

# Отделение физики высоких энергий

Международное сотрудничество  
(история развития)

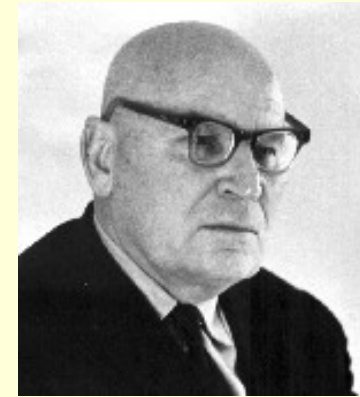
А.А.Воробьев

Ученый Совет ПИЯФ 28 декабря 2016 года  
45 лет ПИЯФ

# Мы из ФизТеха



**Физико Технический институт  
Колыбель отечественной физики**



**А. П. Комар**  
Директор ФТИ  
1950-1957



**Б.П.Константинов**  
Директор ФТИ  
1957-1967

**Ленинградский Политехнический Институт**  
**Физико-механический факультет**  
**Кафедра ядерной физики**  
**Основная кузница кадров для ФТИ**



**В 1950 –ые физмех выпускал ежегодно около 40 специалистов по специальности ядерная физика**

**Конкурс на вступительных экзаменах превышал 10 человек на одно место**

**Выпускники физмеха обеспечили быстрый рост ФТИ, а затем ПИЯФ**



# Эпоха послевоенного подъема

## Высокий престиж научных исследований



1 мая 1959 года

А.П.Комар

Первая в мире водородная бомба 1953  
Первая в мире атомная станция 1954  
Первый в мире спутник 1957  
Первый в мире реактивный пассажирский самолет 1957  
Первый в мире атомный ледокол 1959  
Первый в мире космонавт 1961  
.....А также в области балета  
мы впереди планеты всей.....



Б.П.Константинов

Синхроциклотрон 600 МэВ  
Дубна 1954

Синхроциклотрон 1000 МэВ  
ФизТех проект 1957 г



## 20-ый съезд КПСС Февраль 1956





## Венгерские События

Октябрь-ноябрь 1956 г.

Из Письма ЦК КПСС 19 декабря 1956 года

, «...**зорко стоять** на страже интересов нашего социалистического государства, быть бдительными к проискам враждебных элементов и, в соответствии с законами Советской власти, **своевременно пресекать** преступные действия».

В ФТИ тоже начали  
“ зорко стоять..... и своевременно пресекать”



В ФТИ тоже начали  
“ зорко стоять..... и своевременно пресекать”

Список невыездных

В ФТИ тоже начали  
“ зорко стоять..... и своевременно пресекать”

Список невыездных

Отсутствие секретов  
это тоже секрет

# Всемирный фестиваль молодёжи и студентов.



Москва 30 Июля 1957



# К Нильсу Бору с бутылкой водки



Л.А. Слив

**Первый визит  
1961**



Niels Bohr





## Делегация филиала ФТИ в Копенгагене

1966

О.И.Сумбаев  
Г.А. Петров  
А.А.Воробьев





Aage Niels Bohr  
Ben R.Mottelson

Директор института 1962-1970  
Рук. Теор. отдела



Aage Niels Bohr  
Ben R. Mottelson

Директор института 1962-1970  
Рук. Теор. отдела

Ole Bent Nielsen  
Maria Luisa Andersen



Aage Niels Bohr  
Ben R. Mottelson

Директор института 1962-1970  
Рук. Теор. отдела

Ole Bent Nielsen  
Maria Luisa Andersen

Первый совместный эксперимент в Гатчине

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR  
A.F.IOFFE PHYSICO-TECHNICAL INSTITUTE

---

247

V.A.Korolev and A.A.Vorob'ev  
(A.F.Ioffe Physico-Technical Institute, Leningrad, USSR)

and

**M.L.Andersen and O.B.Nielsen**

(The Niels Bohr Institute , Copenhagen, Denmark)

OBSERVATION OF UNATTENUATED  $\alpha$ - $\gamma$  ANGULAR  
CORRELATION IN  $^{224}\text{Ra}$   $\alpha$ -DECAY

Leningrad

1970

# Ole Bent Nielsen

один из основных авторов проекта ISOLDE

On-line масс сепаратор для получения и исследования короткоживущих ядер на синхроциклотроне ЦЕРН

запуск 1967

Ole Bent Nielsen

один из основных авторов проекта ISOLDE

On-line масс сепаратор для получения и исследования короткоживущих ядер на синхроциклотроне ЦЕРН

запуск 1967

“Вам нужно обязательно поехать в ЦЕРН”

1949 предложение де Бройля

1952 **Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire CERN**

1953 Референдум в Швейцарии



Англия  
Бельгия  
Греция  
Дания  
Италия  
Норвегия  
Нидерланды  
ФРГ  
Франция  
Швеция  
Швейцария  
Югославия

Окончательное учреждение CERN 29 сент 1954 г





*Bernard Gregory*  
Директор ЦЕРН  
1966-1971

**Первый визит в ЦЕРН** Ноябрь 1967 г.

О.В.Nielsen

А.А.Воробьев



*Bernard Gregory*  
Директор ЦЕРН  
1966-1971

## **Соглашение о сотрудничестве между Церн и ФТИ**

ЦЕРН оплачивает пребывание наших сотрудников 1 чел-год

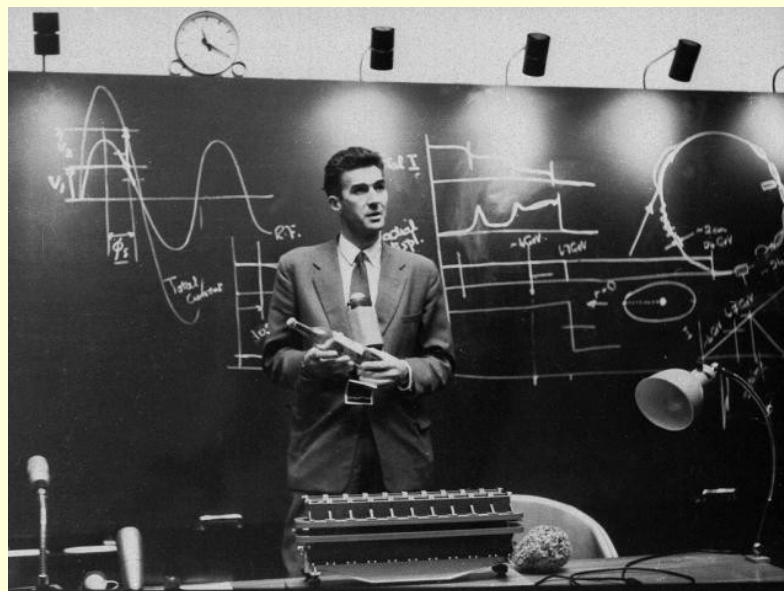
Это Соглашение действовало с 1968 г. вплоть до 1987.

# Ускорители ЦЕРН



Протонный синхроциклотрон  
на энергию 600 МэВ  
запуск 11 мая 1957г.

John Adams  
объявляет о запуске  
Протонного сихротрона  
на энергию 24 ГэВ  
24 ноября 1959 г.





