



# ФВЭ активно начинает развиваться в МГУ в 60-х годах прошлого века

Поддержка выдающихся ученых, академиков РАН



**Сергей Николаевич  
Вернов  
Директор НИИЯФ**



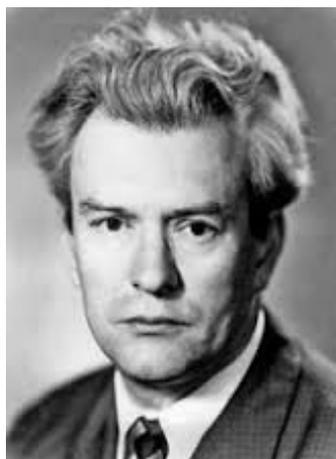
**Анатолий Алексеевич  
Логунов  
Директор и научный  
руководитель ИФВЭ,  
Ректор МГУ**



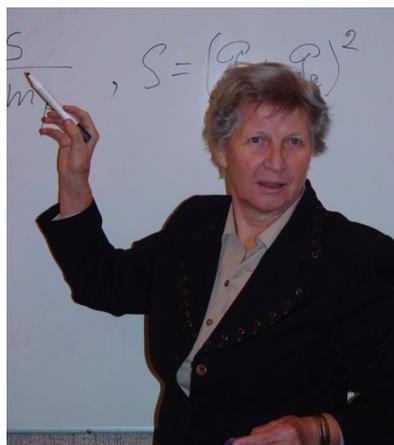
**Валериан Григорьевич Шевченко**  
**Профессор**  
**Основатель и заведующий ЛВЭ/ОВЭ**  
**(1968 г.)**



**Павел Федорович Ермолов**  
**Профессор**  
**Основатель и заведующий ОИТ (1978 г.)**  
**и ОЭФВЭ (1987 г.)**



**Владимир Сергеевич Мурзин**  
**Профессор**  
**Заведующий лабораторией**  
**машинной обработки результатов**



**Людмила Ивановна Сарычева**  
**Профессор**  
**Заведующий лабораторией**  
**адронных взаимодействий**



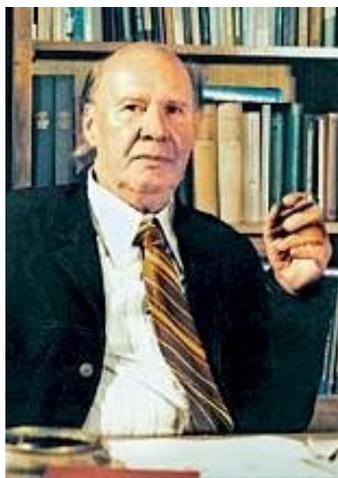
**Юрий Михайлович Широков**  
**Профессор**  
**Заведующий лабораторией**  
**теории поля**

# Тесная связь с учебным процессом и подготовкой молодых специалистов

Открытие Филиала НИИЯФ МГУ в Дубне в начале 60-х гг. и первых кафедр

Кафедра теории атомного ядра

Кафедра физики элементарных частиц



**Дмитрий Иванович  
Блохинцев  
Член Корр.**



**Владимир Иосифович  
Векслер  
Академик**



*Бруно Понтекорво*

**Бруно Максимович  
Понтекорво  
Академик**



**Анатолий Алексеевич  
Логунов  
Академик**

**В 1970 г. на ОЯФ открыта  
Кафедра  
физики высоких энергий**

# В настоящее время физика высоких энергий в НИИЯФ МГУ

## Отдел экспериментальной физики высоких энергий

Лаборатория электрослабых и новых взаимодействий

Лаборатория тяжелых кварков и редких распадов

Лаборатория сильных взаимодействий

Лаборатория тяжелых частиц и резонансов

Лаборатория детекторных систем и электроники

## Отдел теоретической физики высоких энергий

Лаборатория теории поля

Лаборатория аналитических вычислений в физике высоких энергий

Лаборатория теории фундаментальных взаимодействий

## Отдел ядерных исследований

## Подготовка кадров. Курсы лекций, необходимые для проведения исследований

Кафедра физики атомного ядра и квантовой теории столкновений

Квантовой теории и физики высоких энергий

Кафедра физики космоса

Кафедра общей ядерной физики

Кафедра физики элементарных частиц

## International Conferences **QFTHEP** (Quantum Field Theory and High Energy Physics)

- Повышение уровня исследований, укрепление международных контактов...

22 конференции с 1985 г.



# НИИЯФ/ОЯФ МГУ в экспериментах

(неполный список)

**Эксперимент сотрудничества НИИЯФ МГУ, ФИАН, УФТИ на электронных ускорителях УФТИ и ФИАН (1969 ÷ 1990)**

Сечения процесса фоторождения  $\pi^+$  на протонах линейно поляризованным  $\gamma$ -излучением.

