



МФТИ ФОПФ

**КАФЕДРА ФИЗИКИ ВЫСОКИХ
ЭНЕРГИЙ**

**Базовый институт
ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ КИ**

- 1. Задачи ФВЭ**
- 2. Институт физики высоких энергий**
- 3. Учеба и научная работа студентов**



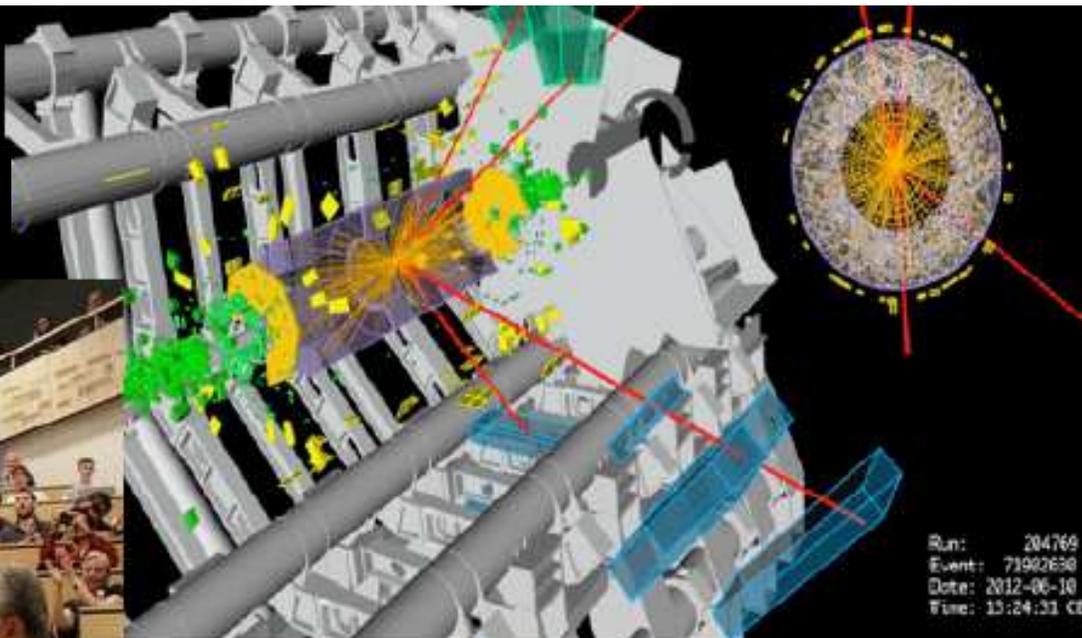
Использованы материалы
I.Shipsey
F.Gianotti
P.Sphicas и др.

Наша цель состоит в том, чтобы понять фундаментальную природу энергии, материи, пространства и времени. На основании этих знаний понять происхождение, эволюцию и участь Вселенной.

Предмет исследования обширен и мы должны использовать различные средства: ускорительные и неускорительные эксперименты, астрофизические наблюдения. Все они имеют важнейшее значение.

2012.7.4

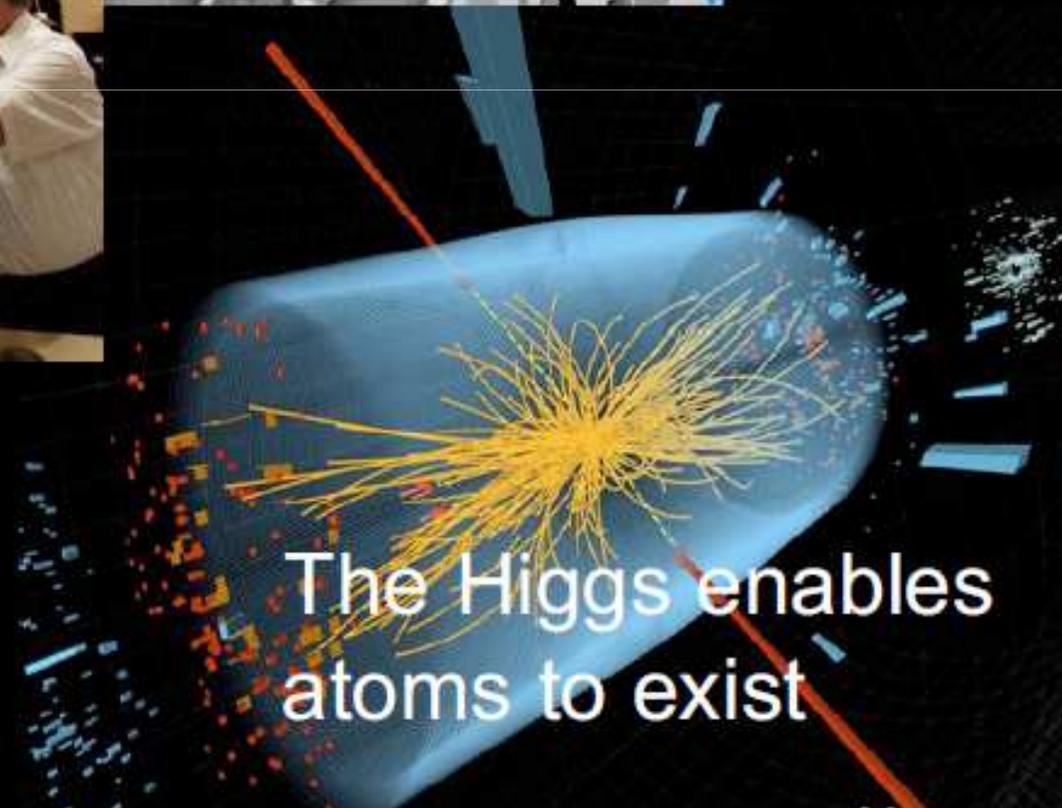
Открытие бозона Хиггса



Теория : 1964

Проект: 1984

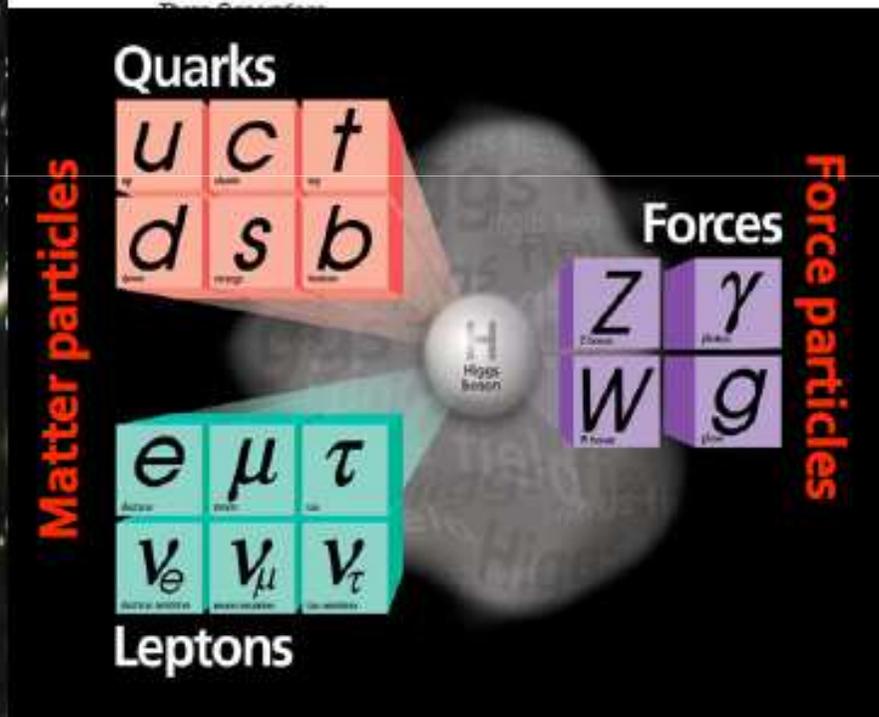
Сооружение : 1998



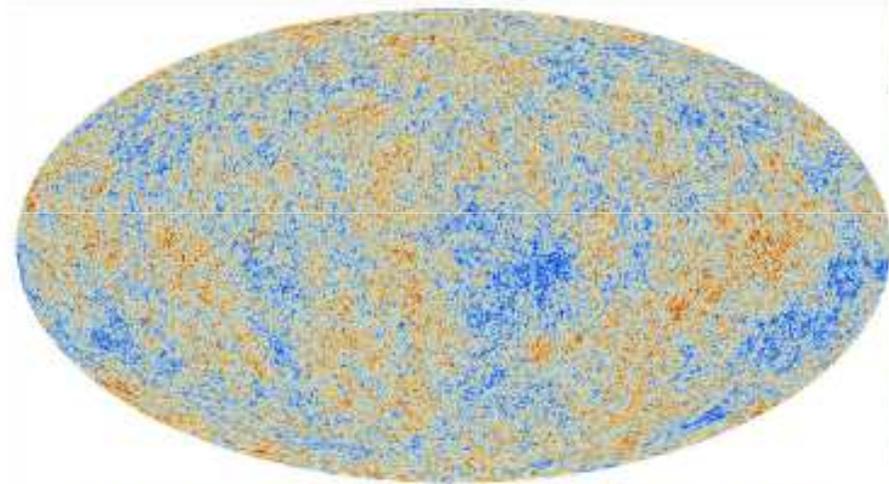
The Higgs enables atoms to exist

Усилия по изучению фундаментальных взаимодействий принесли замечательные результаты

СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ
ЧАСТИЦ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ



СТАНДАРТНАЯ
КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

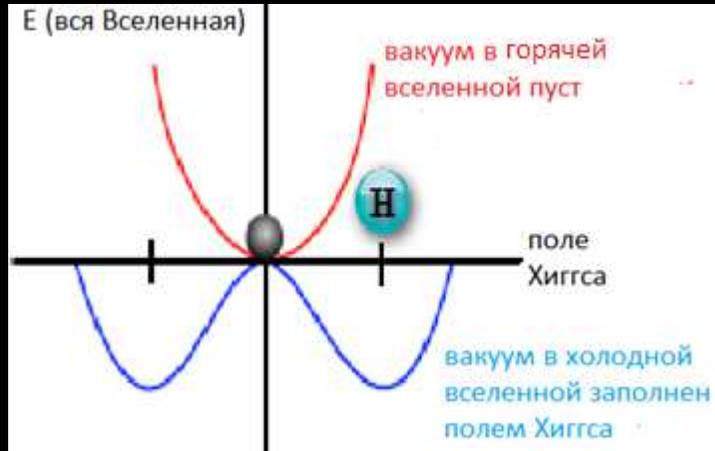


- Стандартная модель является мощным средством для расчета различных процессов с высокой точностью
- Вместе с тем, существует много вопросов, на которые СМ не дает ответа
- Похоже, это эффективная модель, за которой мы пока не видим исходной фундаментальной теории



Проблемы СМ

Хиггс

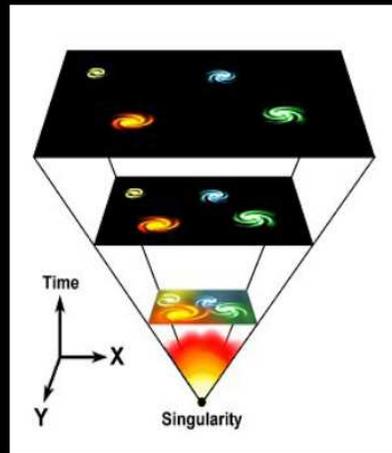


Темная материя

Материя неизвестной природы составляет 80% всей материи Вселенной



Темная энергия Что это?



Барионная асимметрия Вселенной

1,000,000,001

Материя

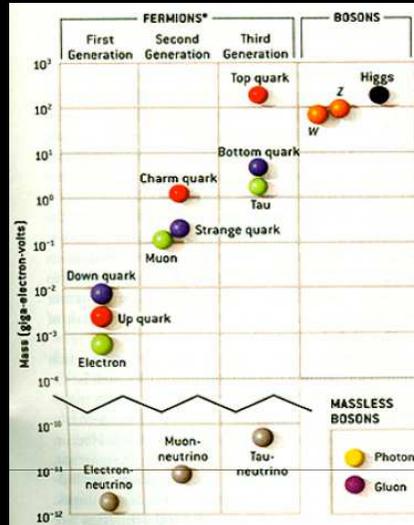
1,000,000,000

Антиматерия

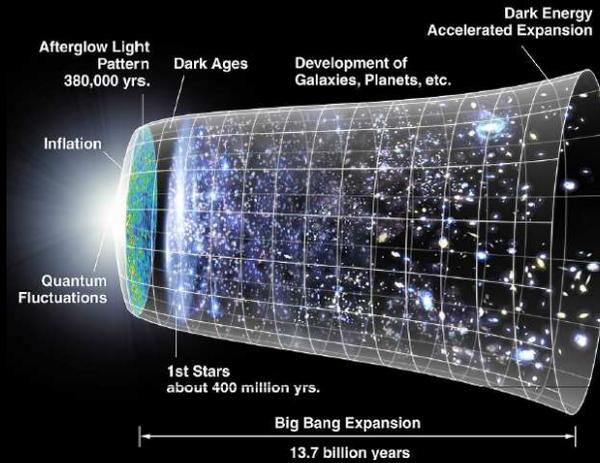
Проблемы СМ

Почему так много частиц

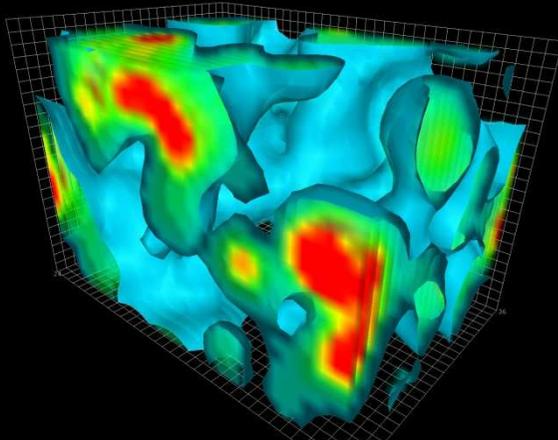
Спектр масс
Три поколения
Массы нейтрино



Что является причиной инфляции



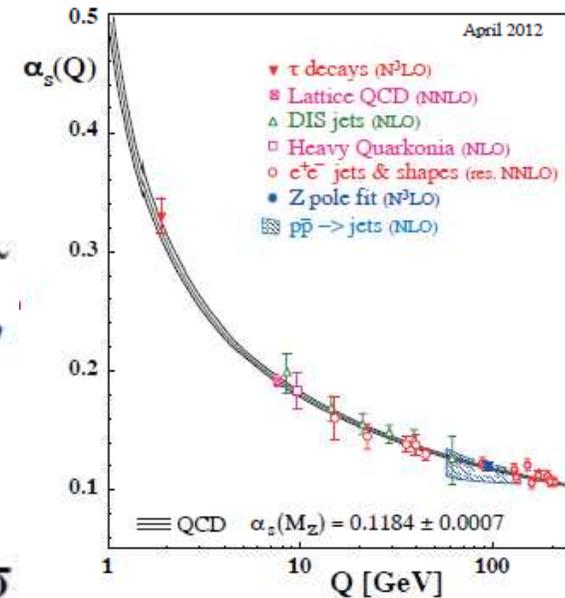
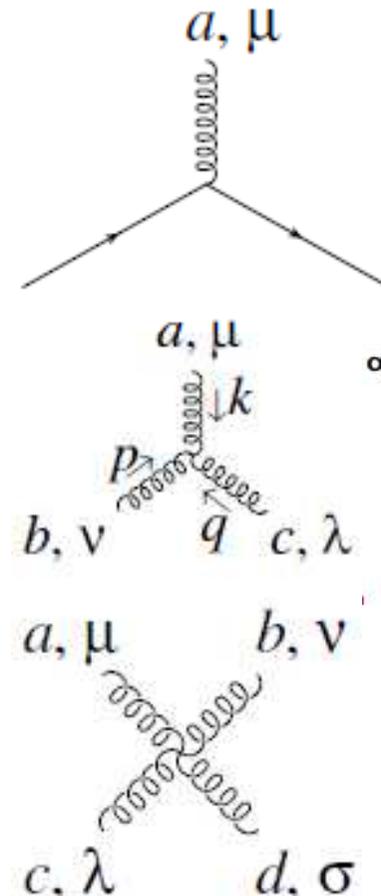
Как устроен вакуум КХД



QCD (Quantum Chromodynamics)

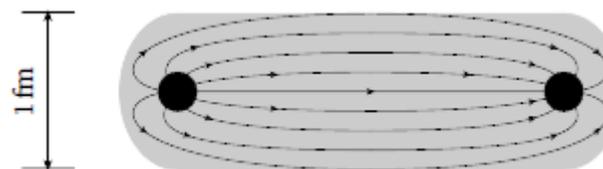
КХД (Квантовая ХромоДинамика)