# Решение о сооружении в ЦЕРН протонного ускорителя SPS на энергию 400 ГэВ

10 февраля 1971 г

План запуска 1976



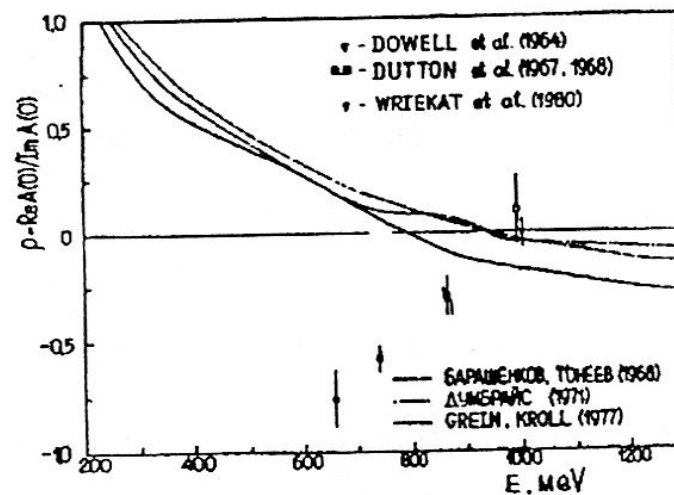
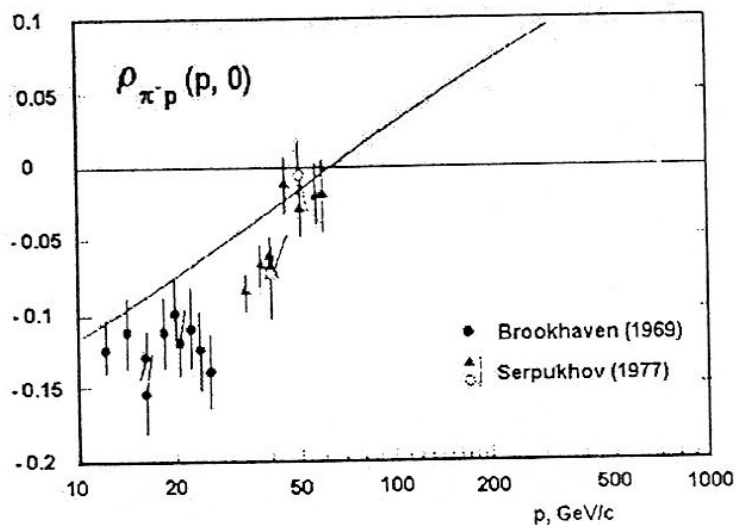
тоннель 7 км

# Нарушение принципа причинности ???



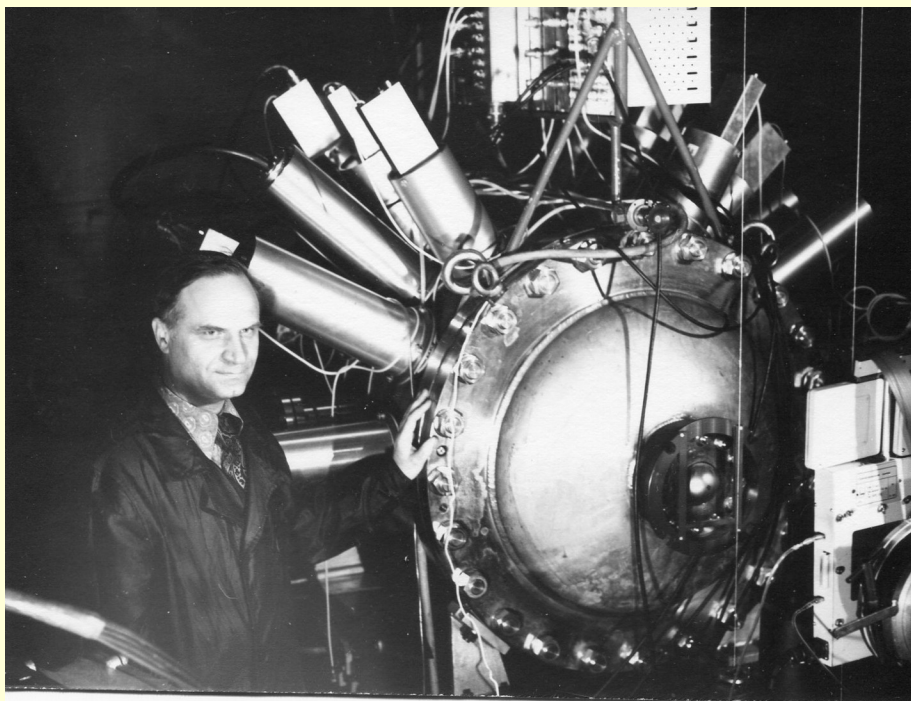
Л.И.Лapidус Зимняя школа ПИЯФ

Проблемы в  $pp$  и  $p\pi$ - рассеянии.  
Серьезные отклонения от расчетов  
с дисперсионными  
соотношениями.

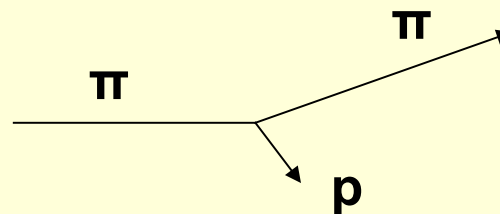


# Рождение ИКАРа (1972)

Ионизационная Камера Адронного Рассеяния (ИКАР)



Активная водородная мишень – детектор ядер отдачи



А.А.Воробьев, Ю.С.Григорьев, А.С.Денисов, Ю.К.Залите, Г.А.Королев, В.А.Королев, Е.М.Маев,  
В.И.Медведев, Г.Л.Соколов, Г.Е.Солякин, Э.М.Спириденков, И.И.Ткач, В.А.Щегельский.



# Подготовка эксперимента в ЦЕРН 1972 - 1976

В 1976 году в ЦЕРН должен был вступить в строй ускоритель протонов SPS на энергию 400 ГэВ

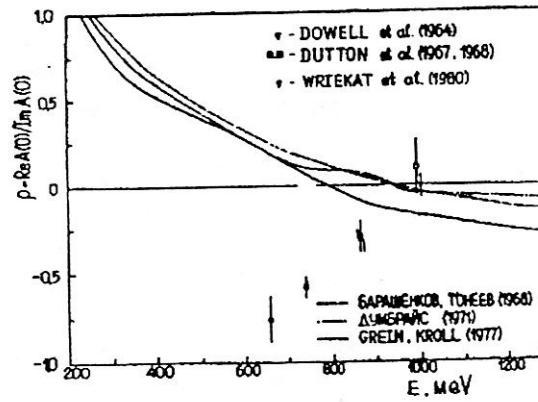
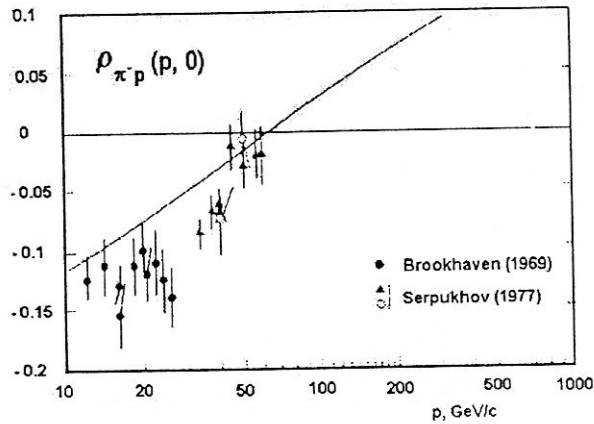
**ПИЯФ- UPPSALA- LYON-Clermont\_Ferrand**