**Международный эксперимент на нейтронном пучке (У-70 ИФВЭ) (1971 ÷ 1974)**

Сечения взаимодействия нейтронов с протонами и ядрами при энергиях 30 - 70 ГэВ, в частности, сечения упругого рассеяния нейтронов на протонах, рассеяния с перезарядкой и дифракционной диссоциации нейтронов

**Международный эксперимент на пропановой камере ОИЯИ (У-70 ИФВЭ) (1972 ÷ 1978 гг.)**

Основной вклад - образование резонансов в  $\pi$ -р рассеянии с распадами на пионы и нуклоны

**Эксперимент СМС-МГУ «Лидирующие частицы» (Синхрофазатрон ОИЯИ) (1980 ÷ 1996)**

фрагментация протонов на ядрах осуществляется через связанное барионное состояние; эффект каналирования ядер (С и О) в изогнутом монокристалле кремния

**Международный эксперимент «Людмила» (У-70 ИФВЭ)**

(1974 ÷ 1990 гг.)

Наблюдение эффекта интерференции тождественных  $\pi$ -мезонов. Эффект выстроенности спина  $\rho^0$ -мезона

**Международный эксперимент «Мирабель» (У-70 ИФВЭ)**

(1980 ÷ 1996 гг.)

инклюзивные сечения рождения заряженных адронов во взаимодействиях  $K$ - $p$ ,  $pp$  и анти- $pp$  при 32 ГэВ/с

## Международный эксперимент E-672 (FNAL, США) (1989÷1997)

Сечения рождения и дифференциальные распределения  $J/\psi$ ,  $\psi(2S)$  по  $x_F$ ,  $p_T^2$  и по углу Готфрида-Джексона

## Международный эксперимент E-852 (BNL, США) (1991÷2006)

Мезонные резонансы  $\pi_1(1400)$ ,  $\pi_1(1600)$ , и  $\pi_1(2000)$  с экзотическими квантовыми числами  $J^{PC} = 1^{-+}$ , запрещёнными в Стандартной модели. Результаты эксперимента включены в «Review of Particle Properties» (Particle Data Group).

## Международный эксперимент SELEX (E781) (FNAL, США) (1992 ÷ 2004)

Самое точное на то время измерение времён жизни очарованных  $\Lambda_c^+$ -барионов и  $D^0$ -мезонов.

# Важнейшее значение для ФВЭ в НИИЯФ МГУ

- Создание одной из лучших в стране лабораторий кремниевых детекторов

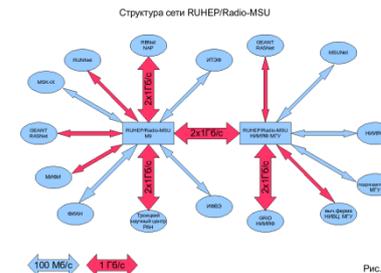
Первая зондовая установка



Современное оборудование



- Создание одной из первых высокоскоростных телекоммуникационных сетей



## Сотрудничества в настоящее время

-Участие в международных экспериментах

**ZEUS (DESY) и D0 (Fermilab)**

(коллайдер Tevatron остановлен в 2010, коллайдер HERA остановлен в 2007)

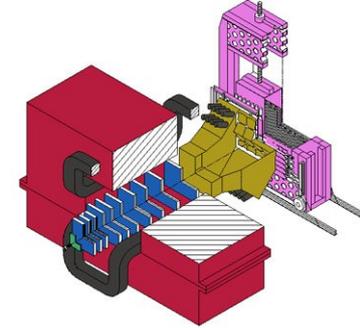
-Участие в экспериментах **СВД** и **НУКЛОН**

-**Участие в международных экспериментах CMS, ATLAS, LHCb, (ALICE)** на **Большом адронном коллайдере (CERN)**

- Участие в подготовке международных экспериментов **MPD, BM@N (NICA, Dubna, Russia), CBM (FAIR, Germany), CLASS12 (JLAB, USA), ILC...**