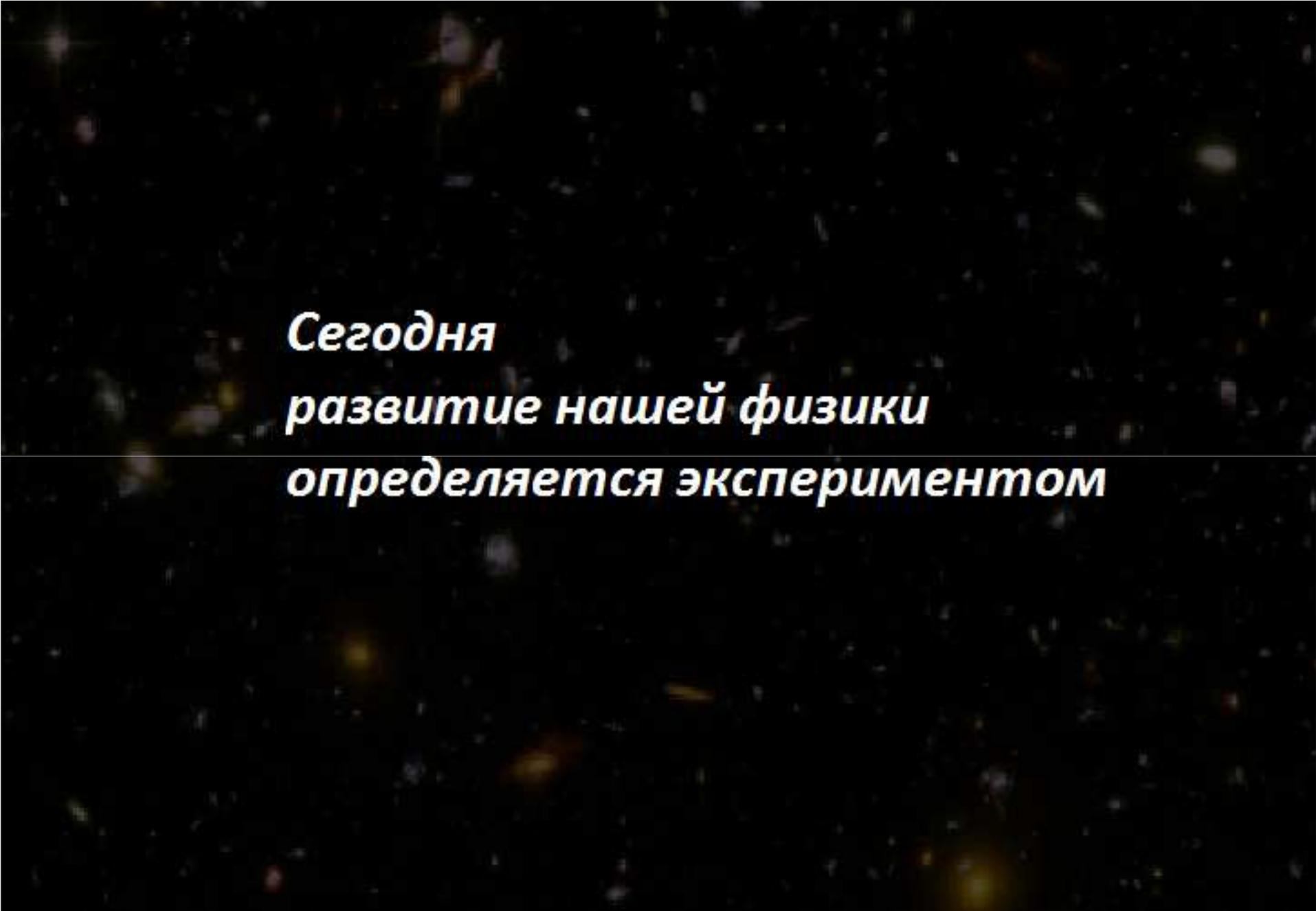
- В КХД наряду с взаимодействиями кварков с глюонами (аналоги фотонов) существует прямое взаимодействие глюонов друг с другом. Это приводит к новым явлениям:
 - конфайнмент (невылетание кварков и глюонов)
 - сложный вакуум
- Эти явления характерны для широкого класса теорий, трудно поддаются теоретическому анализу ввиду их непертурбативной природы и являются предметом разнообразных экспериментальных и теоретических исследований



Как устроен вакуум КХД

- В КХД вакуум не пустой. Он заполнен непертурбативными флуктуациями КХД полей. Взаимодействие кварков с этими флуктуациями определяет свойства легких адронов.
 - Вклад кварков в массу протона составляет 1%
 - Вклад вакуума – 99%
- Методы исследования:
 - Спектроскопия
 - Сверхплотная материя
 - Горячая материя
 - Детальное изучение структуры нуклонов





*Сегодня
развитие нашей физики
определяется экспериментом*

	Коллай- деры	Ускори- тели	Косми- ческие лучи	Подзем- ные установ- ки	Специ- альные экспери- менты	Астрофи- зические наблюда- ния
Хиггс, EWSB						
Нейтрино						
Темная материя						
Кварки и лептоны, нарушение CP						
КХД, вакуум						
Новые частицы и взаимодействия						
Ускорение расширения Вселенной						

Эксперименты на коллайдерах и ускорителях имеют первостепенное значение. Где будет прорыв – неизвестно. Необходим комплексный подход.



И
Н
Е
Р

**Государственный научный центр Российской Федерации
Институт физики высоких энергий
Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»**



Институт физики высоких энергий создан в ноябре 1963 года для проведения фундаментальных исследований строения материи и основополагающих сил природы.

В октябре 1967 года в ИФВЭ введен крупнейший в мире ускоритель протонов на энергию 70 млрд. электронвольт (У-70).

**ОСНОВНОЙ ЗАДАЧЕЙ ИНСТИТУТА ЯВЛЯЕТСЯ ПОЛУЧЕНИЕ
НОВЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВА-
НИЯ СТРУКТУРЫ МАТЕРИИ.**

**ГНЦ ИФВЭ НИЦ КИ ЯВЛЯЕТСЯ ГОЛОВНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ В СТРАНЕ ПО
ИЗУЧЕНИЮ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИИ, ОБЕСПЕЧИВАЕТ РАБОТУ
КРУПНЕЙШЕГО В РОССИИ УСКОРИТЕЛЯ ПРОТОНОВ НА ЭНЕРГИЮ 70 ГЭВ (У-70),
КОТОРЫЙ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УНИКАЛЬНЫХ СТЕНДОВ И УСТАНОВОК
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.**

Важнейшие цели ГНЦ ИФВЭ НИЦ КИ :

- **Фундаментальные исследования по физике высоких энергий, получение новых знаний о структуре материи и основополагающих законах природы.**
- **Сохранение и развитие научного потенциала и экспериментальной базы для исследований по физике частиц, ключевых технологий в области ускорителей и детекторов. Участие в решении фундаментальных и инновационных задач в интересах атомной отрасли.**
- **Воспитание новых поколений учёных и инженеров, всемерное содействие высокому уровню образования и профессиональной подготовки в России.**

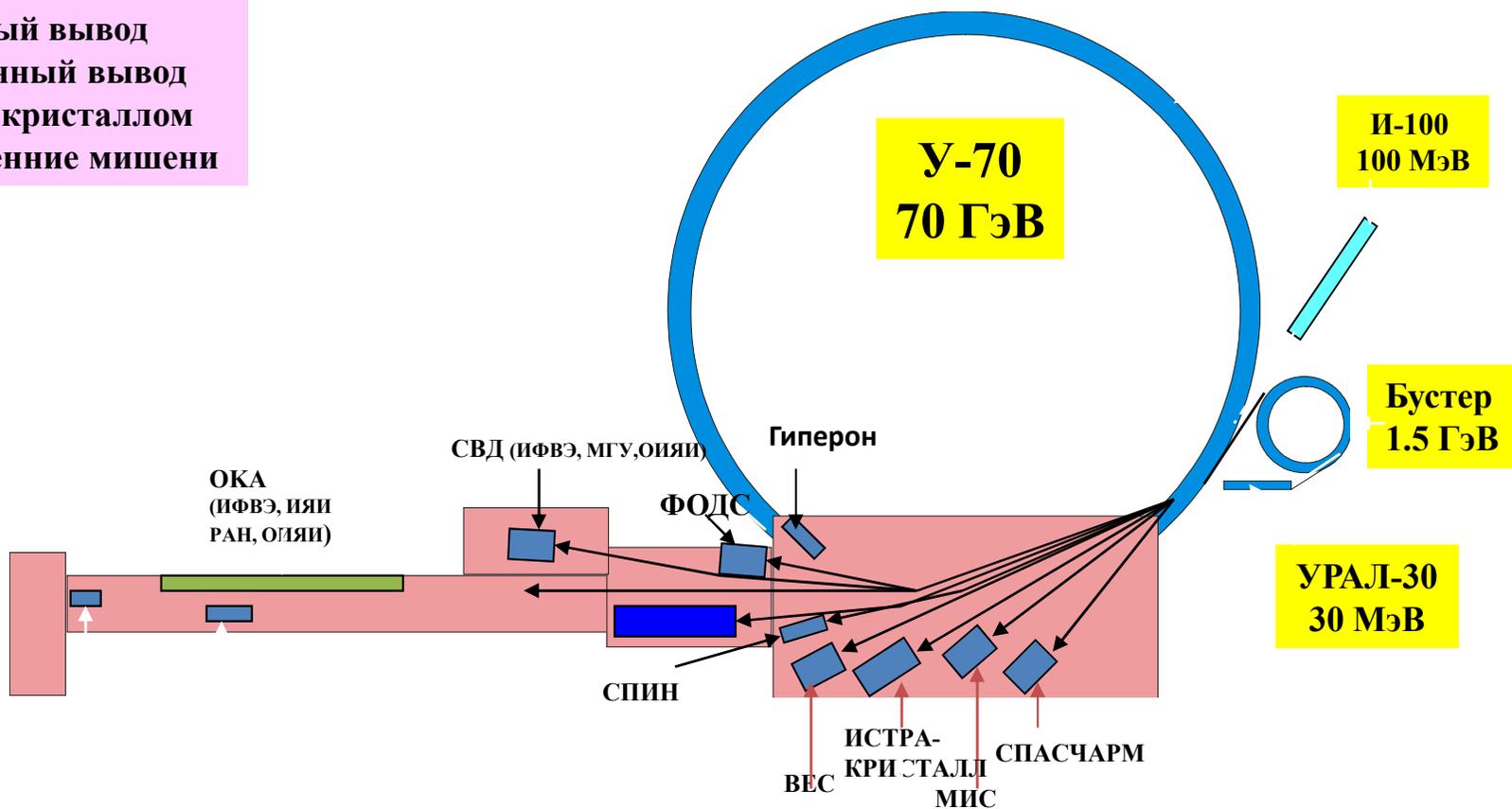
Структура ГНЦ ИФВЭ НИЦ КИ



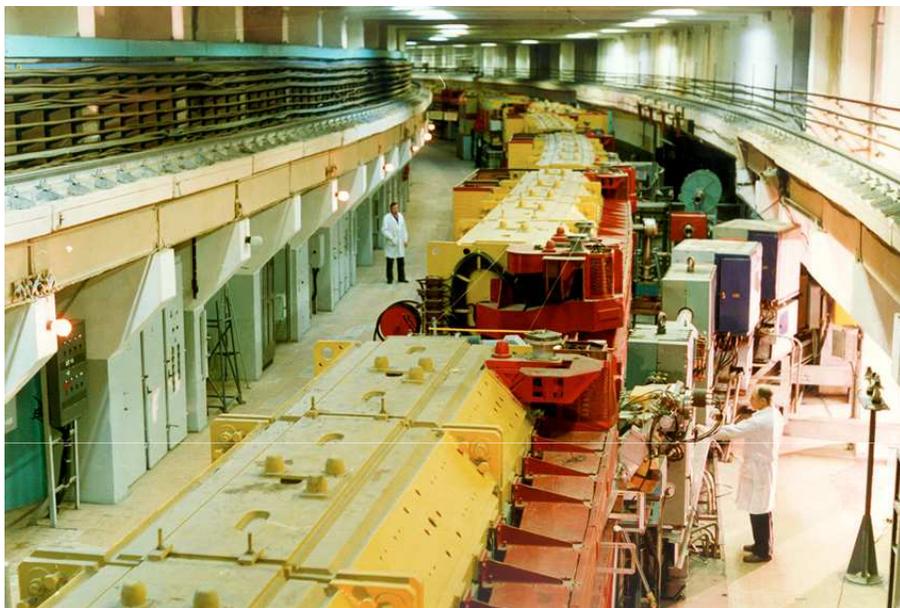
СХЕМА УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА У-70

$E=70 \text{ GeV}$,
 $I=1.7 \cdot 10^{13} \text{ ppp}$
Пучки π , K , p , e , ν

- Быстрый вывод
- Медленный вывод
- Вывод кристаллом
- Внутренние мишени



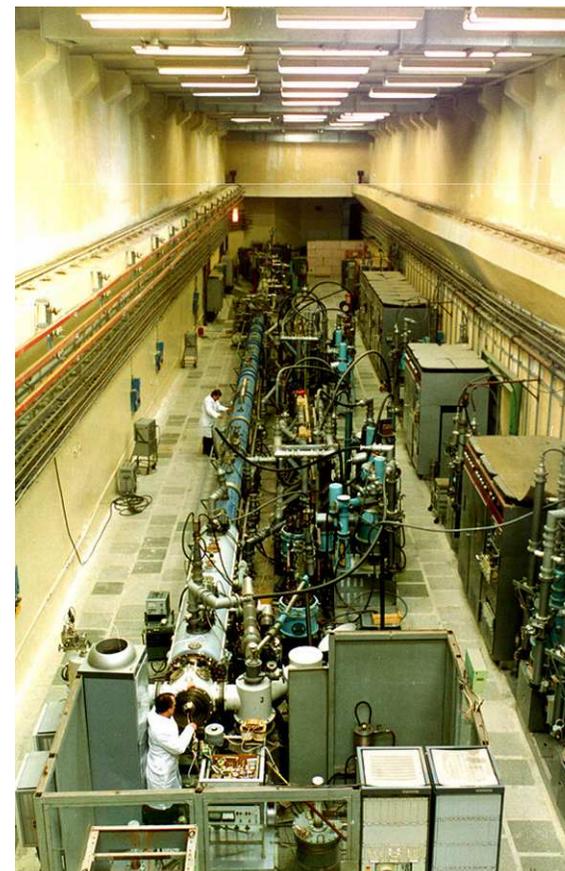
Крупнейший в России ускоритель *протонов* на энергию 70 ГэВ



Протонный
Синхротрон
У-70

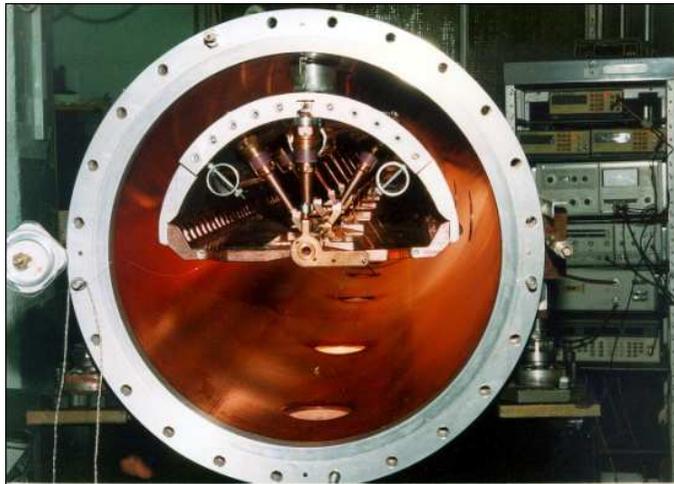


Линейный ускоритель
с ВЧК-фокусировкой
УРАЛ-30 – инжектор в
бустер



Быстроциклирующий
протонный синхротрон
на энергию 1,5 ГэВ
(бустер)



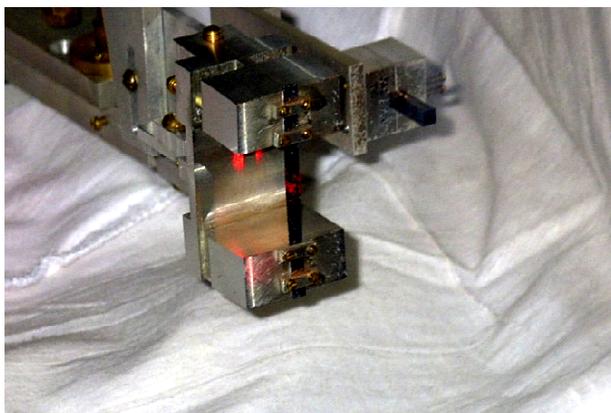


Линейный ускоритель И-100 на энергию 100 МэВ («классическая» структура) – инжектор в У-70 в 1967-1978 г.г.

- **1967 г. – И.М.Капчинский и В.А.Тепляков предложили высокочастотную фокусировку пучка (ВЧК) – крупнейшее открытие в ускорительной технике последних десятилетий.**
- **1977 г. – ввод созданного в ИФВЭ первого в мире линейного ускорителя с ВЧК-фокусировкой на энергию 30 МэВ (УРАЛ-30)**
- **В настоящее время работы по перспективным ВЧК ускорителям ведутся в десятках лабораторий мира**



На ускорителе ИФВЭ внедрена уникальная система вывода интенсивного пучка протонов изогнутыми монокристаллами. Впервые в мировой практике достигнута эффективность вывода на уровне 85%, близком к теоретическому пределу.