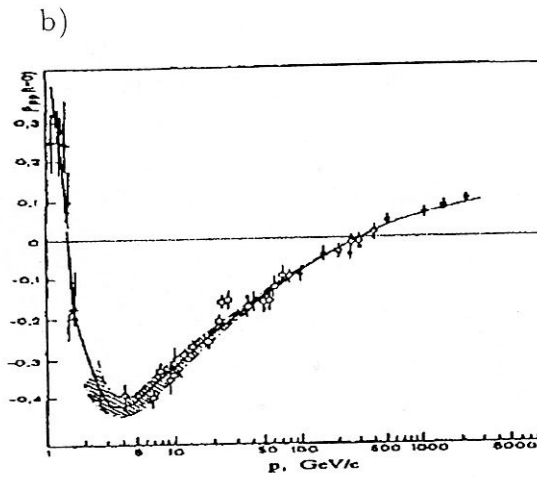
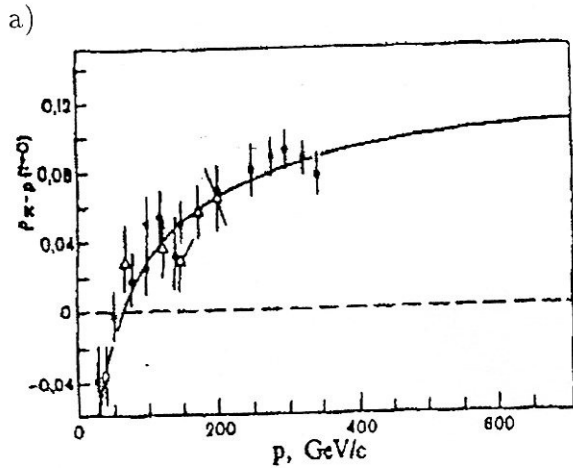
ПИЯФ → Серпухов → ЦЕРН

# Эксперименты WA9/NA8

С причинностью все в порядке



Так было



Так стало

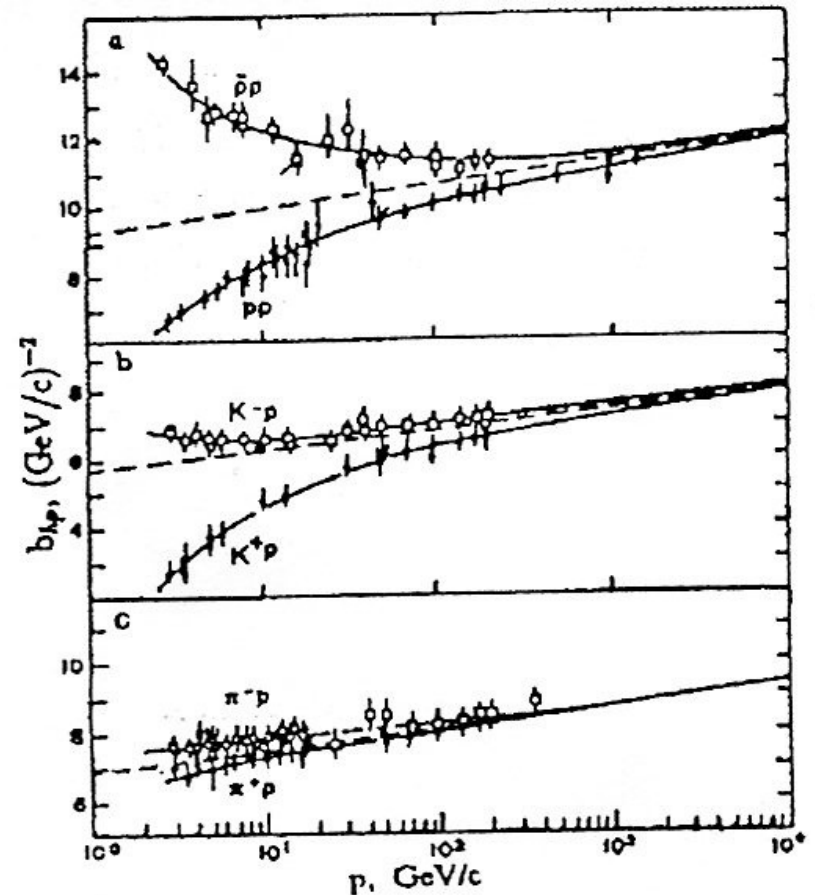
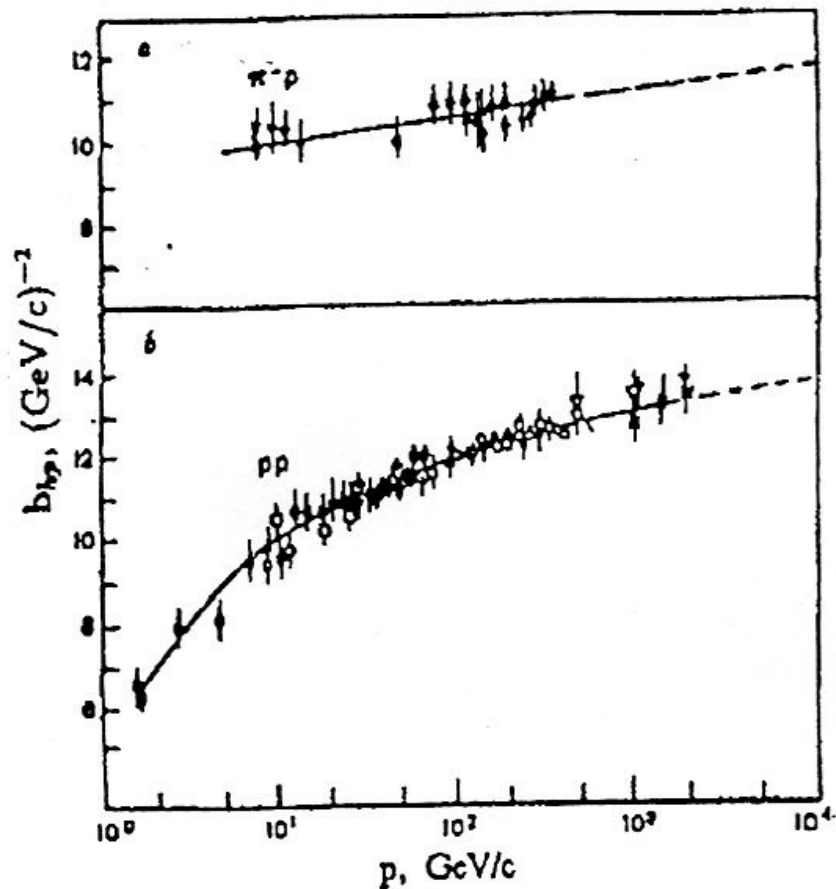
c)

d)



# Эксперименты WA9/NA8

Установлено универсальное сужение дифракционного конуса с ростом энергии



# Успешное завершение WA9/NA8



На праздновании 25 -летия ЦЕРН (1979)  
результаты экспериментов WA9 и NA8  
были отмечены в числе  
высших достижений ЦЕРН

Гос.премия СССР А.А.Воробьев

**Nuclear Physics B217 (1983) 285-335**

А.А.Воробьев, А.С.Денисов, А.П.Кащук,  
Г.А.Королев, А.В.Куликов, Э.М. Спириденков,  
И.И.Ткач, В.А.Щегельский