# Эксперимент СВД



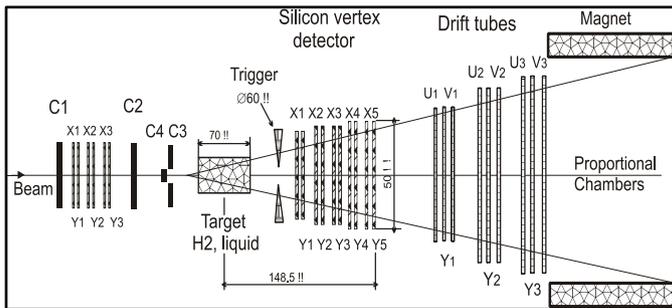
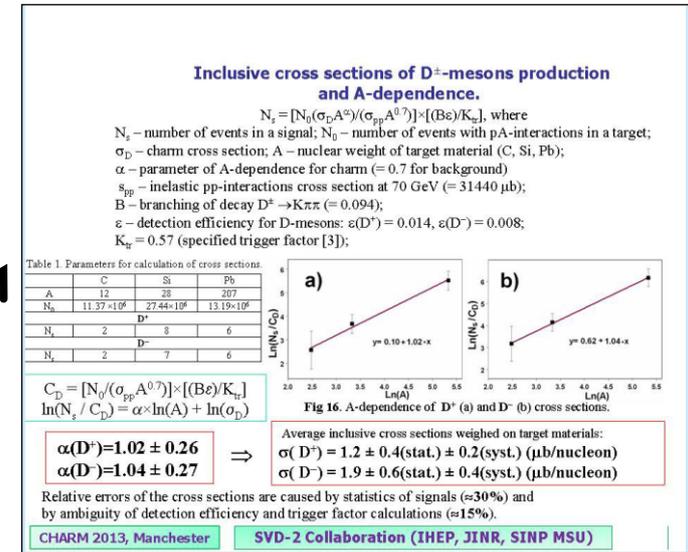
**«Спектрометр с вершинным детектором» (СВД)** (с 1983 г.)  
 сотрудничество институтов НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, ИФВЭ, ТГУ  
 Ускоритель протонов У-70 (ИФВЭ) с энергией 50-70 ГэВ.

Впервые в России один из первых в мире в эксперименте на фиксированной мишени - **прецизионный микростриповый вершинный детектор** (1997 г.). 150 млн. событий с взаимодействиями протонов с ядрами кремния, свинца и углерода.

Сечение образования чарма при околороговой энергии  **$7.1 \pm 2.4$  (стат.)  $\pm 1.4$  (сист.) мкбн/нуклон**,

Свойства  $D$  мезонов: зависимость сечения от атомного веса ядра мишени ( $A$ -зависимость), поведение дифференциальных сечений  $d\sigma/dp_{2t}$  и  $d\sigma/dxF$ , зависимость параметра  $\alpha$  от кинематических переменных.

Показано, что при множественностях заряженных пионов в интервале 16-28 наблюдается экспоненциальный спад сечения с показателем  $\sim 0,85$ .



**Модернизированная установка СВД, 2015 г.**

В зимнем (28.11.2015 - 18.12.2015) сеансе набор статистики с жидководородной мишенью. В составе оборудования были запущены:

- 10 плоскостей вершинного детектора;
- 9 плоскостей дрейфовых трубок;
- полупроводниковый годоскоп;
- детектор гамма-квантов.

Разработка новой трековой системы, адаптированной для работы с пучком ионов углерода





# Эксперимент **ZEUS** на ер-коллайдере HERA ( DESY, Hamburg )

- с 1993г. член коллаборации **ZEUS**  
(50 институтов из 15 стран  
Европы, Америки и Азии)



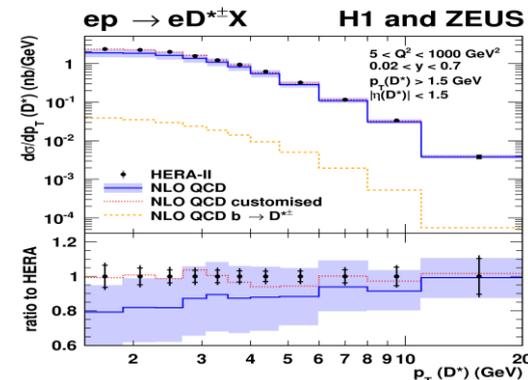
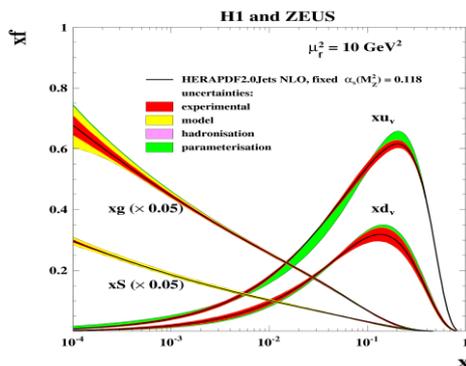
Создание адрон-электронного сепаратора HES:

~10000 кремниевых полупроводниковых детекторов с микроэлектроникой считывания общей площадью ~20 м<sup>2</sup>, диаметр ~3м, кол-во каналов ~20000. Крупнейший по площади кремниевый детектор

С 1994 до 2007 (момента закрытия коллайдера HERA) сотрудники ОЭФВЭ обеспечивали ежедневную круглосуточную обработку.