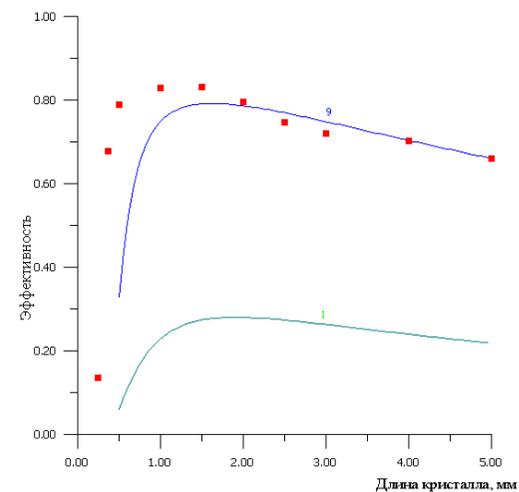
Кристалл в держателе



Установка выводного блока в вакуумную камеру ускорителя

Зависимость эффективности вывода от длины кристалла

Государственная премия Российской Федерации года “Создание новых методов управления пучком частиц высоких энергий на ускорителях с помощью изогнутых кристаллов и их реализация”.



Развитие комплекса

- **Модернизация отдельных систем У-70 и бустера**
- **Использование комплекса У-70 и сооружений УНК для задач протонной радиографии**
- **Создание пучков легких ионов с использованием И-100**
- **Разработка мегапроекта
(комплекс адронных машин с рекордными параметрами)**

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА УСКОРИТЕЛЕ У-70

Программа исследований

- **Спектроскопия адронов, очарованные барионы, многочастичные системы
ВЕС, СВД**
- **Редкие распады К-мезонов
ОКА**
- **Спиновые эффекты
ФОДС, СПАС**
- **Адрон-ядерные взаимодействия
СПИН, ГИПЕРОН, ФОДС**
- **Релятивистская ядерная физика
ФОДС, СПИН, ВЕС**

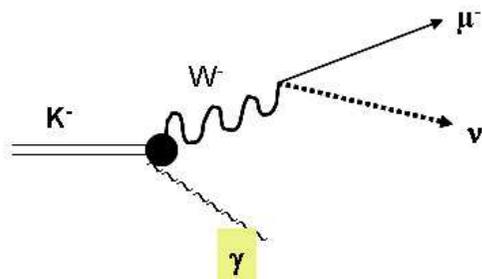
Установка ОКА

Установка для исследования распадов заряженных каонов – ОКА (ГНЦ ИФВЭ - ИЯИ РАН - ОИЯИ).

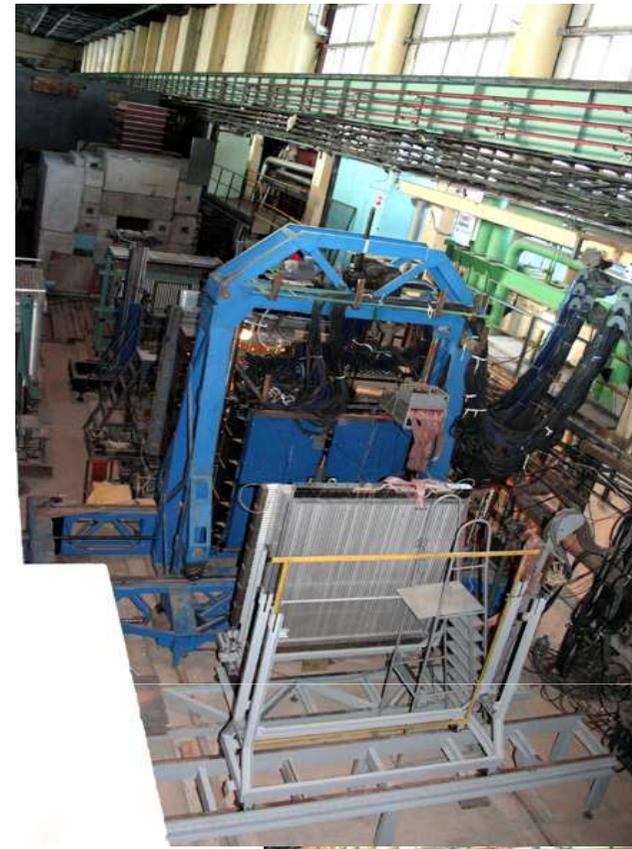
Канал частиц, формирующий пучок сепарированных К-мезонов с 25-кратным обогащением.

На рекордной в мире статистике открыт редкий процесс структурного излучения фотонов, что важно для измерения констант слабого взаимодействия:

$$g_V = 0,127 \pm 0,01 \text{ и } g_A = 0,015 \pm 0,01$$



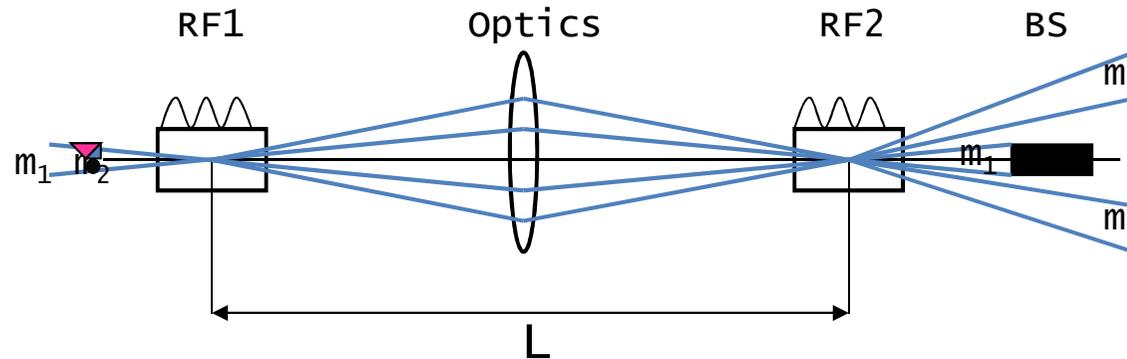
22



Установка ОКА для исследования редких распадов К-мезонов. Общая длина установки 200 м



Канал сепарированных каонов



Two-Cavity RF Separation

Phase shift between m_1 and m_2 at the distance L :

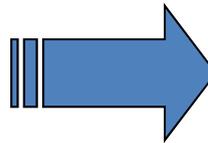
$$\tau_{12} = \pi \frac{L}{\lambda} \frac{E_{02}^2 - E_{01}^2}{(pc)^2}$$

Deflection amplitude for m_2 :

$$A_2 = 2 \frac{eEl}{pc} \sin(\tau_{12}/2)$$

Main parameters of the superconducting RF separator

Wave length, λ	0.1046 m
Length of cavity, l	2.74 m
Aperture, d	39.8 mm
Deflecting field, E	≤ 1.2 MV/m



The IHEP separated kaon beam:

$pc = 12.5$ GeV/c, $L = 76.27$ m

$\tau_{p\pi} = 4\pi$ and $\tau_{K\pi} = 1.04\pi$

$A_2 = 0.44$ mrad at $E = 1$ MV/m

Beam divergence at RF in the vert. plane should be ≤ 0.22 mrad !



Системы криогенного комплекса



Стенд тестирования дефлекторов

Установка ВЕС

Адронная спектроскопия

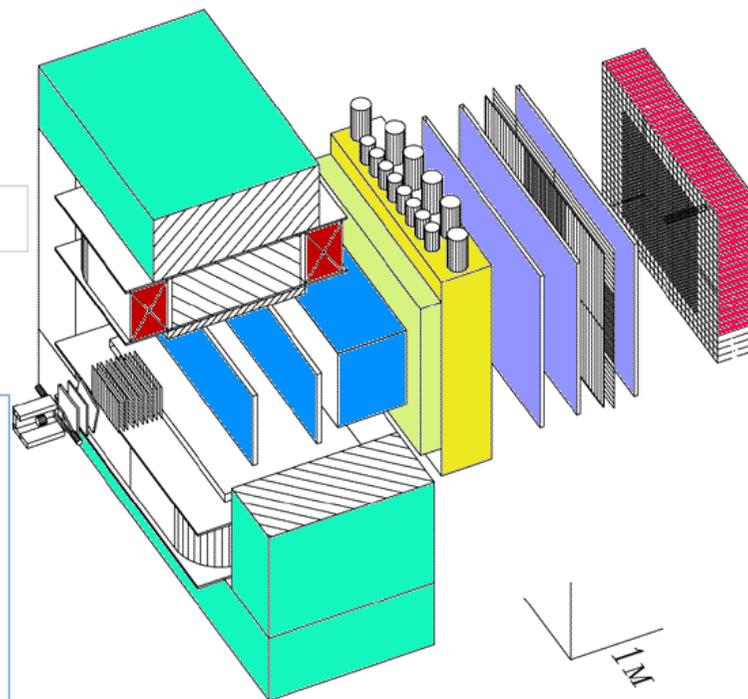
Гибридные состояния

На установке Вершинный спектрометр (ВЕС) обнаружено состояние с массой 1,7 ГэВ с экзотическими квантовыми числами, запрещенными для системы кварк-антикварк.

Состояние носит признаки гибридного мезона.

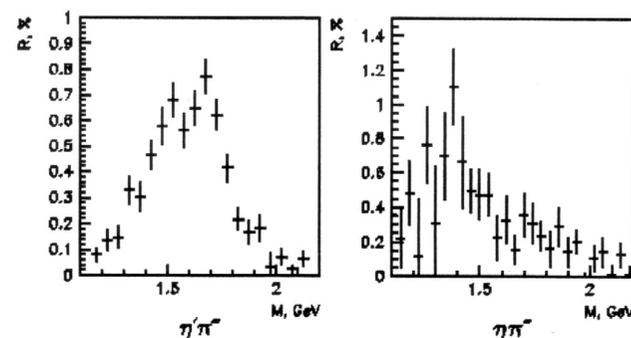
Обнаружен ряд новых резонансов, распадов и явлений.

Свежие результаты:
- большое нарушение изотопической инвариантности в распаде $f_1 \rightarrow 3\pi$;



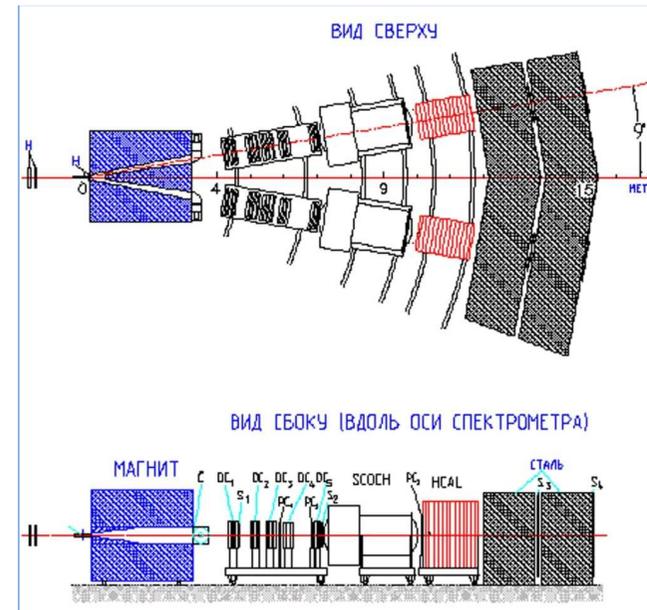
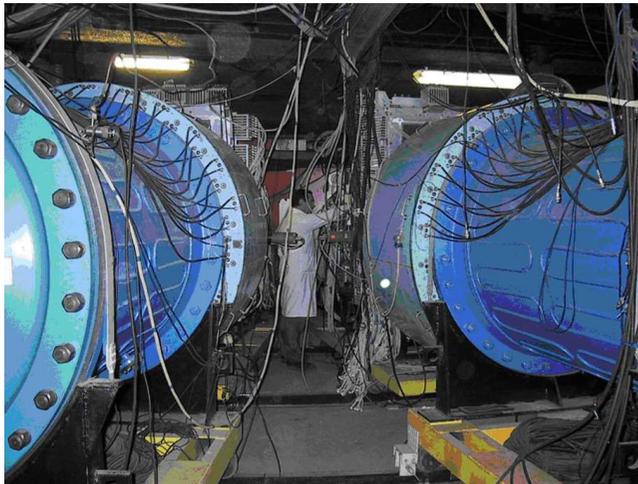
Установка ВЕС

Широкоапертурный магнитный спектрометр для изучения эксклюзивных реакций

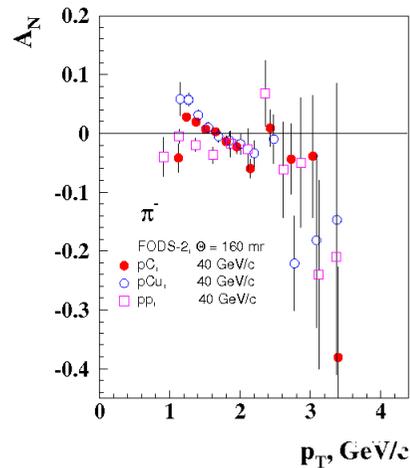
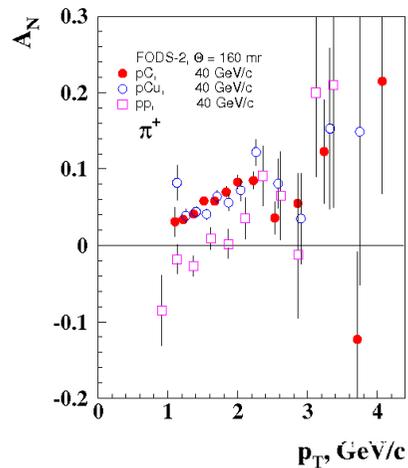


Установка ФОДС-2

Двухплечевой спектрометр
Жесткие процессы
Спиновые асимметрии



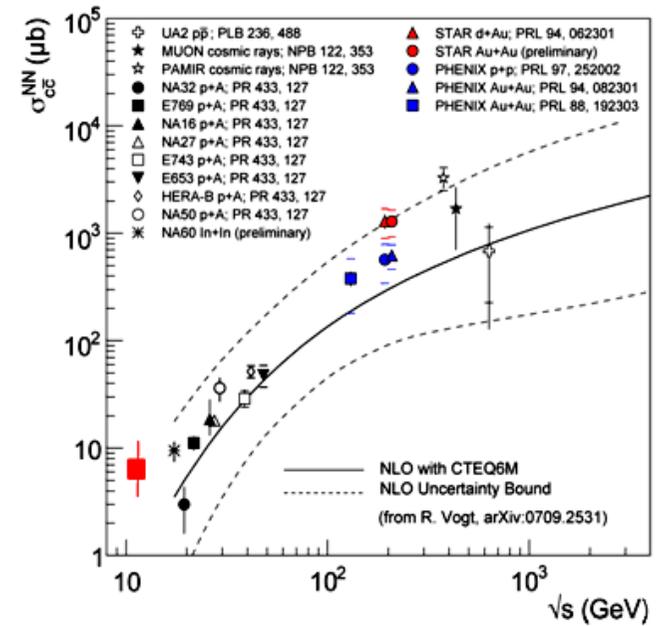
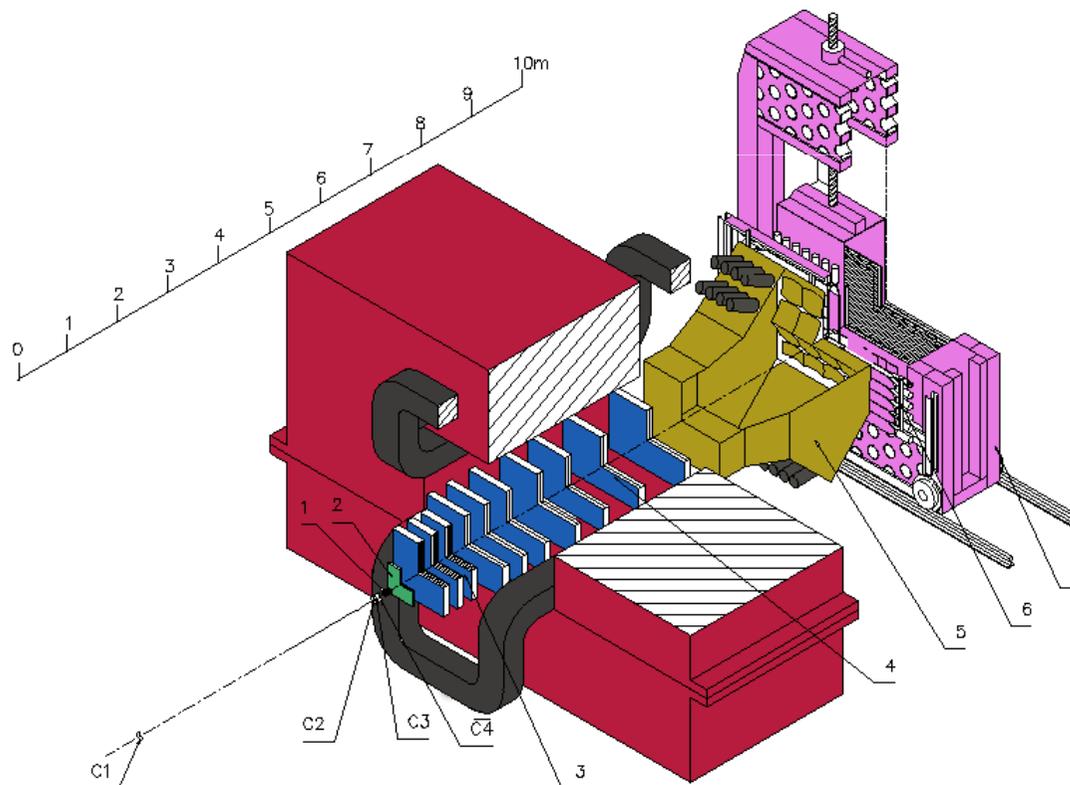
В ИФВЭ создан уникальный поляризованный пучок протонов с энергией 40 ГэВ и поляризацией 40%, на котором проведены исследования процессов рассеяния поляризованных протонов на ядерных мишенях