# ИКАР в GSI (Дармштадт) 1997-2012

Г.Д.Алхазов, А.А.Воробьев, А.В.Добровольский,  
Г.А.Королев, А.В.Ханзадеев

Исследованные ядра

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

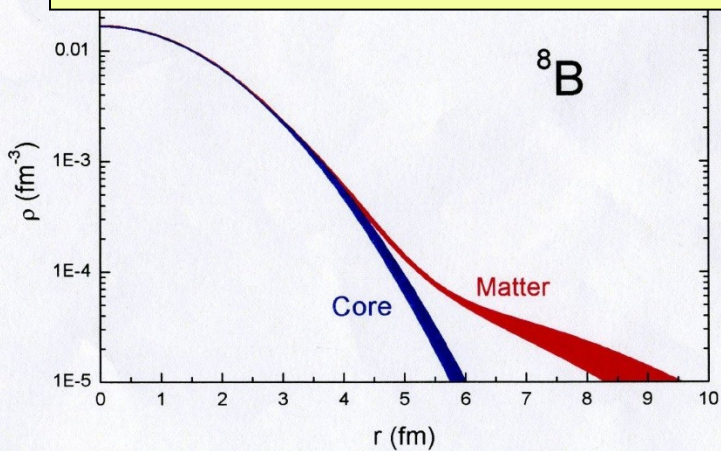
$^6\text{Li}$ ,  $^8\text{Li}$ ,  $^9\text{Li}$ ,  $^{11}\text{Li}$

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

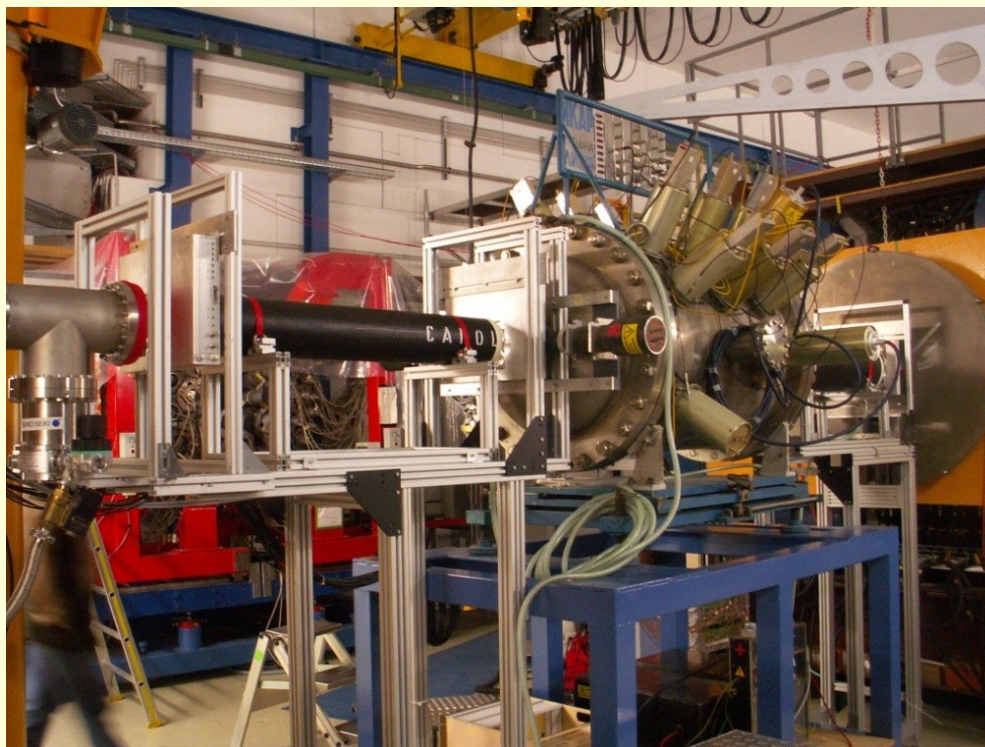
$^{14}\text{Be}$

$^8\text{B}$

$^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{15}\text{C}$ ,  $^{17}\text{C}$ .



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



Детектор ИКАР на пучке экзотических ядер в GSI



# Исследования на Швейцарской мезонной фабрике с 1988 года

А.А.Воробьев, Г.Г.Семенчук, Е.М. Маев, А.А.Васильев,  
В.А.Андреев, М.Е.Взнуздаев, В.А.Ганжа, П.А.Кравцов, П.В.Кравченко,  
А.Г.Крившич, М.П.Левченко, О.Е.Маев, А.В.Надточий, Г.Е.Петров,  
М.А.Сорока, Г.Н.Шапкин,

Paul Scherrer Institute PSI



Мюонный катализ  $dd$  и  $dt$   
синтеза

Мюонный захват :  
протоном. дейтроном. ядром  $He3$

Энергия протонов 600 МэВ

Ток 3 мА

Лучший в мире мюонный канал



# Франция

## Ядерный Исследовательский Центр Saclay

1974 - 1998

**15 совместных экспериментов**

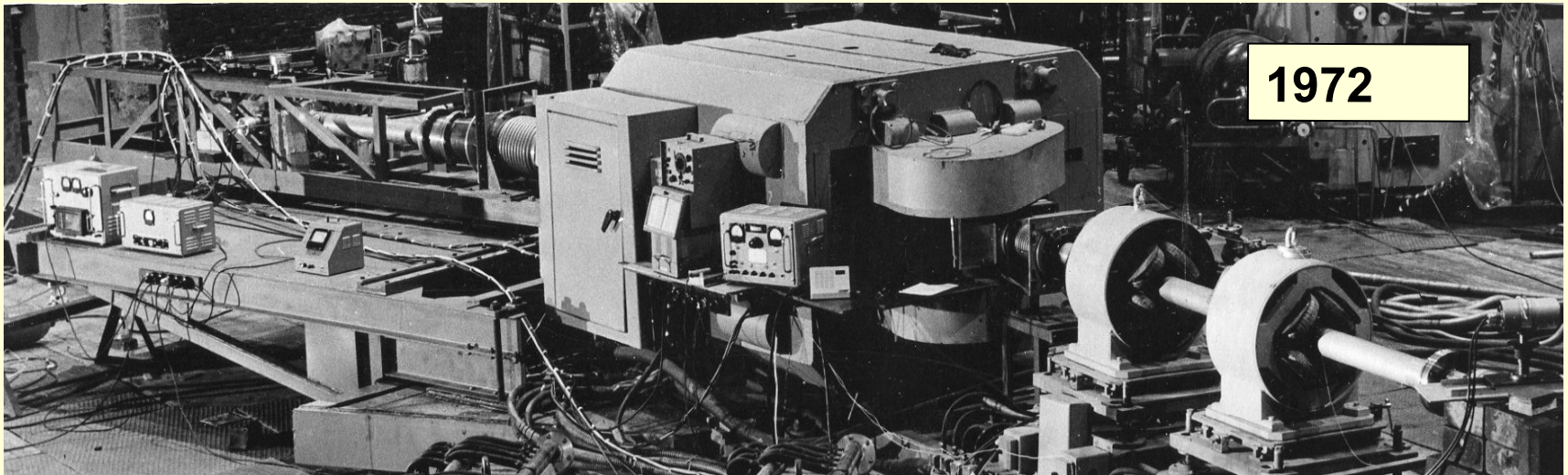


Saclay Nuclear Research Centre.



