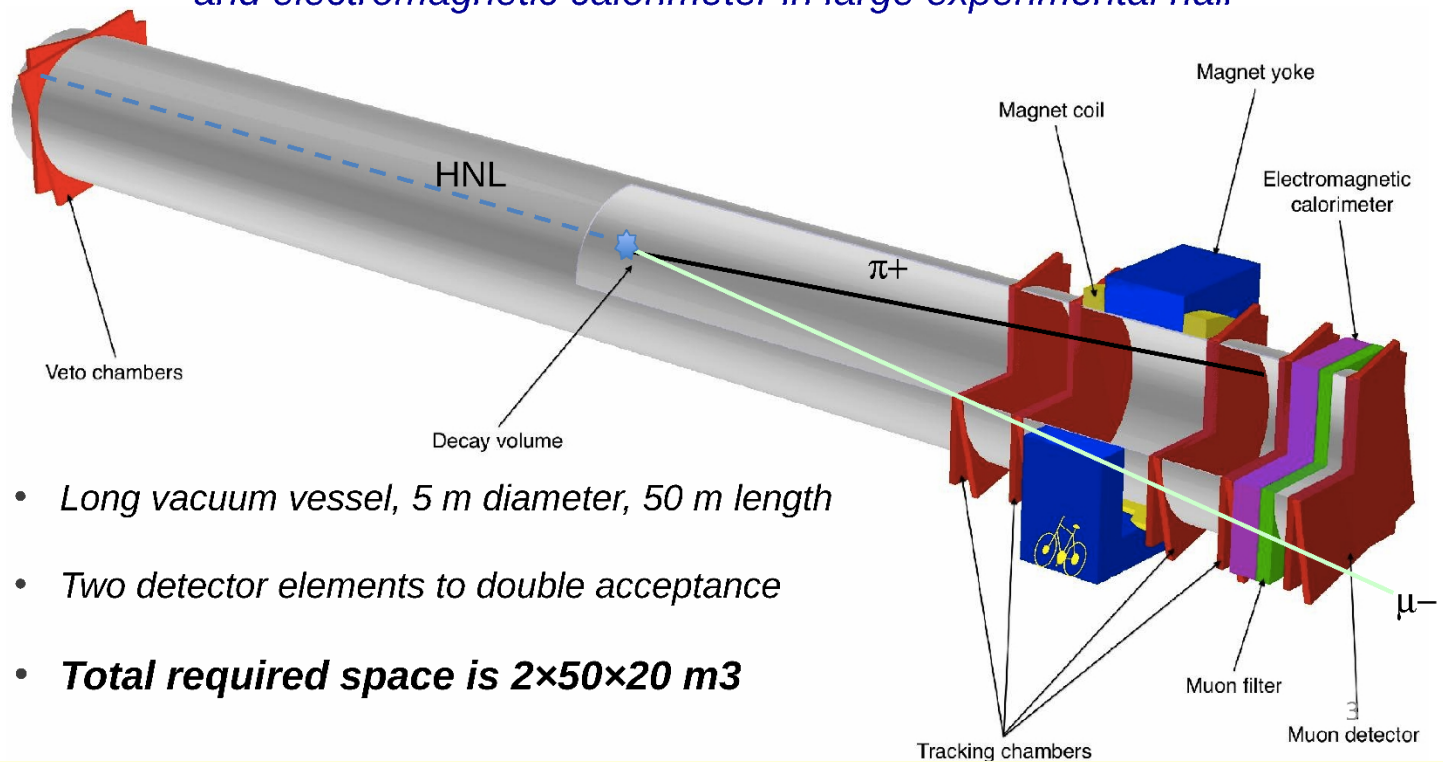
Проект SHiP

Detector concept

(based on existing technologies)

- Reconstruction of signal decays in the final states: $\mu-\pi^+$, $\mu-\rho^+$ & $e-\pi^+$