В эксперименте на установке ФОДС-2 по исследованию рассеяния поляризованных протонов на ядрах впервые измерена асимметрия A_N образования заряженных адронов с поперечными импульсами до 4 ГэВ/с. Поведение A_N указывает на сложную динамику взаимодействия кварков и глюонов и важную роль спина в этих взаимодействиях

Установка СВД

Магнитный спектрометр для исследования инклюзивных реакций
 Рождение чармованных частиц
 Предельные множественности

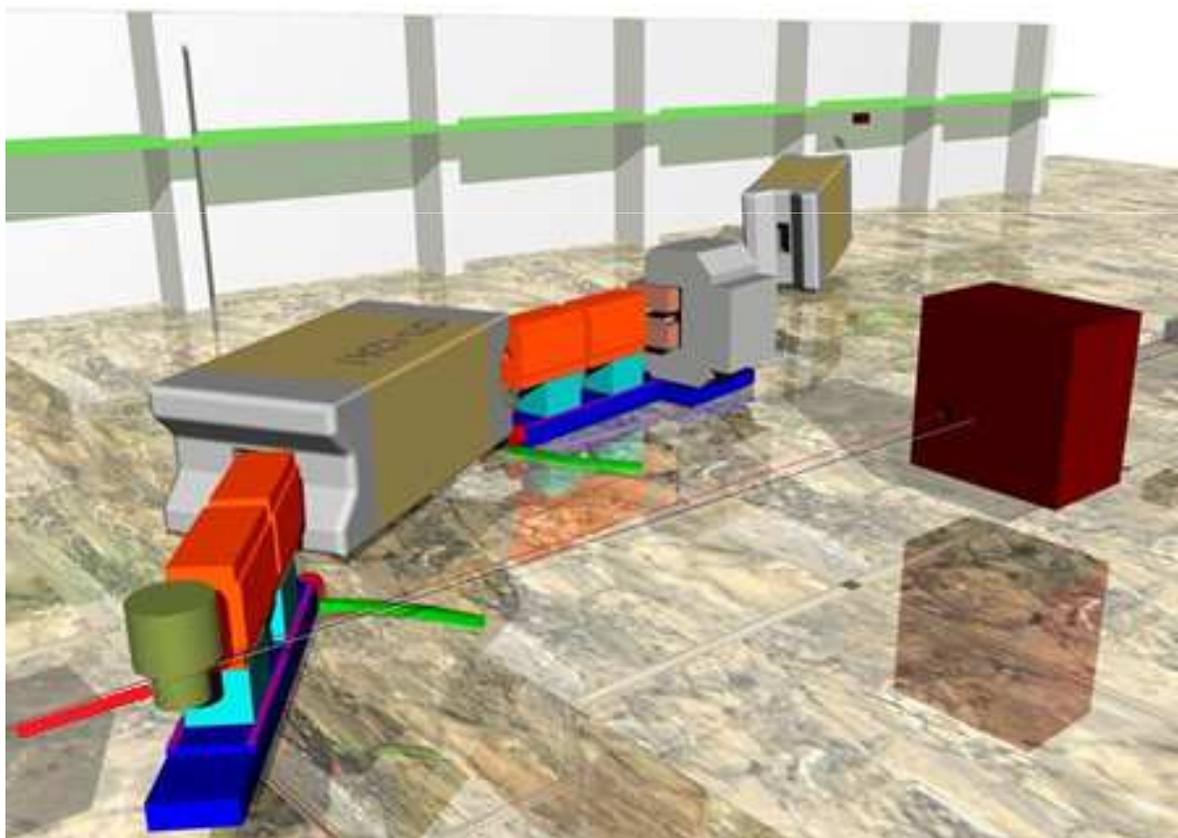


Мировые данные по сечению рождения чарма в нуклон-нуклонных взаимодействиях.
 Красный квадрат – точка СВД



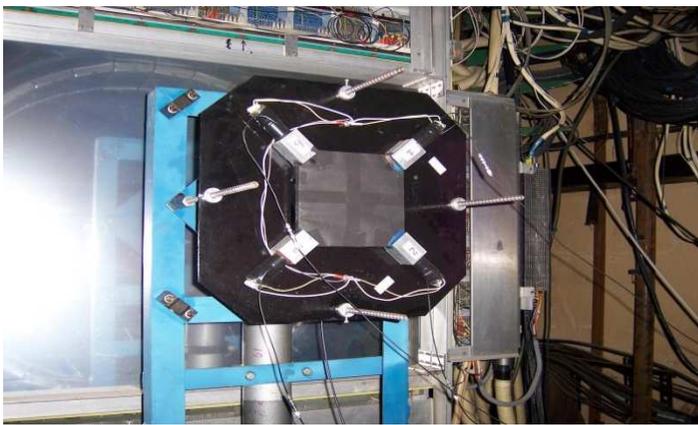
Установка СПИН

Одноплечевой магнитный спектрометр
Кумулятивные процессы



Впервые
наблюдены и
изучены
кумулятивные
реакции с
большим
поперечным
импульсом

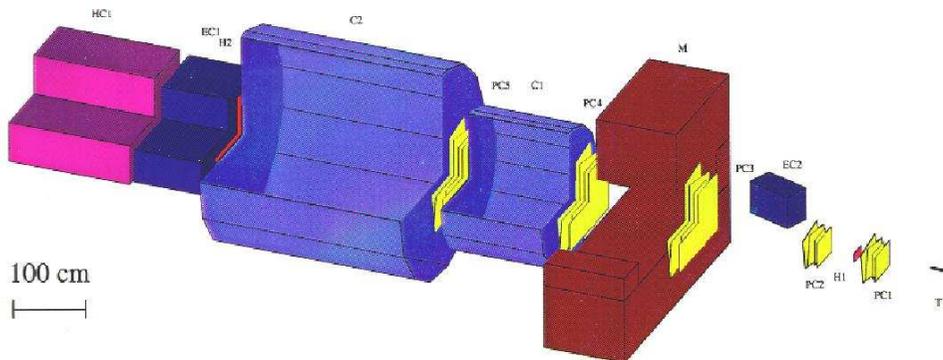
Установка ГИПЕРОН



Электромагнитный калориметр
Влияние ядерной материи на
свойства мезонов

На установке ГИПЕРОН проведено
исследование
образования мезона $f_2(1270)$ на различных
ядрах пучком π^+ с импульсом 7 ГэВ

Установка СПАСЧАРМ



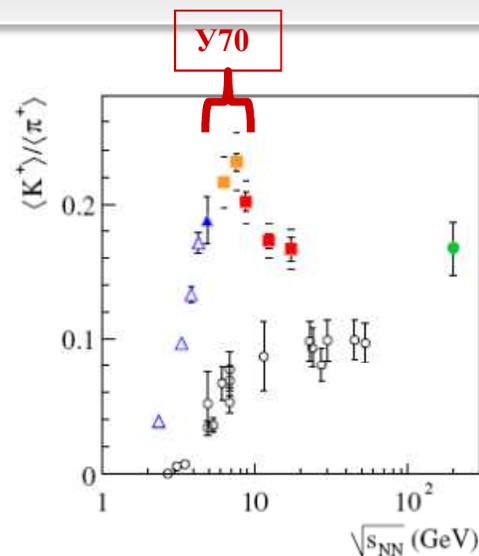
Магнитный спектрометр с
поляризованной мишенью
Спиновая физика в инклюзивных
и эксклюзивных процессах

Установка в стадии
комплексного запуска

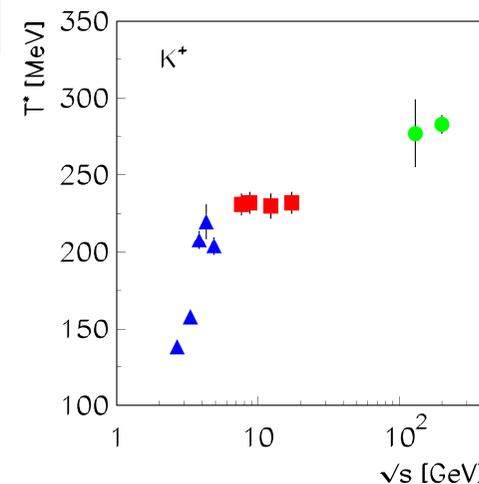
Планируемые эксперименты с ядрами

Критическая точка при $\sqrt{s_{NN}} \approx 7.5$ ГэВ

- В центральных столкновениях тяжелых ядер при $\sqrt{s_{NN}} \approx 7.5$ ГэВ наблюдается резкое изменение ряда основных характеристик взаимодействий:
- Отношение выходов K^+ и π^+
- Температура K^+
- Флуктуации
- Зависимость выходов π от энергии
- Причины таких изменений неизвестны. Распространено предположение о том, что наблюдаемые явления вызваны фазовым переходом.
- Энергия ускоренных ядер У-70 $\sqrt{s_{NN}} \approx 8$ ГэВ достаточна для изучения эффекта.



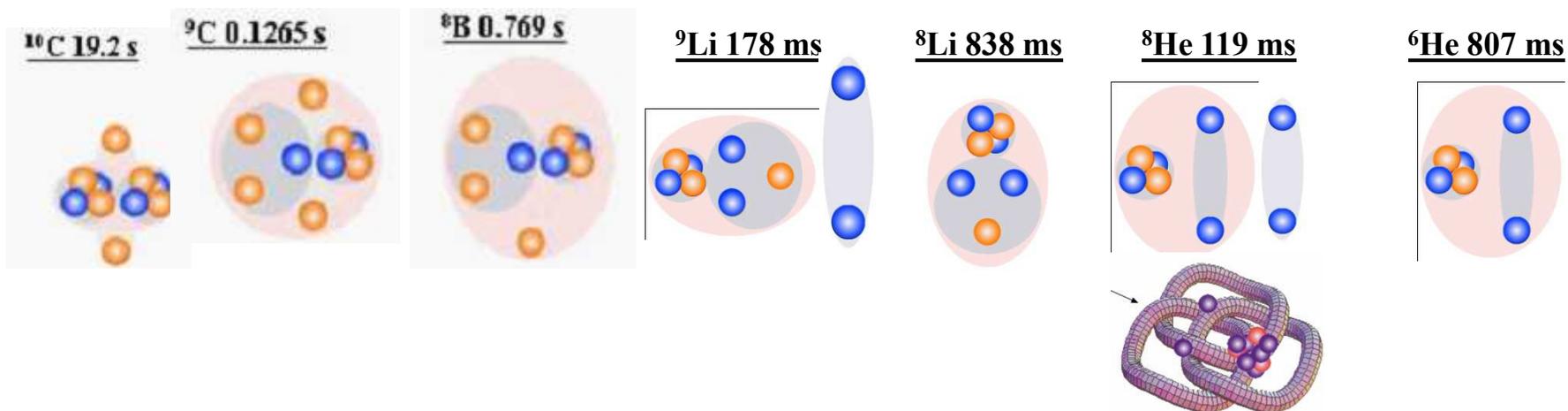
Отношение выходов K^+ и π^+ мезонов в центральных Au+Au и Pb+Pb столкновениях, а также в pp столкновениях



Температура K^+ мезонов в зависимости от энергии столкновения в системе центра масс

Исследование легких нестабильных ядер (проект)

- При взаимодействии ускоренного пучка ^{12}C с ядрами образуются высокоэнергичные фрагменты, в том числе короткоживущие ядра (^{10}C , ^9C , ^8B , ^9Li , ^8Li , ^8He , ^6He). Эти ядра экзотичны (нейтроноизбыточные и нейтронодефицитные) и недостаточно изучены в силу их нестабильности.
- Некоторые из ядер очень необычны - ^8He
- Исследование их свойств важно как для развития физики ядра, так и в прикладных целях.
- Свойства нестабильных ядер интенсивно изучаются на ускорителях ионов при низких энергиях.
- В ряде случаев высокие энергии пучков У-70 создают новые уникальные возможности для исследования нестабильных ядер



***ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ЗАРУБЕЖНЫХ
УСКОРИТЕЛЯХ И КОЛЛАЙДЕРАХ***

Эксперимент D0

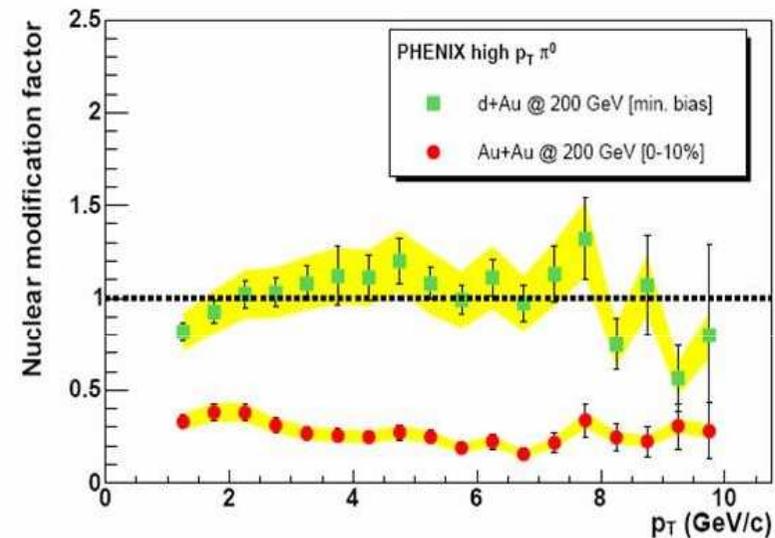
(pp^- - коллайдер в Фермилаб, США)



Одна из плоскостей
мюонной системы,
созданной в ИФВЭ

Установка PHENIX

Релятивистский коллайдер тяжелых ионов в BNL



В 2004 году обнаружены значительные эллиптические потоки вещества, возникающие в первые мгновения столкновения двух тяжелых ядер, а также сильное подавление выхода адронных струй с большими поперечными импульсами в центральных ядро-ядерных столкновениях. Экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что в таких столкновениях формируется новый тип ядерной среды, термализирующей за очень малое время (меньше 10-24 сек) и обладающей признаками, характерными для кварк-глюонной материи.

Разработка и изготовление оборудования коллайдера ЛНС



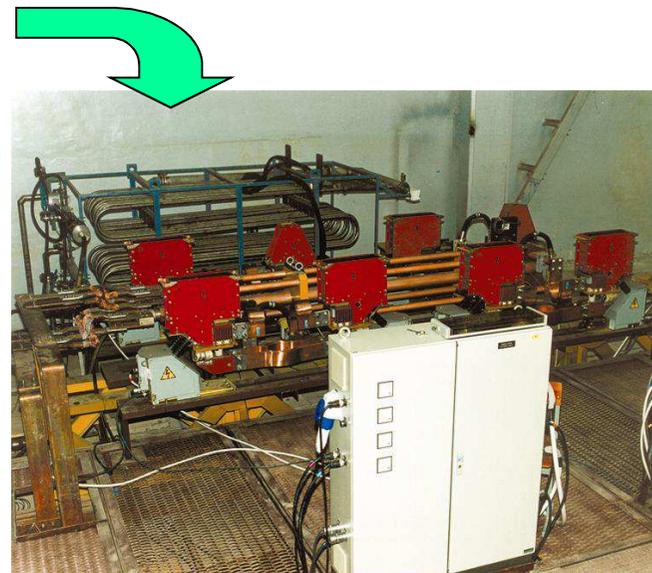
ГНЦ ИФВЭ активно участвует в разработке и создании уникального высокотехнологичного оборудования Большого адронного коллайдера (БАК). Эти работы ведутся в рамках Соглашения между Правительством России и ЦЕРН.