# Упругое рассеяние протонов с энергией 1000 МэВ

оказалось оптимальным методом изучения  
пространственного распределения нуклонов в ядрах



Спектрометр высокого разрешения МАП на СЦ ПИЯФ

1973 Встреча с J.Thirion

1974 Первый совместный эксперимент

L'accord Franco Soviétique entre les Ministeres des Etranger

# Исследование упругого рассеяния протонов на ядрах 1974 – 1998

1974-1975

Исследования в Saclay

1976-1977

Исследования в ПИЯФ

1978-1998

Исследования в Saclay

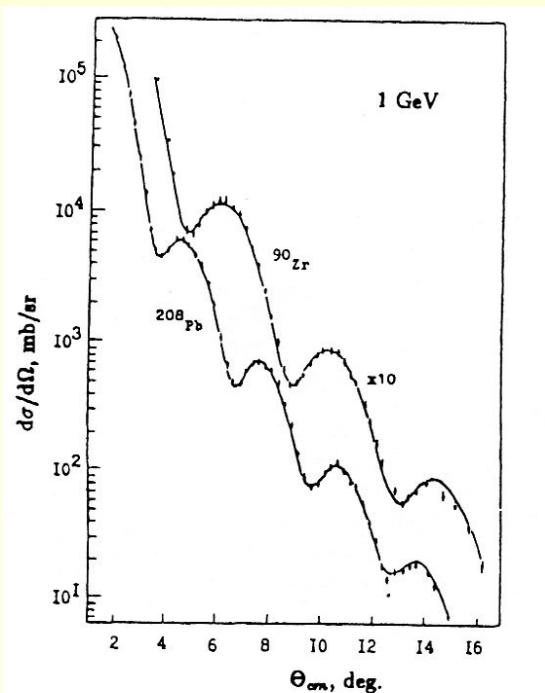


Физики из SACLAY  
в Гатчине (1976)

# Исследование упругого рассеяния протонов на ядрах 1974 – 1998

**ПИЯФ (1971-1977)**

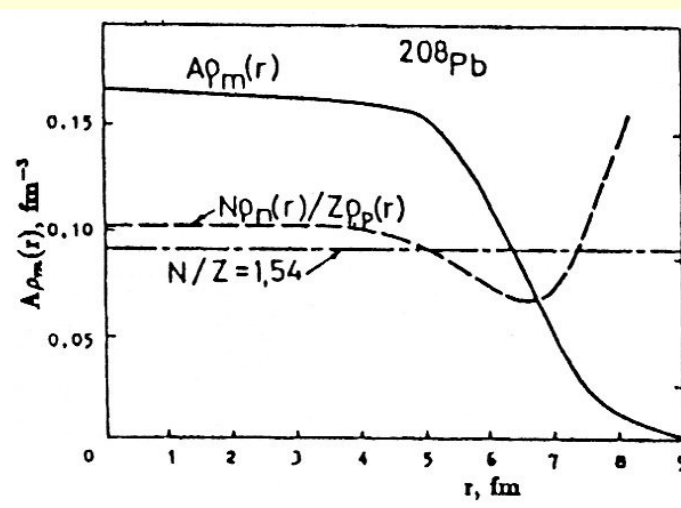
**$^3\text{He}$ ,  $^9\text{Be}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12,13}\text{C}$ ,  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{32,34}\text{S}$ ,  
 $^{39}\text{K}$ ,  $^{40,48}\text{Ca}$ ,  $^{90}\text{Zr}$ ,  $^{208}\text{Pb}$**



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

**Saclay (1974, 1978-1998)**

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



Пространственное распределение  
нуклонов в ядре  $^{208}\text{Pb}$

**Г.Д.Алхазов, С.Л.Белостоцкий,  
А.А.Воробьев**  
Physics Reports 42,#2 (1978) 89-144 6



# THE 20 YEARS OF THE SYNCHROTRON SATURNE-2

**STUDY OF NUCLEAR MATTER DISTRIBUTION WITH 1 GeV PROTONS.**

**SACLAY - GATCHINA COLLABORATION**

**A.A.VOROBYOV**

**Petersburg Nuclear Physics Institute,**

**15 совместных экспериментов**

A photograph of the Paris Petit Palais building, a grand neoclassical structure with a large dome and ornate facade. The building is partially obscured by green trees in the foreground. A white text box is overlaid on the left side of the image.

Paris Petit Palais  
4 May 1998

# США

Национальная Лаборатория им.Э.Ферми

FNAL



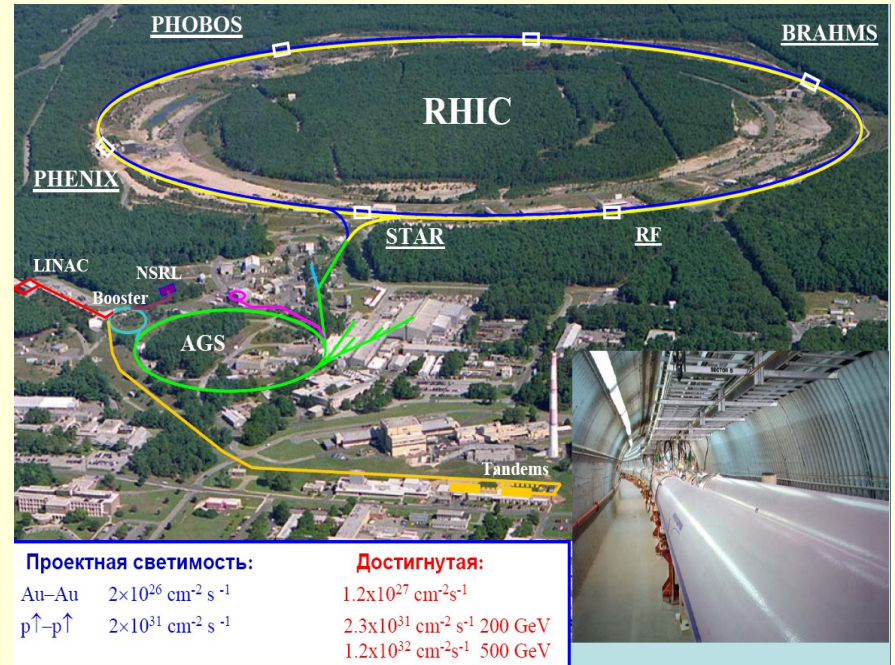
Протон-протон коллайдер  
**TEVATRON**

800 ГэВ

Первый сверхпроводящий ускоритель  
1983 г.

Брукхэвенская Национальная Лаборатория

BNL



Релятивистский коллайдер тяжелых ядер

**RHIC**

2000 г.



# FNAL Эксперимент E715

“Загадка распада сигма минус гиперона”

$$\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \nu \quad Br=10^{-3}$$

$$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^- + \nu \quad Br \sim 1$$



Участники эксперимента E715  
(1984)

А.А.Воробьев, В.Т.Грачев, А.С.Денисов,  
Д.М.Селиверстов, Н.Н.Смирнов,  
Н.К.Терентьев, И.И.Ткач, В.А.Щегельский

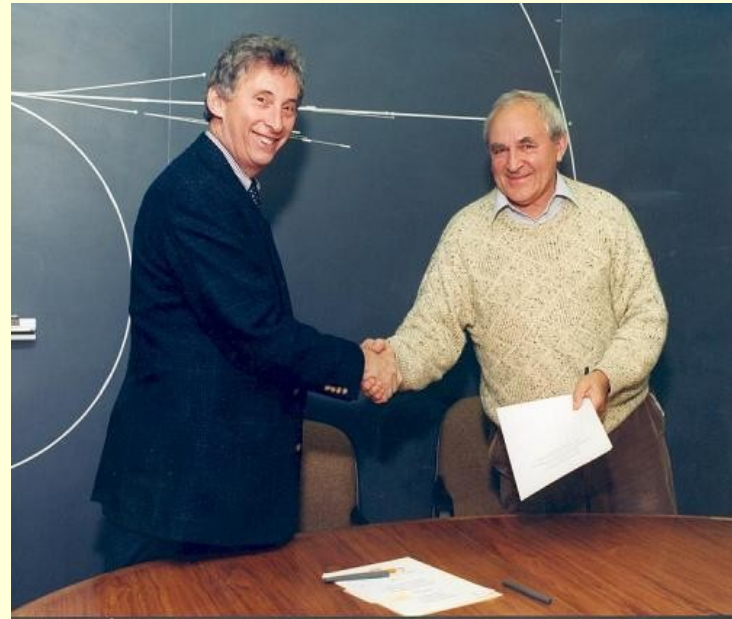


Снимок, в CERN Courier  
в заметке, озаглавленной  
“загадка распада сигма минус гиперона  
решена”