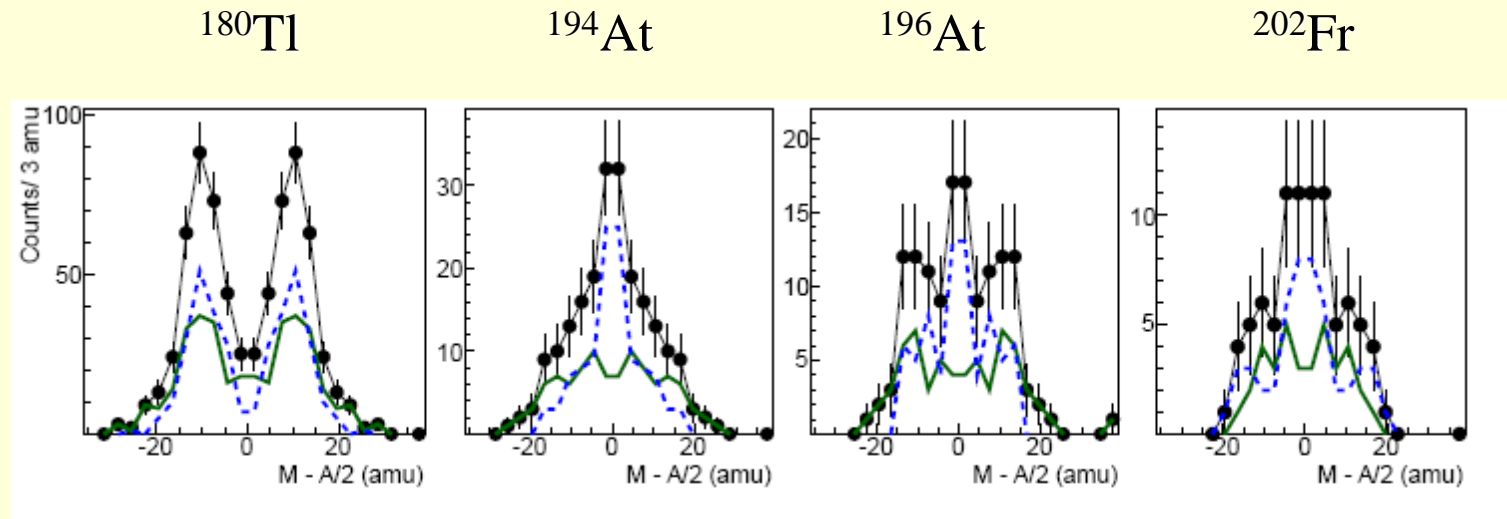
↳ Requires long decay volume, magnetic spectrometer, muon detector and electromagnetic calorimeter in large experimental hall



- Long vacuum vessel, 5 m diameter, 50 m length
- Two detector elements to double acceptance
- **Total required space is $2 \times 50 \times 20$ m³**

Сотрудничество с ISOLDE (CERN)

Многоканальное запаздывающее деление изотопов $^{194,196}\text{At}$ и ^{202}Fr



L. Ghys, A. Barzakh, D. Fedorov, M. Seliverstov et al., Phys. Rev. C **90**, 041301(R) (2014).

ЦЕРН - Дальняя перспектива

- Super LHC Увеличение светимости
- CLIC $e + e$ 3 ТэВ + 3 ТэВ
- 100 ТэВ + 100 ТэВ протонный коллайдер

Подготовка специалистов и популяризация науки

Сотрудничество с ЛГУ и Политехом

Зимняя школа ПИЯФ

Проведение конференций

ЛНСП

**Мы ответственны за проведение
основной ежегодной
конференции по физике на ЛНС
Август 31 – Сентябрь 5, 2015
Санкт-Петербург**

LHCP 2015

August 31 – September 5, 2015
St. Petersburg

THE THIRD ANNUAL CONFERENCE
on Large Hadron Collider Physics

International Advisory Committee:

Tiziano Camporesi (CERN, Geneva)
Marcela Carena (FNAL, Batavia)
Dave Charlton (Univ. of Birmingham)
Daniel Denegri (CEA, Saclay)
Paolo Giubellino (CERN & INFN, Torino)
Andrei Golubitskiy (IC, London)
Paul Grannis (Stony Brook Univ.)
Peter Jenni (CERN & Univ. of Freiburg)
Lev Lipatov (PNPI, Gatchina & SPBSU, St. Petersburg)
Mario Martínez (ICREA & IFAE, Barcelona)
Victor Matveev (JINR, Dubna)
Sri Rajagopalan (BNL, Upton)
Valery Rubakov (INR RAS, Moscow)
Karel Safarik (CERN, Geneva)
Katsuo Tokushuku (KEK, Tsukuba)
Mike Tuts (Columbia Univ.)
Guy Wilkinson (Univ. of Oxford)

Conference Chairs:

Gregorio Bernardi (LPNHE & Univ. of Paris VI & VII)
Guenakh Mitselmakher (Univ. of Florida)
Alexey Vorobyev (PNPI NRC KI, Gatchina)
Alexandre Zaitsev (IHEP NRC KI, Protvino)

Conference Scientific Secretary:

Victor Kim (PNPI NRC KI, Gatchina & SPBSU, St. Petersburg)

Program Committee:

Alexander Andrianov (SPBSU, St. Petersburg)
Federico Antinori (INFN, Padova)
Vadim Bednyakov (JINR, Dubna)
Eduard Boos (SINP MSU, Moscow)
Sally Dawson (BNL, Upton)
Vladimir Gavrilov (ITEP NRC KI, Moscow)
Tim Gershon (Univ. of Warwick, Coventry)

Christophe Grojean (Univ. of Barcelona)
Dmitri Kazakov (JINR, Dubna)
Patrick Koppenburg (NIKHEF, Amsterdam)
Frank Krauss (IPPP, Durham)
Stephanie Majewski (Univ. of Oregon, Eugene)
Luca Malgeri (CERN, Geneva) – PC co-chair
Vladislav Manko (NRC KI, Moscow)
Bill Murray (Univ. of Warwick, Coventry & STFC) – PC co-chair
Alexandre Nikitenko (IC, London & ITEP NRC KI, Moscow)
Vladimir Obraztsov (IHEP NRC KI, Protvino)
Jim Olsen (Princeton Univ.)
Juan Rojo (Univ. of Oxford)
Mikhail Ryskin (PNPI NRC KI, Gatchina)
Vladimir Shevchenko (NRC KI, Moscow)
Matt Strassler (Rutgers Univ.)
Tim Tait (Univ. of California, Irvine)
David Tobaek (Texas A&M Univ., College Station)
Rick van Kooten (Indiana Univ., Bloomington)
Ermanno Vercellin (Univ. of Torino & INFN, Torino)

National Organizing Committee:

Sergey Afonin (SPBSU, St. Petersburg) – NOC co-chair
Yaroslav Berdnikov (SPBSU, St. Petersburg) – NOC co-chair
Alexandre Bondar (BINP SDRAS, Novosibirsk)
Igor Dremin (LPI RAS, Moscow)
Victor Egorychev (ITEP NRC KI, Moscow)
Oleg Fedin (PNPI NRC KI, Gatchina) – NOC co-chair
Grigory Feoflov (SPBSU, St. Petersburg)
Igor Golubitskiy (JINR, Dubna)
Gennady Kozlov (JINR, Dubna)
Vladimir Petrov (IHEP NRC KI, Protvino)
Nikolai Ruskovich (JINR, Dubna)
Victor Sarantsev (PNPI NRC KI, Gatchina)
Victor Savrin (SINP MSU, Moscow)

Technical Secretariat:

Kirsti Aspola (CERN, Geneva)
Alina Belova (CERN, Geneva)
Natalia Nikitina (PNPI NRC KI, Gatchina)
Alina Petukhova (INNO-MIR, St. Petersburg)
Rimma Zheronkina (PNPI NRC KI, Gatchina)

Contact: lhcp2015@pnpi.spb.ru • www.pnpi.spb.ru/lhcp2015





**Партия
коммунистов
исходит из
того, что
строительство
нового
общества без
науки
просто
немыслимо.
Л.И.Брежнев**

Благодарю за внимание