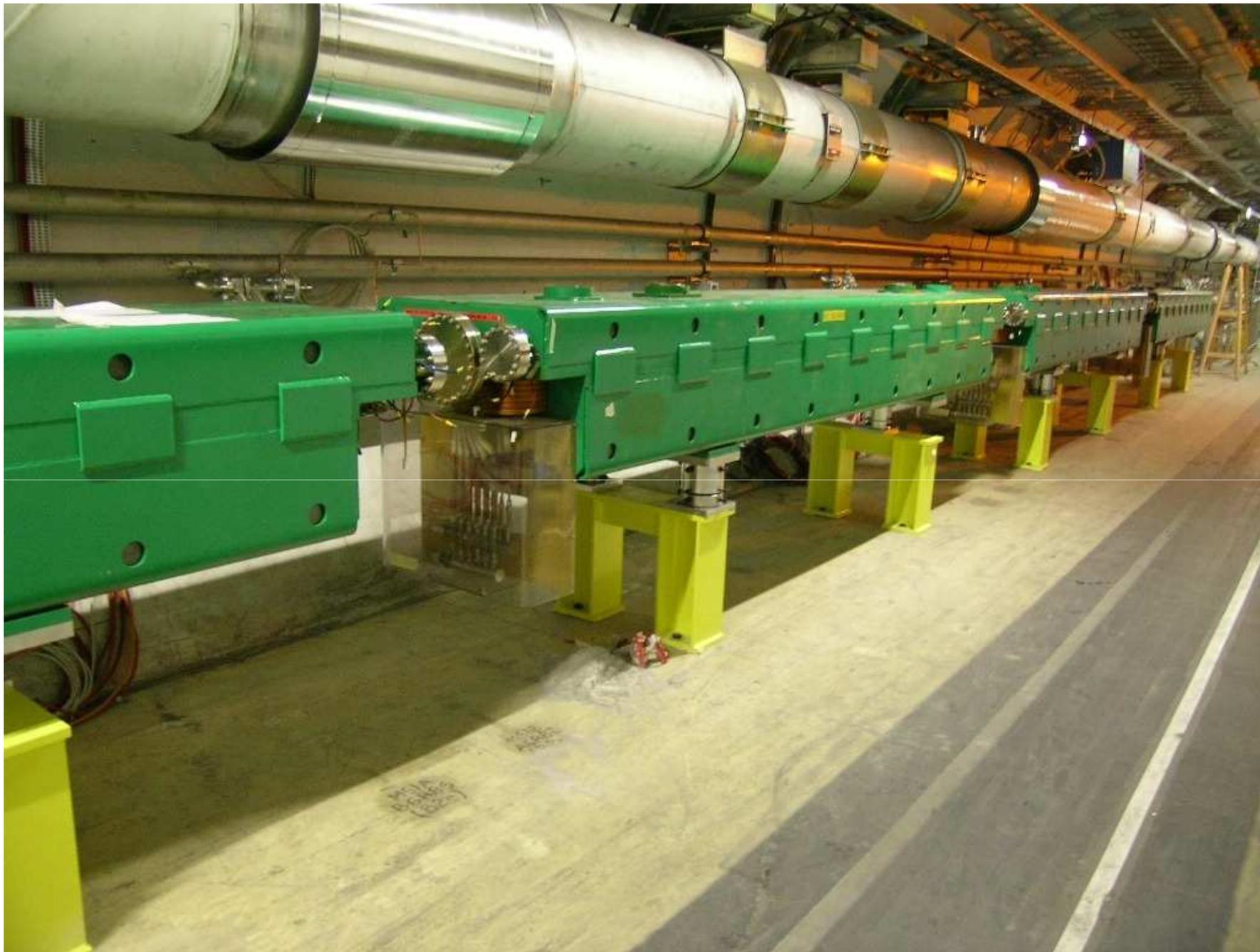
Септум-магниты системы инжекции и поглощения пучка БАК (45 магнитов). Магнитное поле 1 Т, $\Delta H/H = 10^{-4}$ Работа полностью завершена.



Быстродействующие размыкатели тока (совместно с Екатеринбург) – 280 шт. Время размыкания 2 мс

Резисторы вывода энергии (75 модулей). Выводимая энергия 710 МДж, номинальный ток 13 кА. Изготовлено 64 модуля.



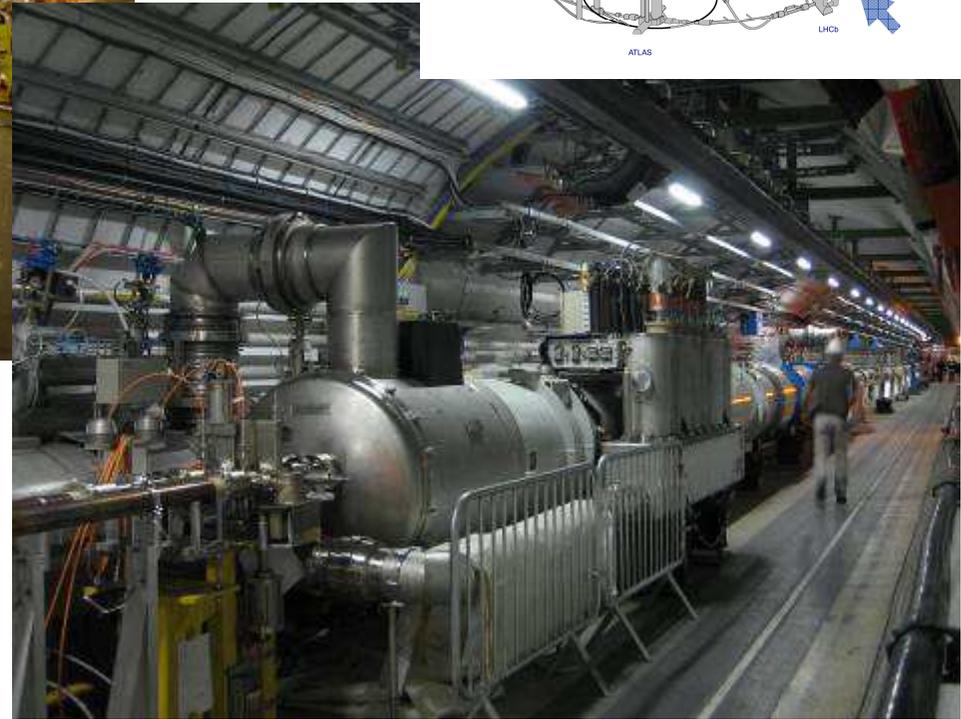
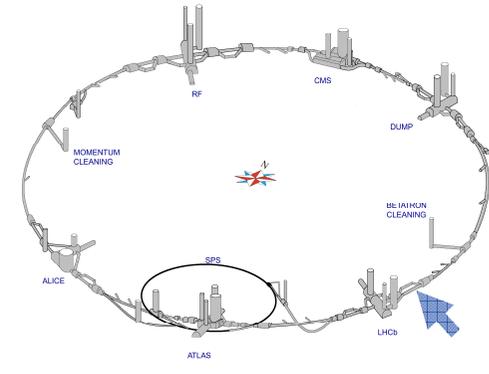
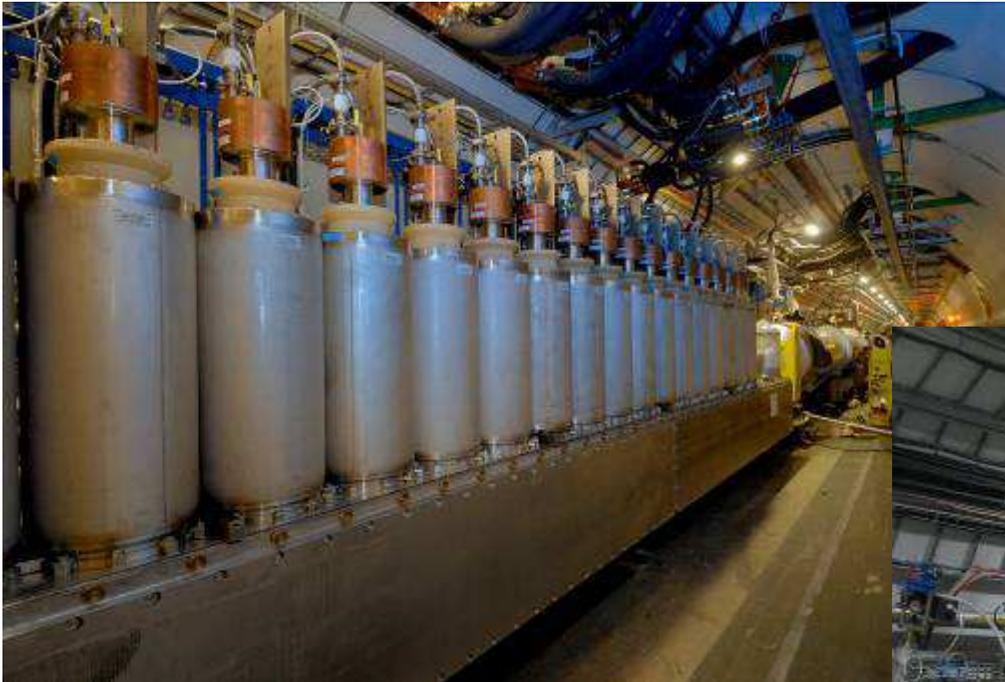




МОНТАЖ DFBA

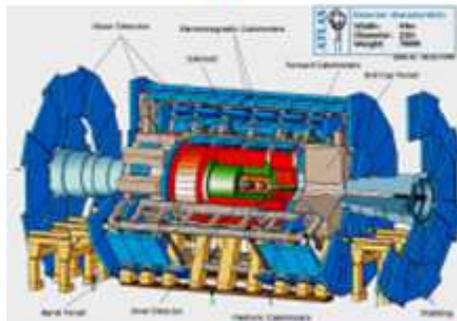


DFB в туннеле БАК

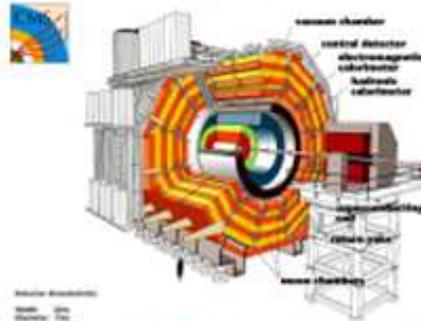


УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ

ATLAS



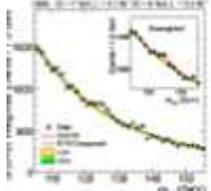
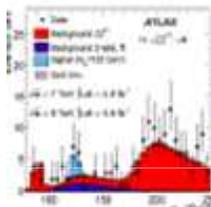
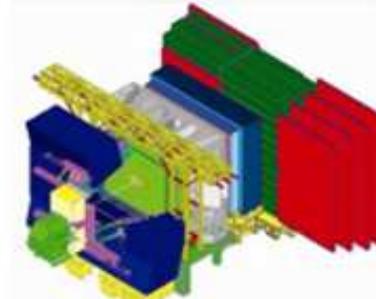
CMS



ALICE



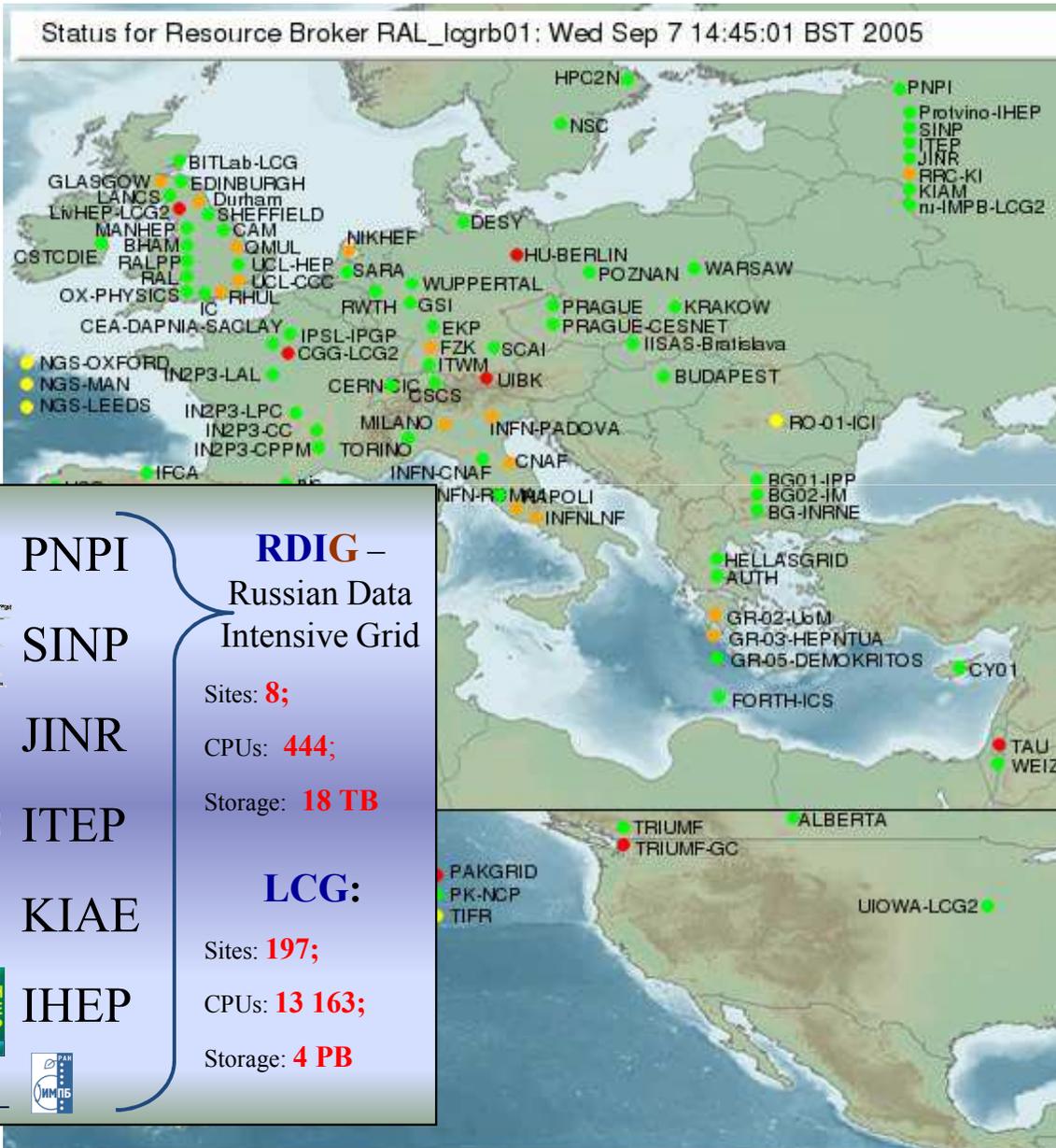
LHCb



Созданные в ИФВЭ детекторы электромагнитного излучения и мюонов сыграли важную роль в открытии бозона Хиггса в экспериментах ATLAS и CMS (2012)

Трековые детекторы





Russia is taking part in the leading GRID project in Europe - LCG/EGEE.

All Russian sites provide computer and data storage resources for 4 LHC experiments.

Russian sites provide about 5% of MC simulation for LHC.

External link from Russia to CERN – 620 Mbit/s.

	PNPI	RDIG – Russian Data Intensive Grid Sites: 8 ; CPUs: 444 ; Storage: 18 TB
	SINP	
	JINR	
	ITEP	
	KIAE	
	IHEP	LCG: Sites: 197 ; CPUs: 13 163 ; Storage: 4 PB

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

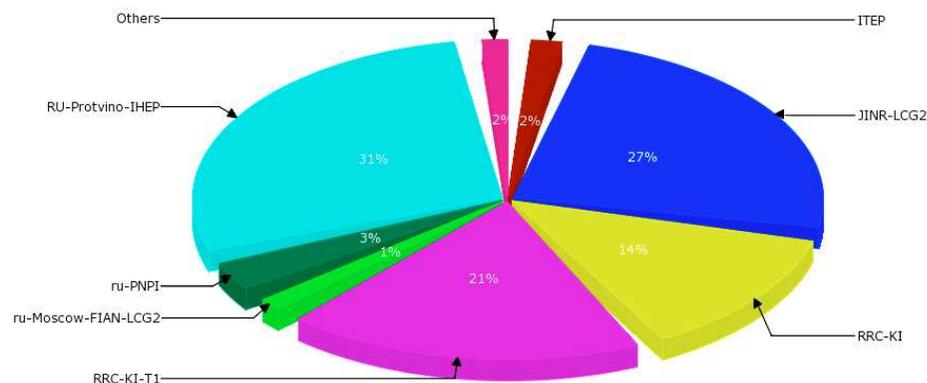


Компьютеры фирмы ICL - Великобритания – интегральная производительность 3М операций в секунду (1970)



Суммарная мощность вычислительного кластера ИФВЭ в 2013 году составила 2828 ядер ЦПУ с общей производительностью 24396 HEP-SPEC06. Суммарная емкость дисковой памяти - 1851 ТБ.