# FNAL Эксперименты E761и E781



Генеральный директор ФНАЛ **L.Lederman**  
подписывает План проведения  
эксперимента E761 (Spokesperson А.Воробьев)  
1988



Генеральный директор ФНАЛ **J.Peoples**  
подписывает Соглашение  
о проведении эксперимента E761  
(1992)



# FNAL Эксперимент D0

протон-протонный коллайдер 1ГэВ + 1 ГэВ



Эксперимент D0  
Read out for Muon System  
50 000 каналов

Разработка ОРЭ ПИЯФ  
П.Неустроев, Л.Уваров, С.Уваров

# *VNL Эксперимент RHENIX*

Релятивистский коллайдер тяжелых ядер  
с 2000 года



Основной магнит изготовлен в  
С.Петербурге

ПИЯФ разработал и изготовил  
одну из основных подсистем  
установки RHENIX -  
Центральный Треккер

Лаборатория В.М.Самсонова

Открытие кварк-глюонной материи



1973 год. Соглашение Р. Никсон - Л.И. Брежнев о научно-техническом сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии, включая сотрудничество в изучении фундаментальных свойств материи  
Ежегодные заседания Совместной Комиссии 1975- 2000 гг



**1984 год FNAL**  
**Сессия Совместной Комиссии .**  
**У доски со-председатели Комиссии:**  
**директор ИТЭФ И.В.Чувило**  
**и зам. Директора DOE Дж.Е.Лейс.**  
**Выступает директор FNAL Леон Ледерман.**

**2000 год. ПИЯФ**  
**Сессия Совместной Комиссии .**  
**Протокол подписывают :**  
**зам. министра Л.Д. Рябев**  
**и зам.директора DOE П. Розен.**

1985 ,1991, 2000 в Ленинграде

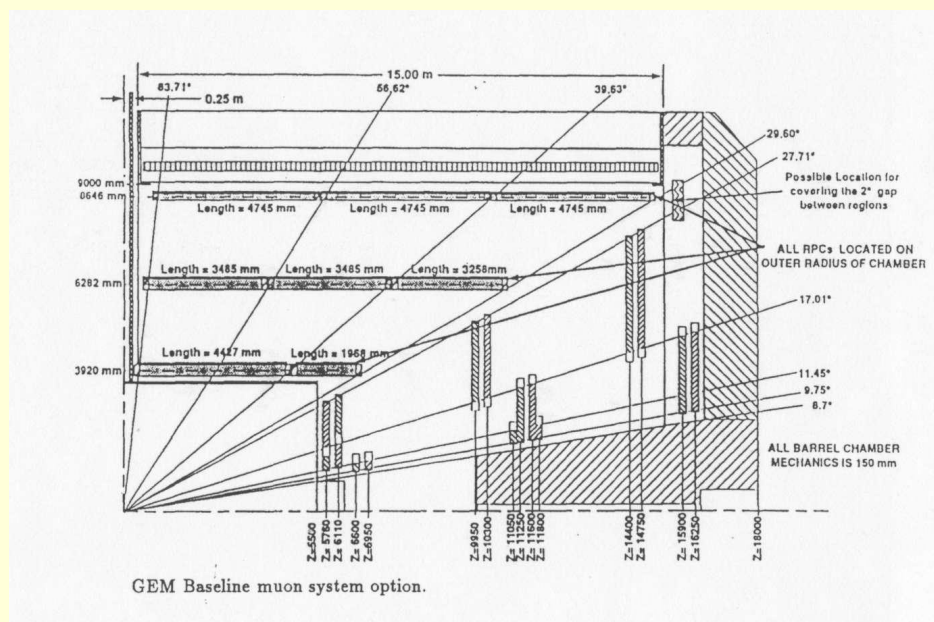
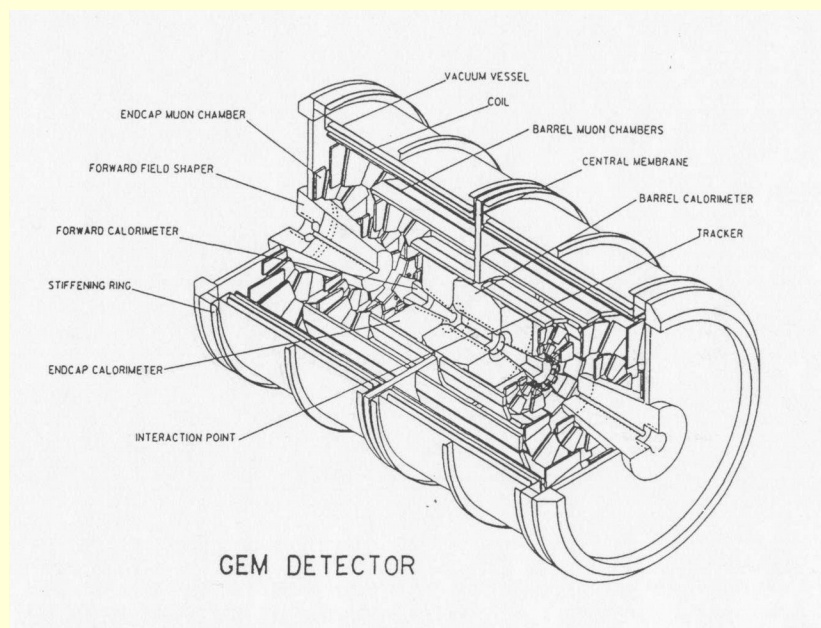


# Участие в проекте GEM

Техас Супер Коллайдер SSC

20 ТэВ + 20 ТэВ

1990-1993

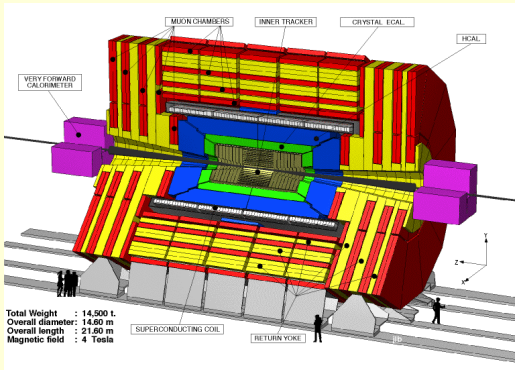


Проект Мюонной системы был разработан совместно ВNL- ПИЯФ



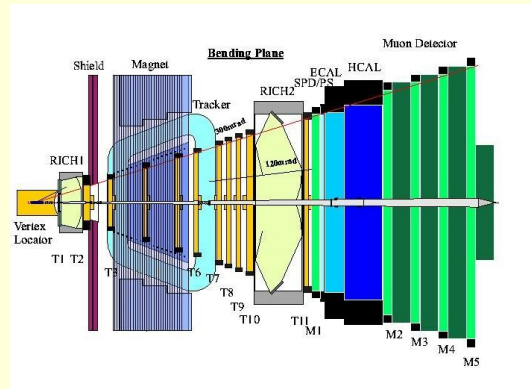
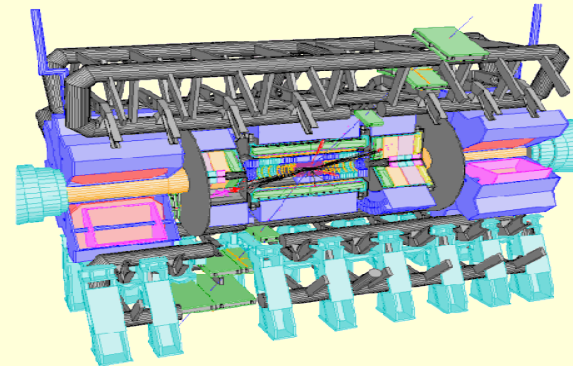
# CERN LHC