ВКЛАД ИФВЭ В РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ GRID (2013)

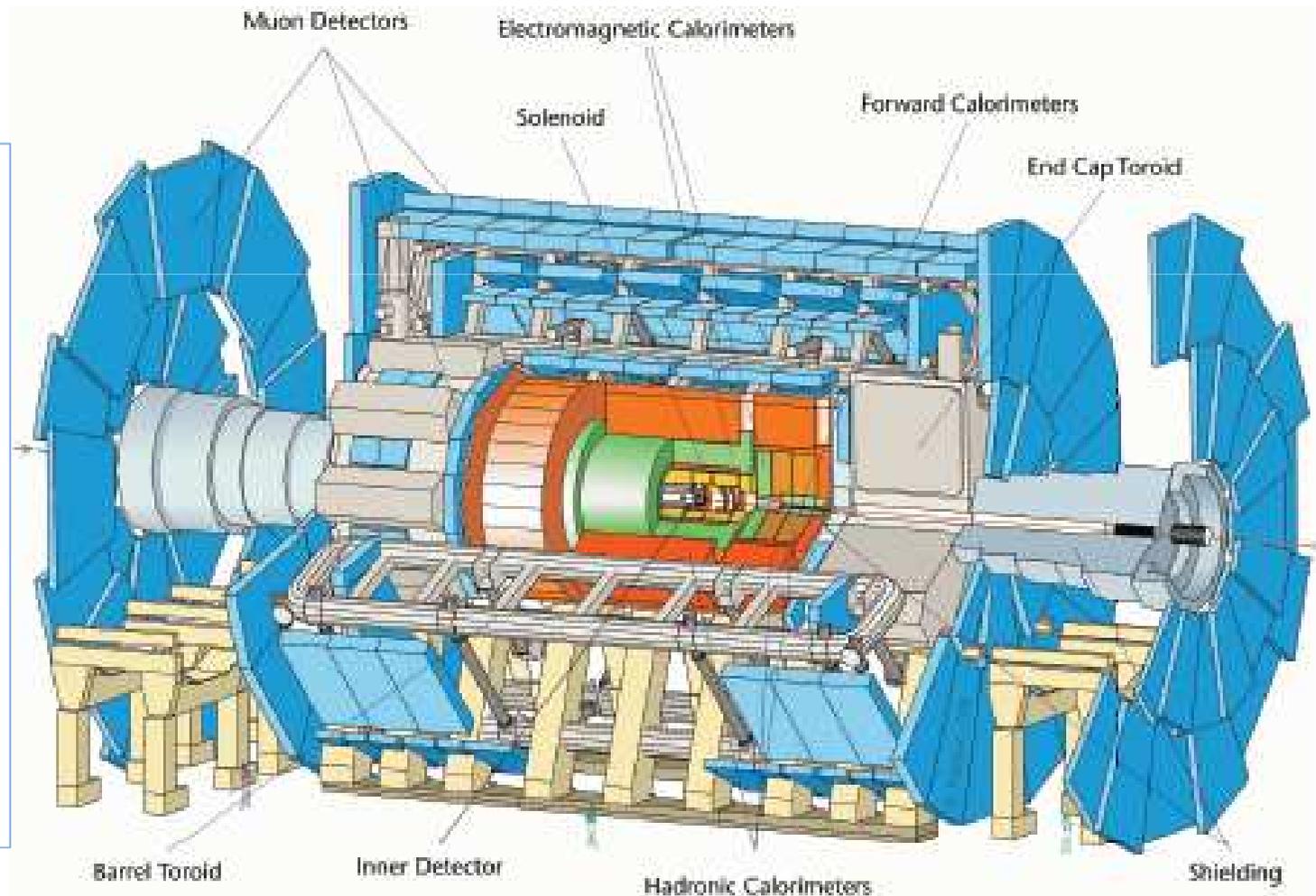


Установка ATLAS

Физика при сверхвысоких энергиях:
бозон Хиггса, Стандартная Модель, суперсимметрия, тяжелые кварки,
экзотика

ИФВЭ:

- парное рождение калибровочных бозонов
- распады тяжелых кварков
- экзотика (лептокварки)
- мягкие процессы

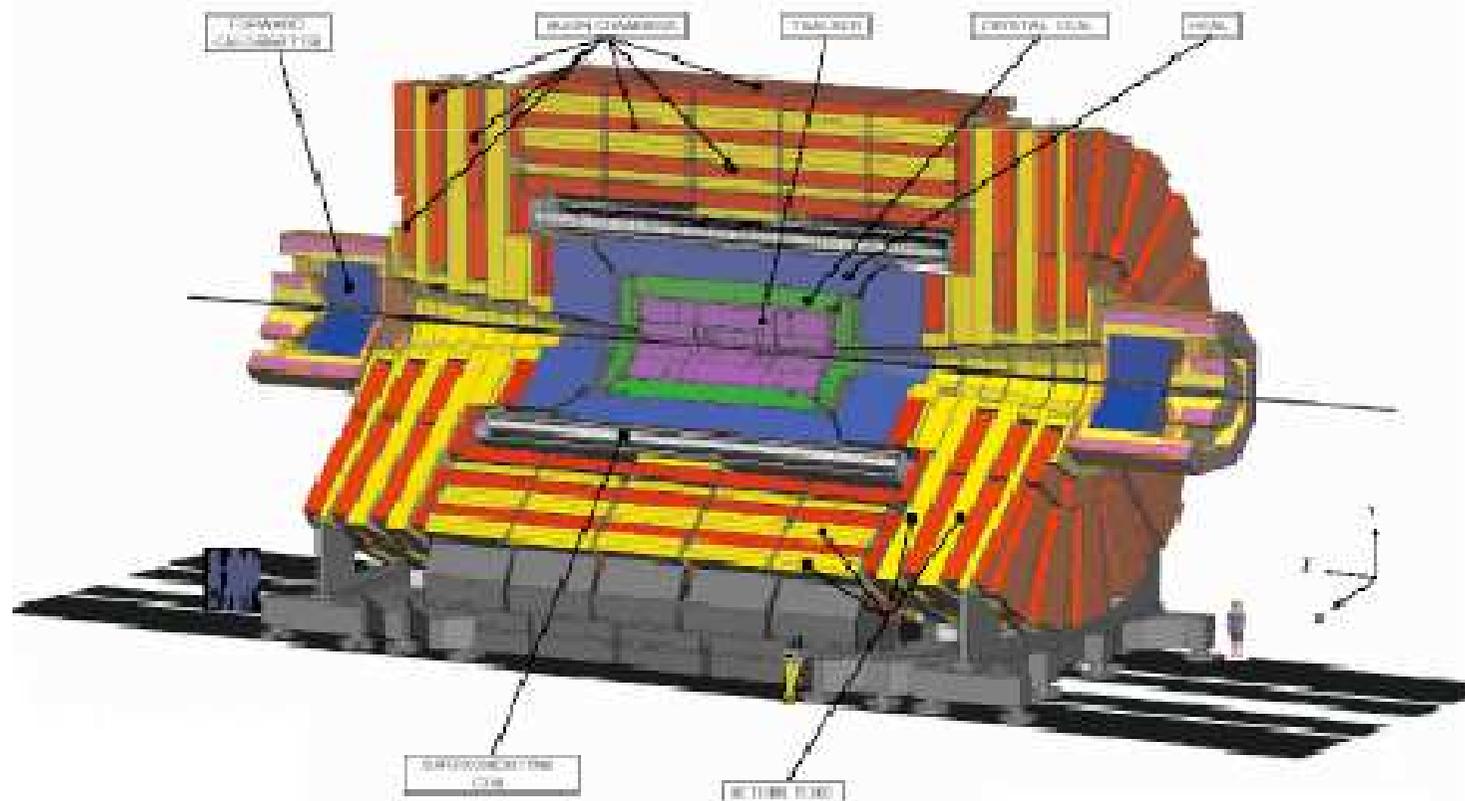


Установка CMS

Физика при сверхвысоких энергиях:
бозон Хиггса, Стандартная Модель, суперсимметрия, тяжелые кварки,
экзотика

ИФВЭ

- физика t -кварка
- дифракционные процессы
- расчеты рад. полей

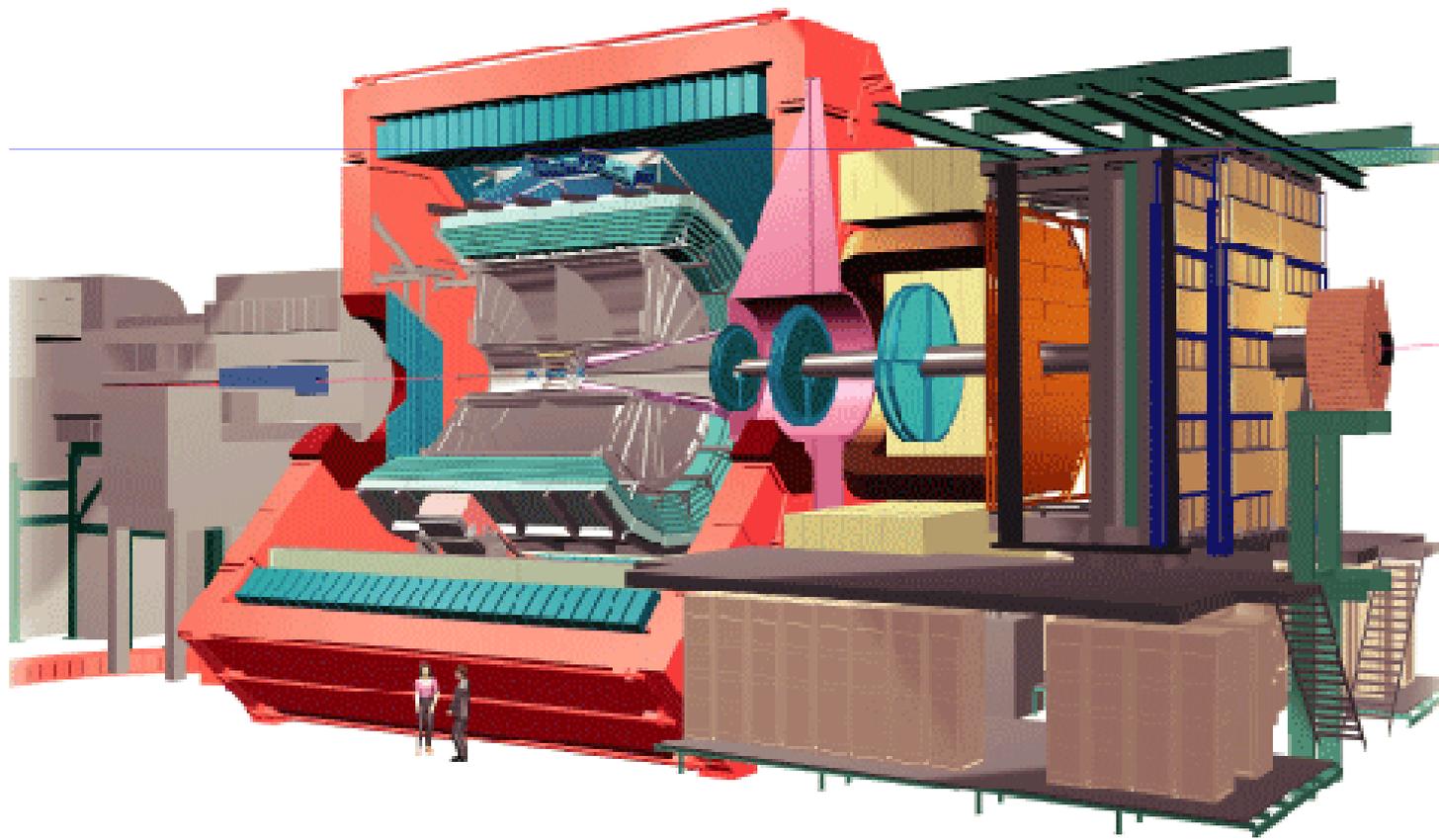


Установка ALICE

Взаимодействие ядер при сверхвысоких энергиях, кварк-глюонная плазма,

ИФВЭ

- спектры нейтральных адронов
- прямые фотоны

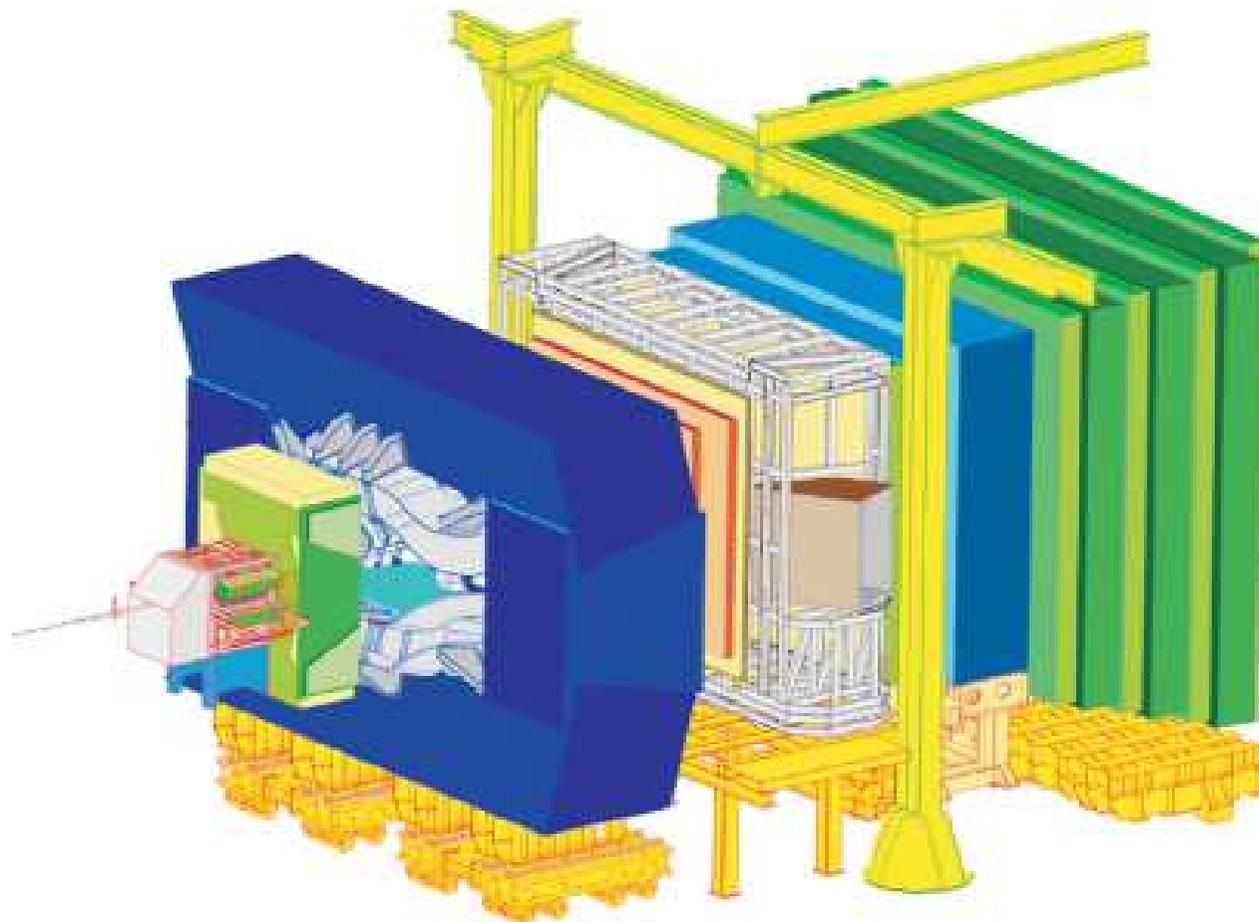


Установка ЛНСб

Распады тяжелых кварков,
нарушение CP-четности

ИФВЭ:

- спектроскопия адронов с тяжелыми кварками



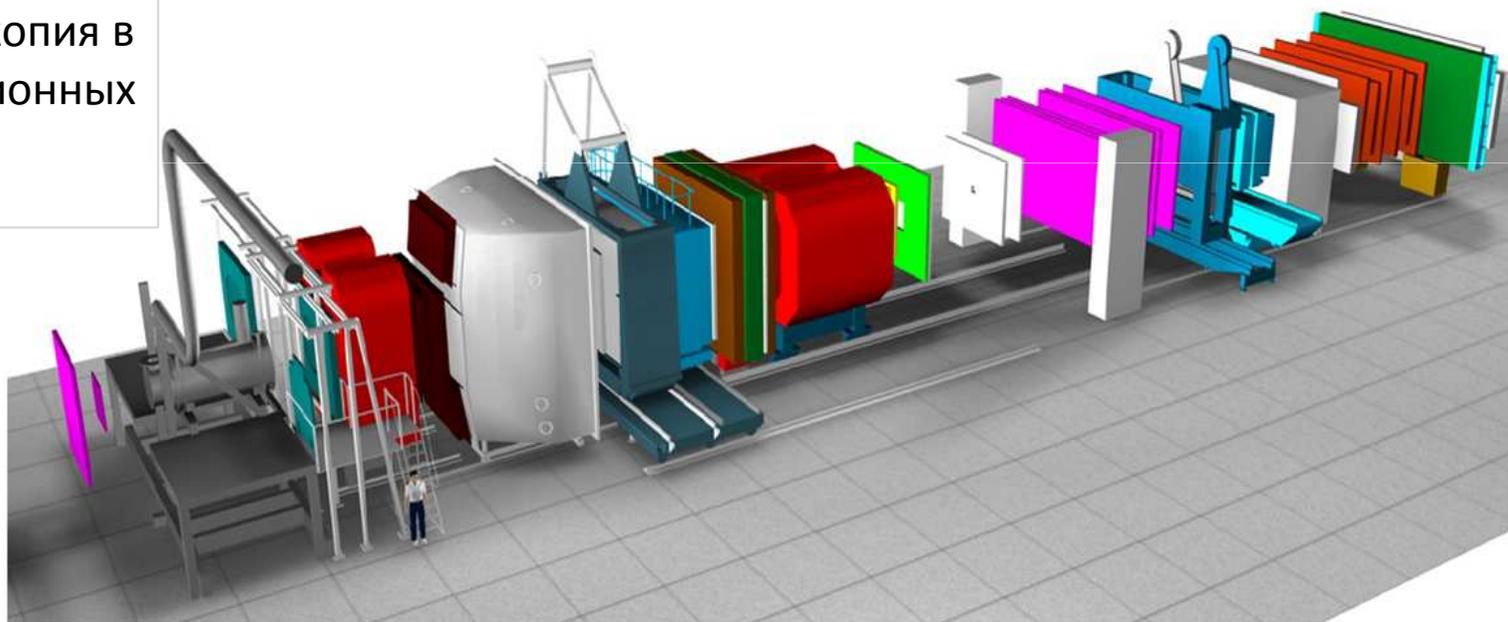
Установка COMPASS

SPS, ЦЕРН, Женева

Глубоко-неупругое рассеяние мюонов на нуклонах
Спектроскопия легких адронов

ИФВЭ:

- спектроскопия в дифракционных реакциях



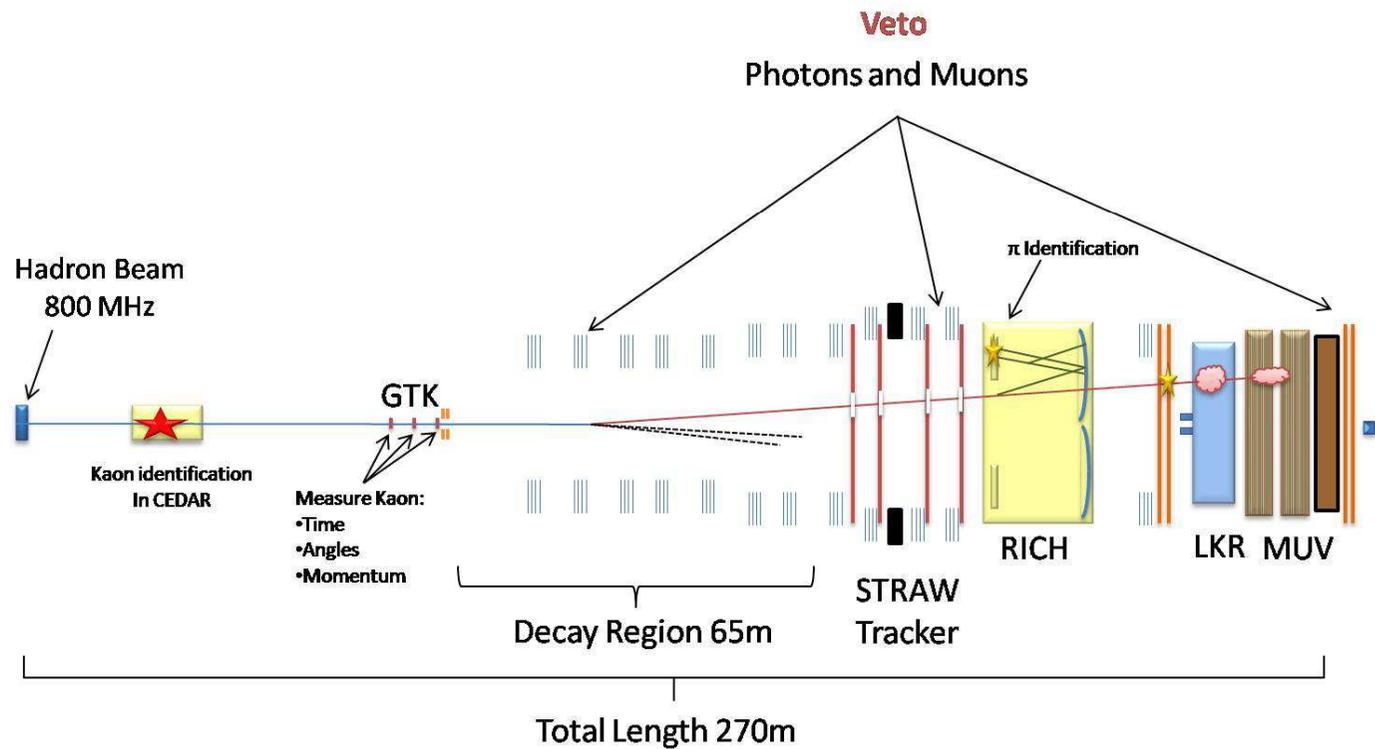
Установка NA-62

SPS, ЦЕРН, Женева

Измерение вероятности распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$

ИФВЭ:

- идентификация мюонов



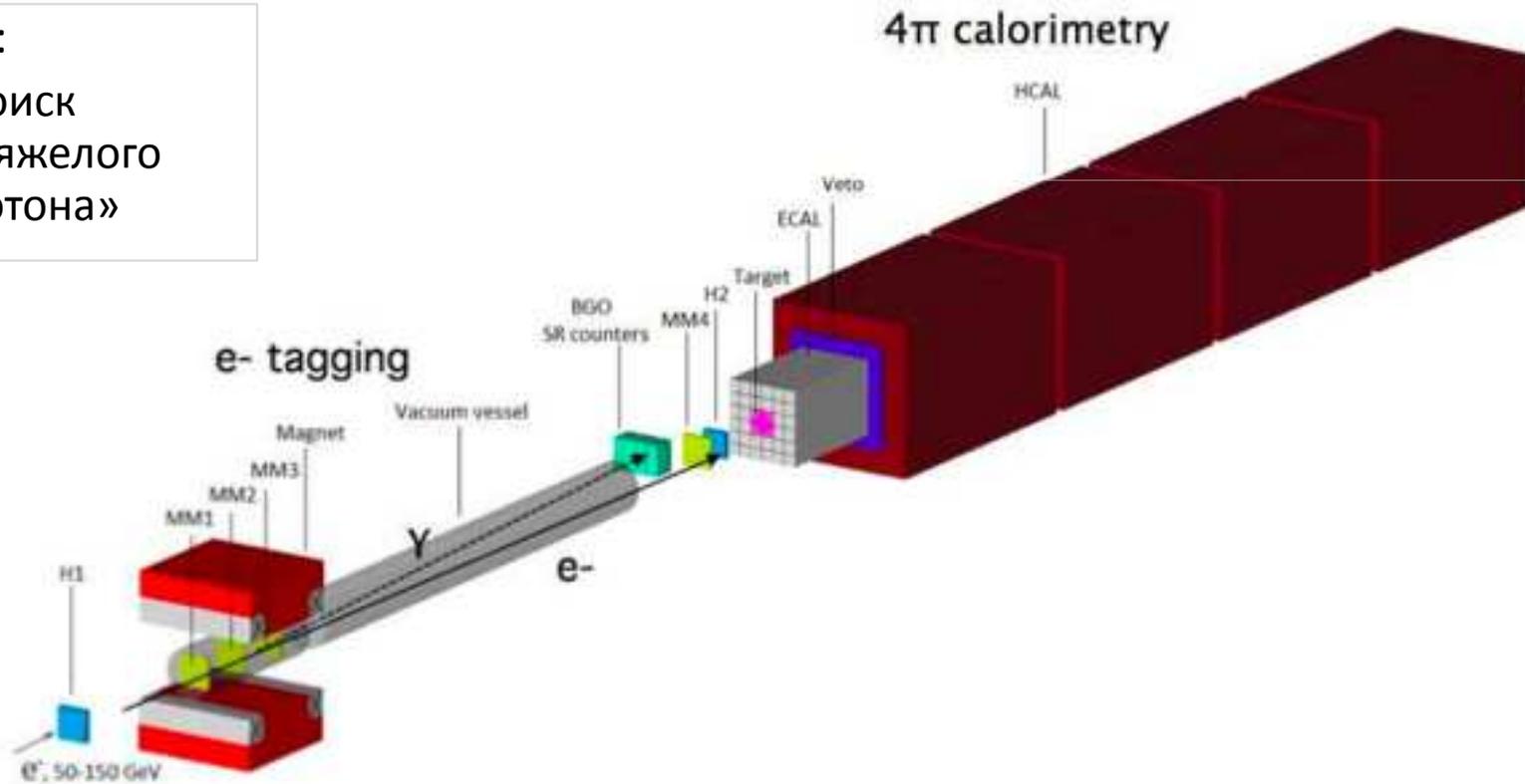
Установка NA-64

SPS, ЦЕРН, Женева

Поиск «тяжелого фотона»

ИФВЭ:

- поиск «тяжелого фотона»



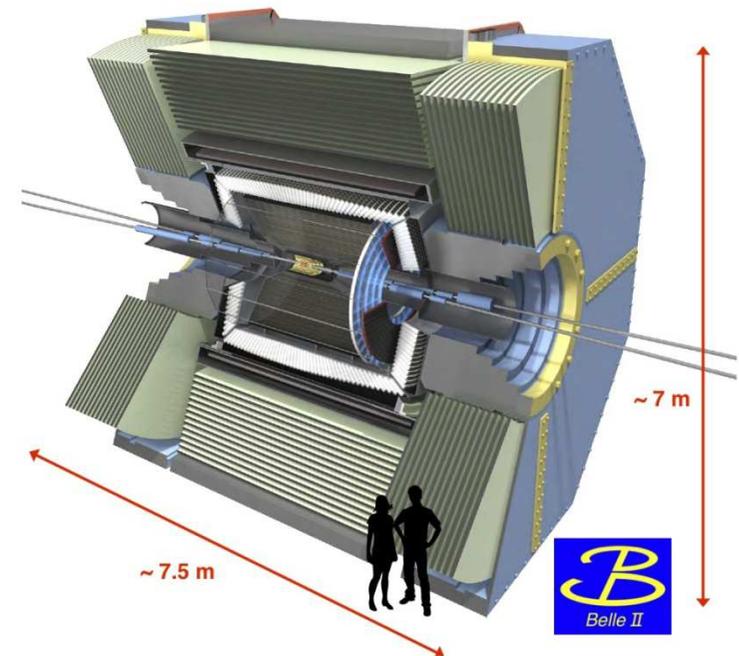
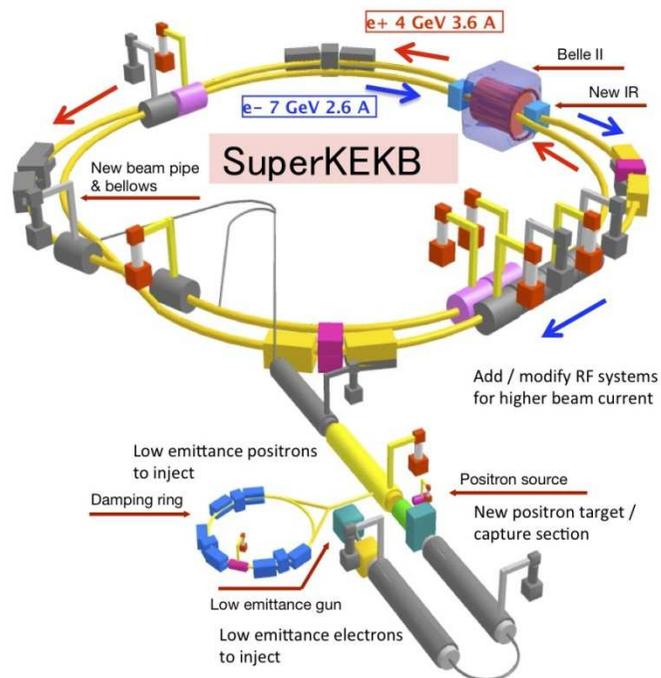
Установка BELLE II

КЕК, Цукуба, Япония

Исследование нарушения CP-четности

ИФВЭ:

- распады боттомониев
- масса и ширина τ -лептона



Прикладные работы

ПРОТОННАЯ РАДИОГРАФИЯ

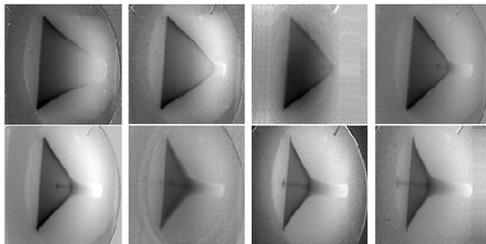
Протоны высоких энергий (50-70 ГэВ) обеспечивают:

- **огромную проникающую способность** (при оптической толщине 300 г/см^2 сквозь объект проходит $\sim 20\%$ протонов и 10^{-6} гамма-квантов),
- **возможность управлять потоками частиц, высокую контрастность изображения**

На пилотной установке на У-70 отработана многокадровая (до 17 кадров) съёмка динамических изображений с временем экспозиции 5 мкс. Разрешение 100 мкм

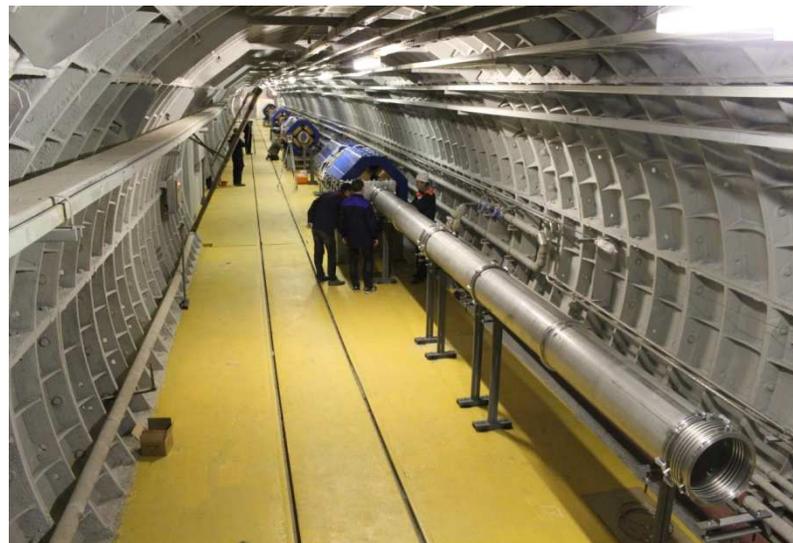


Пилотная установка для протонографии



Формирование кумулятивной струи (скорость струи 7.8 км/сек)

ПРОТОННЫЙ РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС



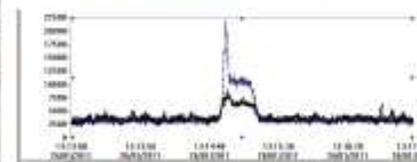
Монтаж магнитных линз и вакуумной системы канала транспортировки протонного пучка будущего комплекса (октябрь 2012 г.).



Магнитная линза – основной элемент формирования пучка протонов

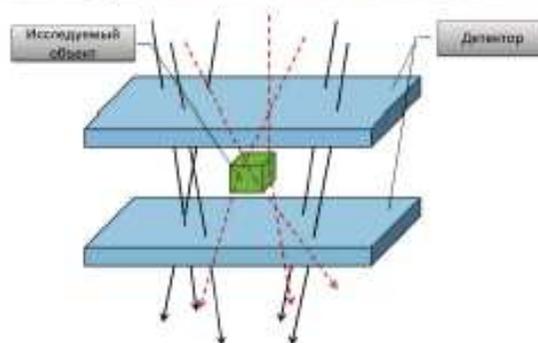
СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И АНТИТЕРРОРА

На базе накопленных знаний и технологий в области детекторов ядерных излучений разработаны и изготовлены опытно-промышленные образцы мюонных томографов, пешеходных и транспортных порталов.



Сигнал от источника радиации

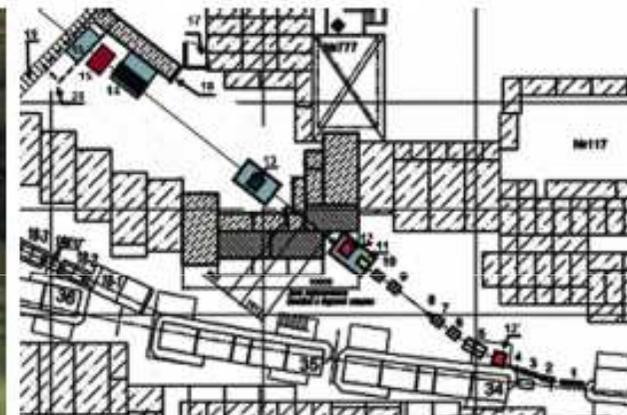
Мюонные томографы
для обнаружения перемещения
материалов и изделий высокой
плотности.



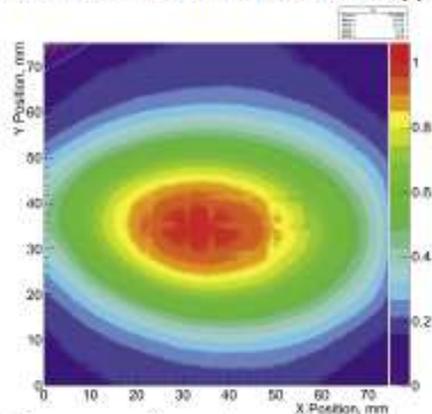
Пешеходный и транспортный порталы
для обнаружения перемещения радиоактивных
материалов. Порталы по способности обнаружения
источников излучения не уступают лучшим
зарубежным образцам.

РАДИОБИОЛОГИЯ И ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

Одно из направлений развития Ускорительного комплекса У-70 – создание углеродного лучевого комплекса для адронной терапии. В рамках ионной программы в 2012 г. создан канал, по которому осуществлен вывод пучка ионов углерода в зону радиобиологических исследований.



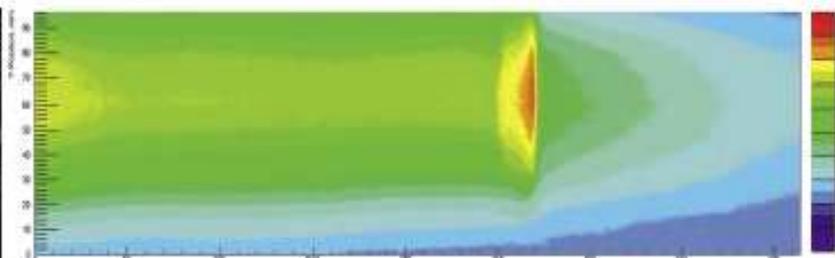
Головная часть канала №25 для транспортировки пучка ионов углерода на стенд радиобиологических исследований (2013 г.)