Протон-протонный коллайдер 6.5 ТэВ + 6.5 ТэВ  
Коллайдер релятивистских тяжелых ядер



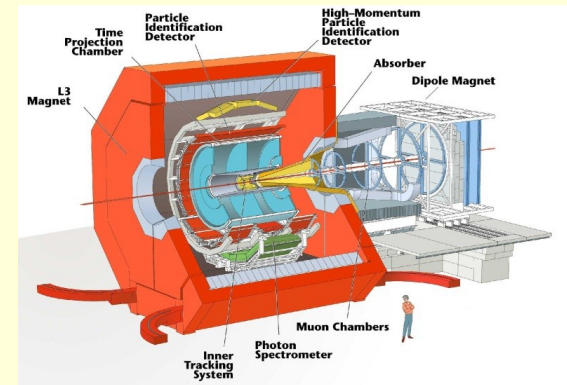
CMS

ATLAS



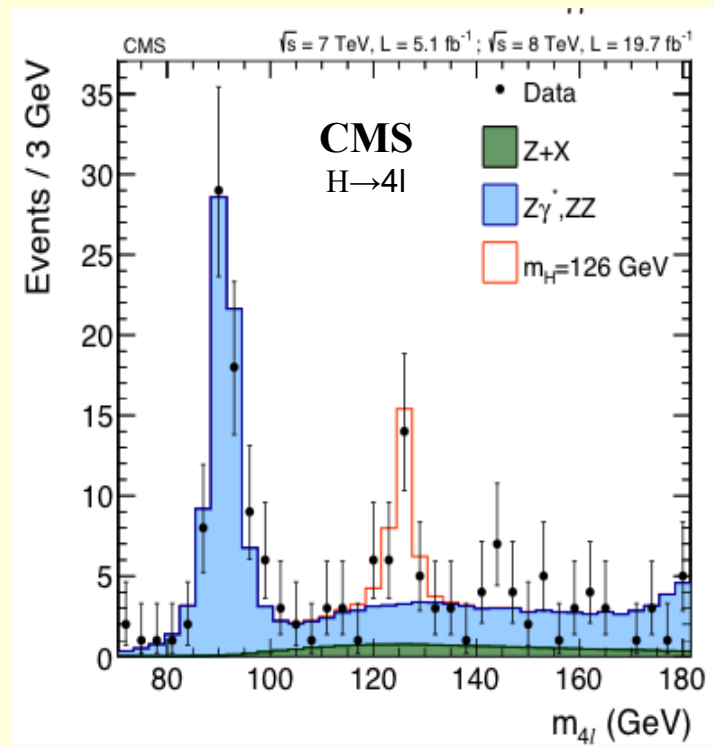
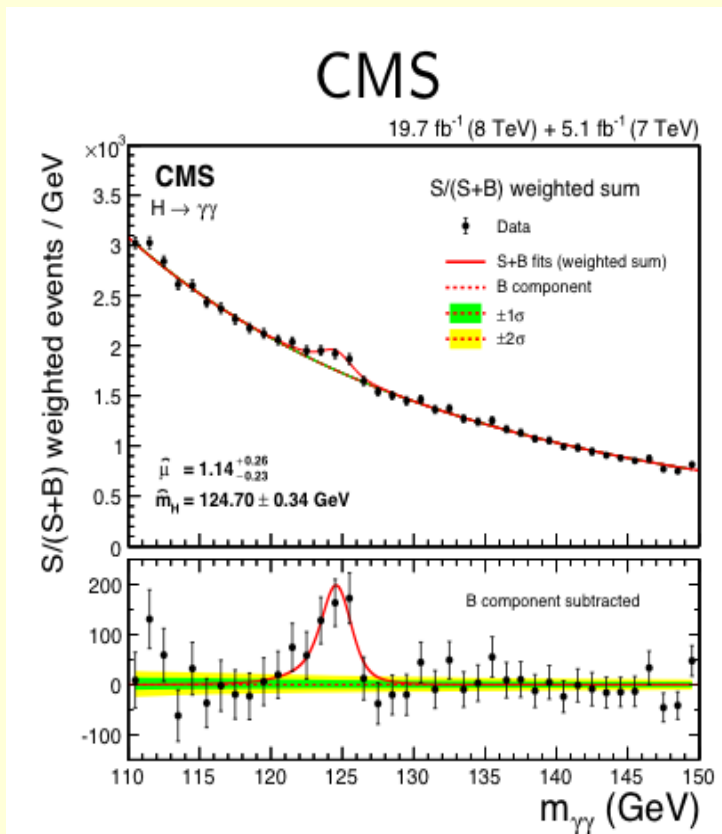
LHCb

ALICE



# Открытие Хиггс бозона

## Эксперименты CMS и ATLAS



В списке авторов 20 сотрудников ПИЯФ

Результаты экспериментов на LHC

~ 1000 публикаций

(практически вся современная физика частиц)

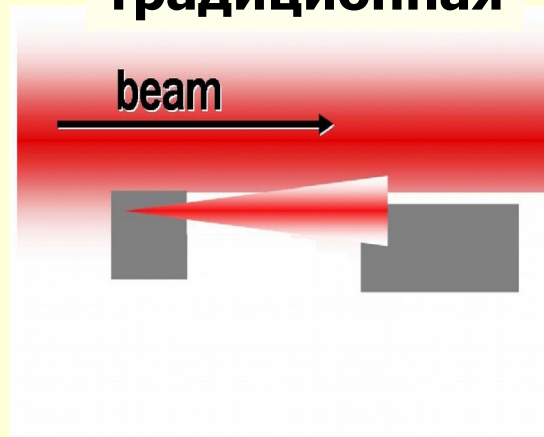
# Эксперимент UA9 (CERN)