Поперечный профиль пучка ионов углерода на выходе из головной части канала №25



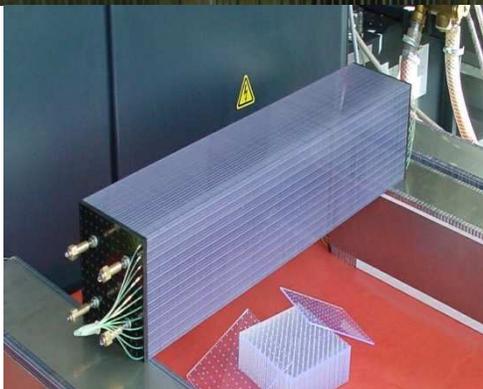
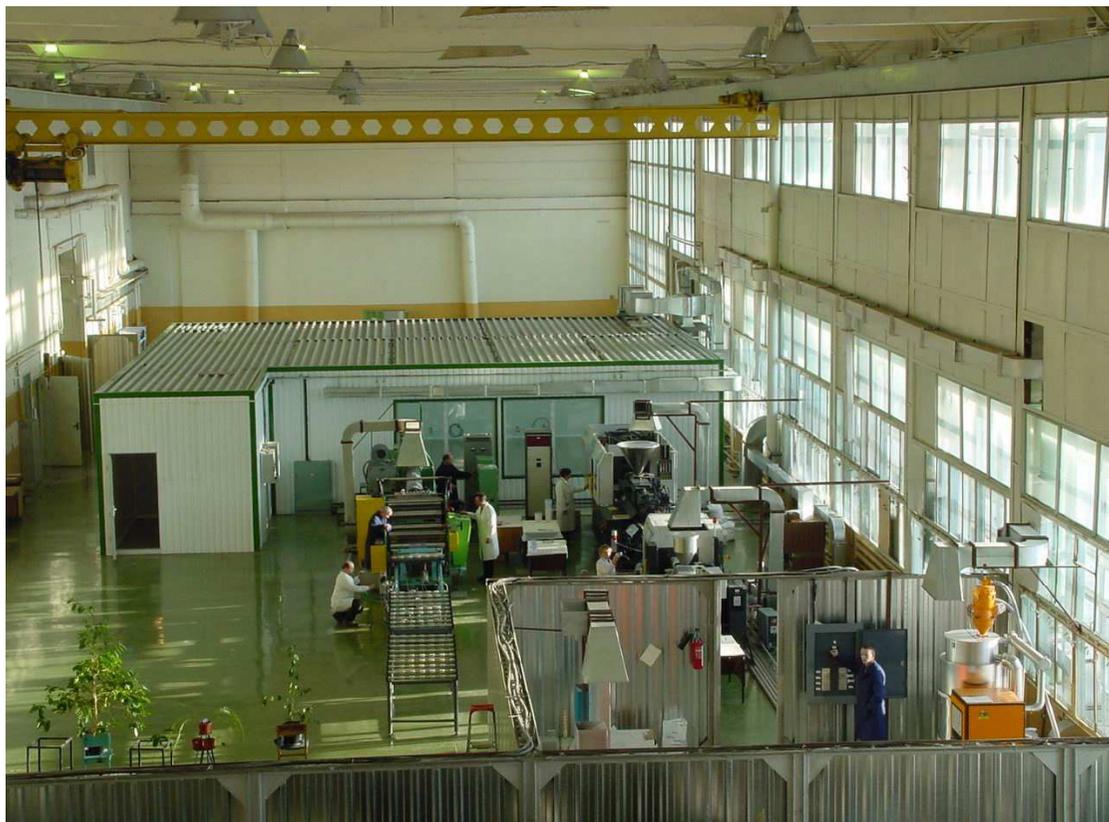
Подготовка образцов к облучению



Регистрация ионизационных потерь ионов углерода в водном фантоме с использованием радиочувствительной пленки.

Отчетливо видно увеличение ионизационных потерь перед остановкой (пик Брэгга).

Разработка и изготовление детекторов ионизирующих излучений



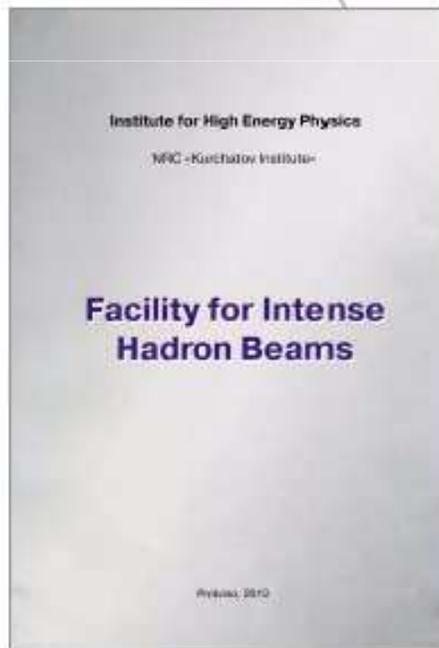
Ω Ω ОМЕГА: ПРОЕКТ КОМПЛЕКСА ИНТЕНСИВНЫХ АДРОННЫХ ПУЧКОВ

Предложение направлено на создание установки мирового класса с пучками мегаваттной мощности в диапазоне энергий от 100 МэВ до 70 ГэВ.

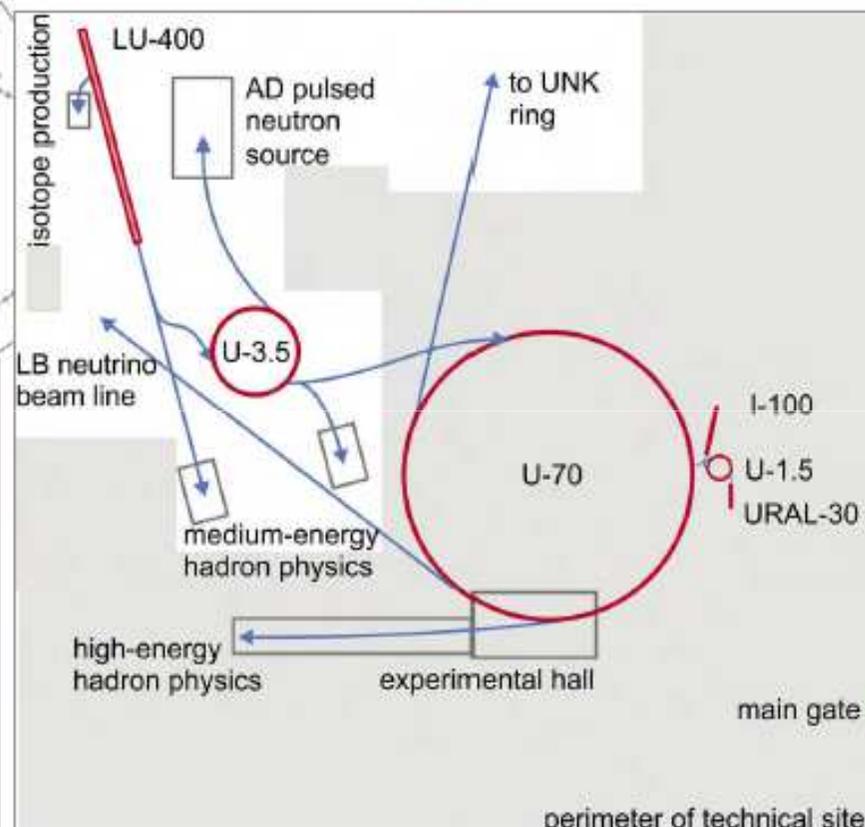
Установка предназначена для изучения фундаментальных свойств материи и исследования свойств веществ, материалов и изделий в нанометровом и субнанометровом диапазоне.



http://www.ihep.ru/ihep/news/IHEP-2-9-10_fn-c.PDF



Расширенное Iol
37 стр, июнь 2013



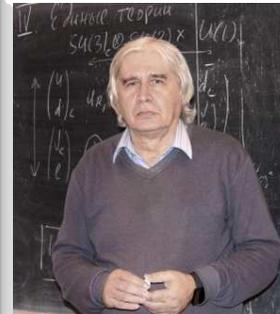
Кафедра ФВЭ ФОПФ МФТИ



А.М. Зайцев
д.ф.м.н., профессор,
заведующий кафедрой,
зам. дир. ИФВЭ по науке
Alexandre.Zaitsev@ihep.ru

Направления работ:

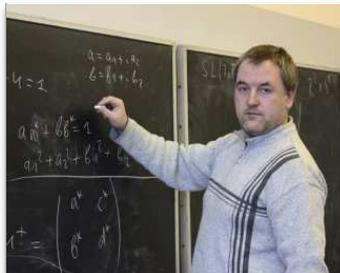
- Адронная спектроскопия (ВЕС, ИФВЭ)
- Сверхвысокие энергии (АТЛАС, ЦЕРН)



Ю.М. Зиновьев
д.ф.м.н., ГНС
Yurii.Zinoviev@ihep.ru

Направления работ:

- Квантовая теория поля
- Калибровочные теории с высшими спинами



В.В. Кабаченко
к.ф.м.н., НС,
vasily.kabachenko@ihep.ru

Направления работ:

- Составные модели элементарных частиц
- Адронная спектроскопия

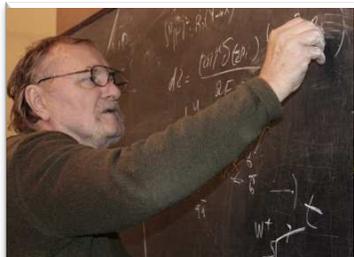


В.В. Киселев
д.ф.м.н., доцент
декан ФОПФ МФТИ,
val.kiselev@gmail.com

Направления работ:

- Физика тяжелых кварков
- Космология и гравитация

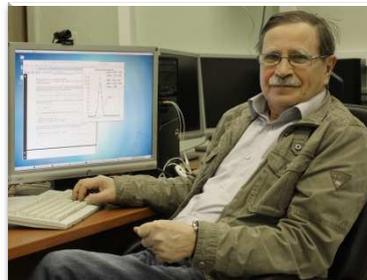
Кафедра (2)



А.К. Лиходед
д.ф.м.н., профессор, ГНС
Anatolii.Likhoded@ihep.ru

Направления работ:

- Физика тяжелых кварков
- Феноменология сильных взаимодействий



А.Г. Мягков
к.ф.м.н., нач. сектора
Alexey.Miagkov@ihep.ru

Направления работ:

- Исследование процессов с калибровочными бозонами (ATLAS)
- Поиски экзотических процессов (ATLAS)



В.И. Николаенко
к.ф.м.н., ВНС
Vladimir.Nikolaenko@ihep.ru

Направления работ:

- Исследование распадов адронов с тяжелыми кварками (ATLAS)
- Адронная спектроскопия (BES)



В.Е. Рочев
д.ф.м.н., профессор, ГНС
Vladimir.Rochev@ihep.ru

Направления работ:

- Квантовая теория поля
- Модели сильных взаимодействий

Кафедра (3)



С.Р. Слабоспицкий
д.ф.м.н., ВНС
Sergey.Slabospitsky@ihep.ru

Направления работ:

- Физика t -кварка (CMS)
- Феноменология сильных взаимодействий



О.В. Соловьянов
к.ф.м.н, рук. проекта «Сцинт.
Калориметр» ATLAS
oleg.solovyanov@cern.ch

Направления работ:

- Системы сбора данных в больших экспериментах (ATLAS)
- Методика калориметрии (ATLAS)



Ю.А. Хохлов
к.ф.м.н., доцент, нач. лаб.
зам. зав. кафедрой ФВЭ
Yury.Khokhlov@ihep.ru

Направления работ:

- Адронная спектроскопия (ВЕС, ИФВЭ;
СJMPASS, ЦЕРН)



П.Н. Чирков
к.ф.м.н., ВНС
Petr.Chirkov@ihep.ru

Направления работ:

- Динамика пучков в ускорителях
- Взаимодействие заряженных частиц с кристаллами

Программа обучения

- Четыре цикла:
 - Экспериментальные методы
 - Феноменология
 - Теория
 - НИР

Второй курс, 4 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
В.И. Николаенко Программные средства физики высоких энергий	Г.А. Шелков. Современные эксперименты в ФВЭ	В.В. Киселев. Нерелятивистская механика частиц и полей: векторный анализ и симметрии

3 курс, 5 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
М.Н.Уханов/А.Жемчугов. Приборы и методика эксперимента в ФВЭ: лабораторный практикум	А.М.Зайцев. Введение в физику высоких энергий	В.В.Киселев Группа Пуанкаре и релятивистские поля

3 курс, 6 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
Ю.А.Хохлов. Основы экспериментальных методов физики высоких энергий.		А.В.Гладышев. Современные фундаментальные физические теории
М.Н.Уханов/А.Жемчугов. Приборы и методика эксперимента в ФВЭ: лабораторный практикум		

4 курс, 7 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
А.Г. Мягков. Статистические методы обработки данных	А.М. Зайцев. Феноменология в ФВЭ	А.К. Лиходед. Электрослабые взаимодействия
	С.Р. Слабоспицкий Сильные взаимодействия	В.В.Кабаченко. Группы Ли
	Факультативно. Литературный семинар	

4 курс, 8 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
П.Н.Чирков. Физика пучков заряженных частиц	А.М. Зайцев. Феноменология в ФВЭ	А.К. Лиходед. Электрослабые взаимодействия
	С.Р.Слабоспицкий Сильные взаимодействия	В.В.Кабаченко. Группы Ли
	Факультативно. Литературный семинар	

Магистратура

1 семестр

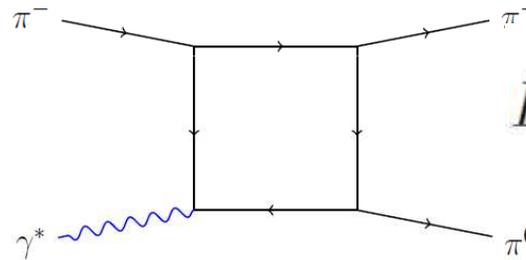
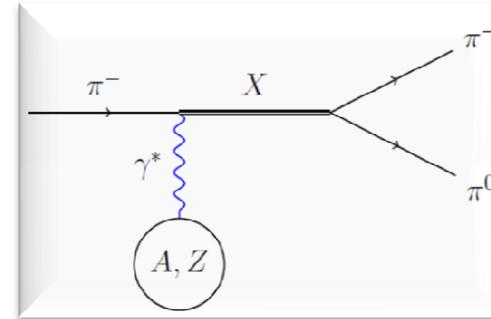
Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
	Литературный семинар (вед. – А.М.Зайцев)	А.К. Лиходед. Стандартная модель
		В.В. Кабаченко. Теория представлений
		Ю.М. Зиновьев. Физика за пределами СМ

2 семестр

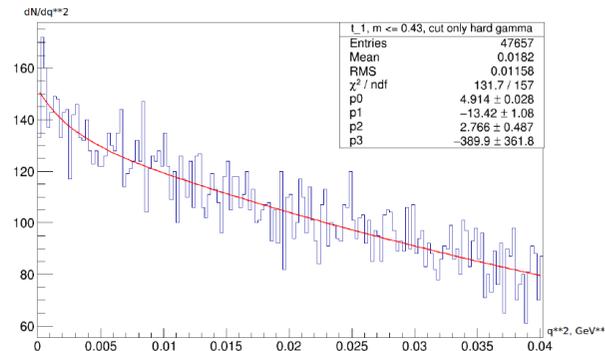
Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
О.В.Соловьянов. Системы сбора данных в физике высоких энергий	Литературный семинар (вед. – А.М.Зайцев)	А.К. Лиходед. Квантовая хромодинамика
		В.Е.Рочев. Непертурбативные проблемы физики частиц

Пример бакалаврской работы

Оценка
возможности
установки ВЕС по
исследованию
Примаковского
образования двух-
пионной системы в
нерезонансной
области



$$F_{3\pi\gamma} = \frac{e}{12\pi^2} \frac{N_c}{F_\pi^3}$$



Примеры магистерских работ

- «Парциально-волновой анализ системы $\pi^-\pi^0$ в области масс 1.2 ГэВ»
- «Поиск далекодействующих радиально-несимметричных корреляций между струями и заряженными частицами»

Примеры кандидатских диссертаций

- *"Фазовые переходы под влиянием внешних условий в низкоразмерных моделях теории поля"*
- *"Рождение P-волновых кваркониев в адронных взаимодействиях"*
- *«Система калибровки и мониторинга сцинтилляционного адронного калориметра установки ATLAS радиоактивными источниками»*
- *"Прецизионное измерение массы топ-кварка в эксперименте D0"*

Примеры докторских диссертаций

- *«Квантовые симметрии фундаментальных физических процессов»*
- *"Исследование двух-, трех- и четырехмезонных систем, образующихся в зарядовообменных $p\bar{p}$ -взаимодействиях"*
- *"Исследование образования адронов в e^+e^- -взаимодействиях в экспериментах DELPHI и Belle, прецизионное измерение массы и времени жизни τ -лептона в эксперименте Belle"*
- *"Исследования на поляризованном протонном пучке ИФВЭ и феноменология поляризационных явлений"*



А нам это надо?

ДА!!!!!!!!!!

О пользе «бесполезных знаний»

Человек ≠ животное

Главная беда для большинства из нас состоит не в том, что мы ставим слишком высокие цели, которые остаются недостижимыми, а в том, что мы ставим слишком низкие цели и достигаем их.

Микеланджело