лаборатория Ю.М.Иванова

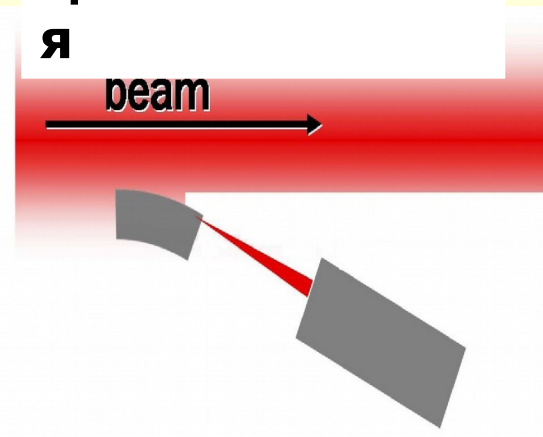


## Коллимация

**традиционная**



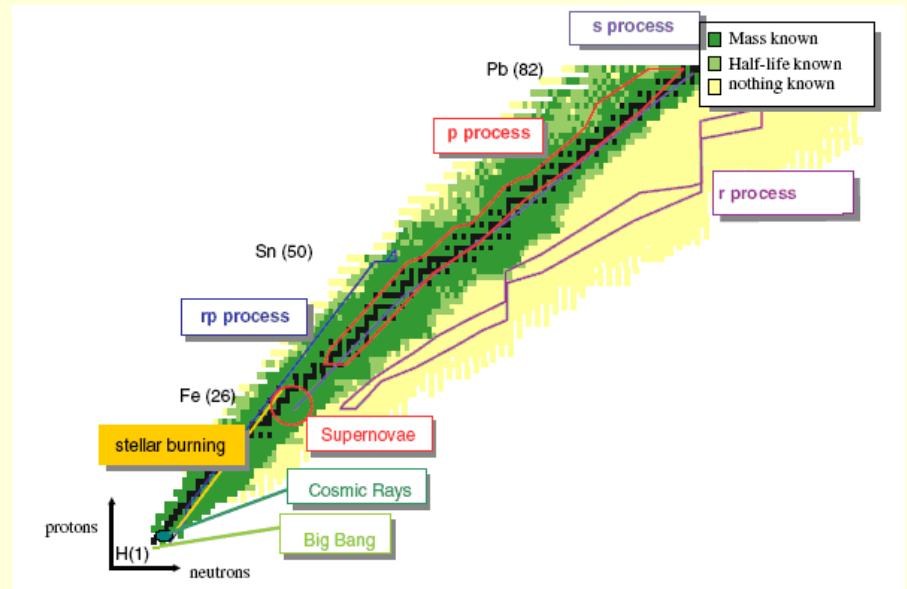
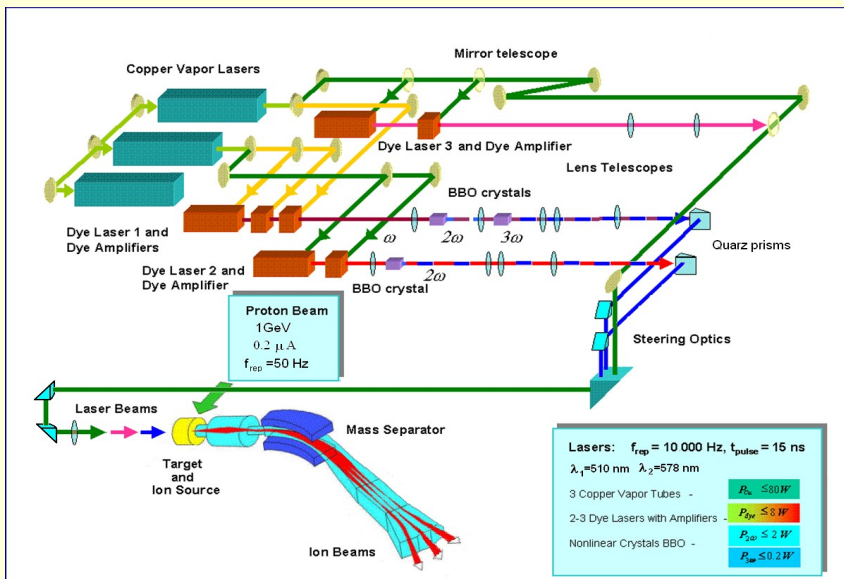
**кристаллическая**



# Сотрудничество ИРИС (ПИЯФ) - ISOLDE(CERN)

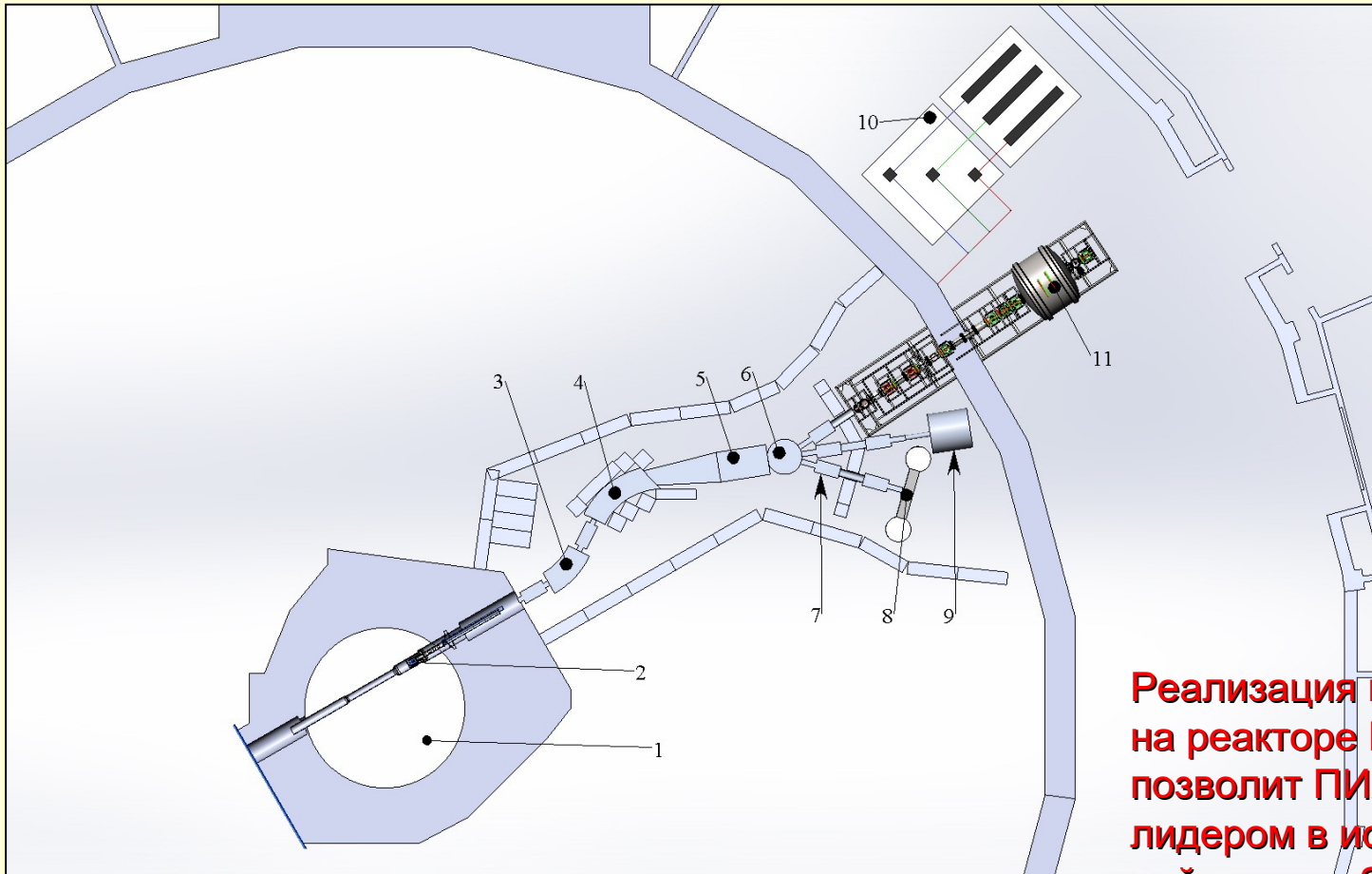
Э.Е.Берлович, Г.Д.Алхазов, В.Н.Пантелеев, А.Е.Барзах

Современная ядерная физика



# Проект ИРИНА\_ПИК

В.Н.Пантелеев, Ю.Н.Новиков



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



# 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.**

**Спасибо за внимание**