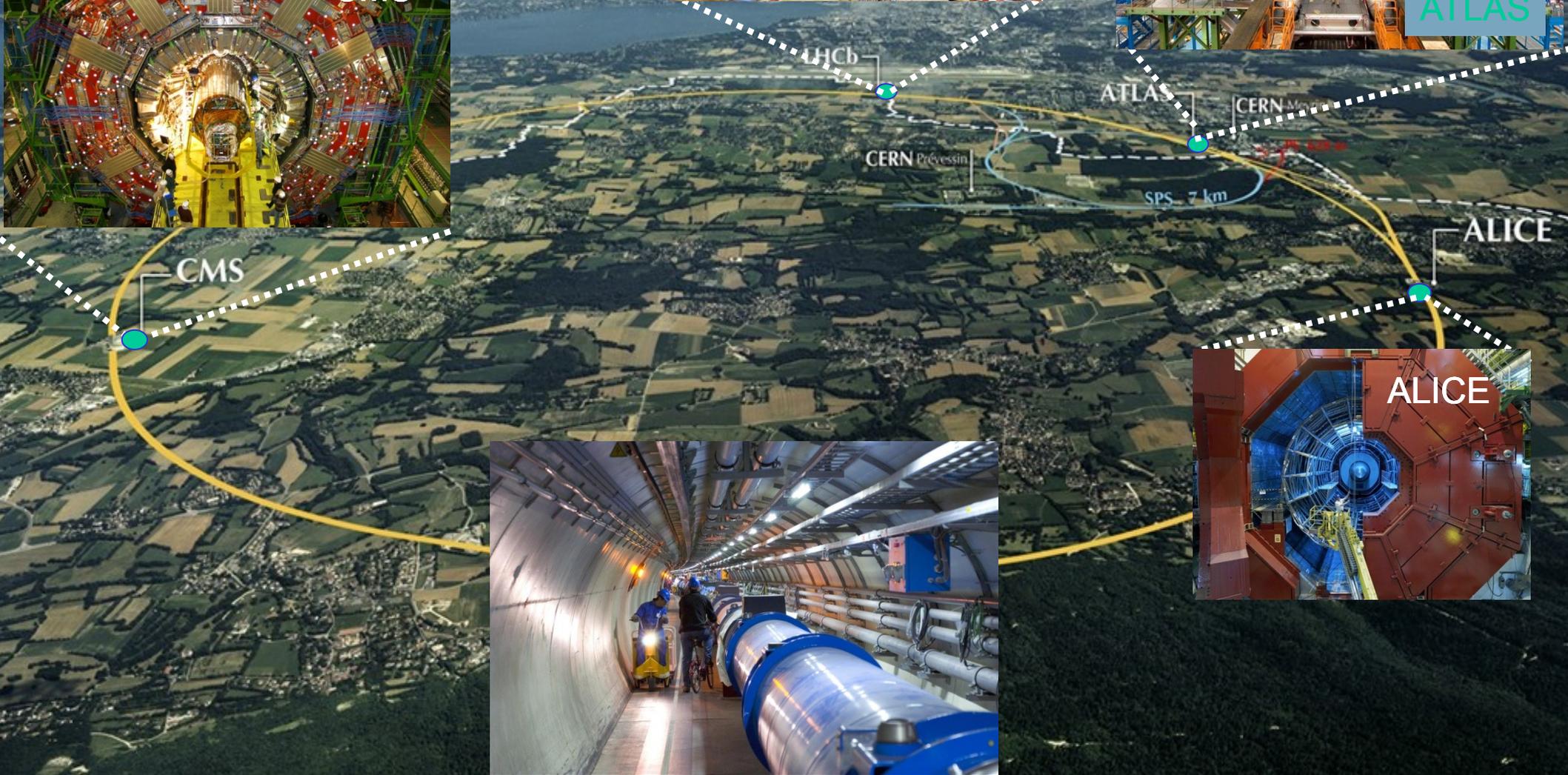
Существенный вклад ОЭФВЭ в исследование дифракционных процессов в глубоко-неупругих ер-взаимодействиях, измерение дифракционной компоненты структурной функции протона, изучение рождения векторных мезонов и свойств адронов, содержащих очарованные кварки.

Приоритетной задачей исследований на ближайшие годы является объединение экспериментальных данных, полученных двумя установками, H1 и ZEUS.





# Основное направление – Участие в экспериментах на Большом адронном коллайдере





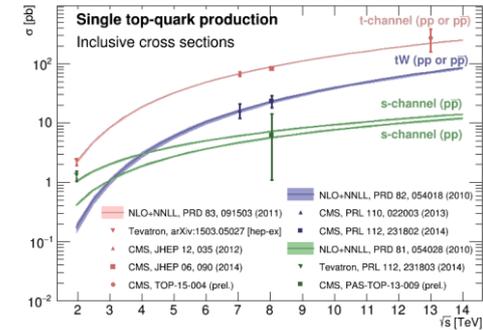


# Участие сотрудников ОЭФВЭ НИИЯФ МГУ в эксперименте CMS

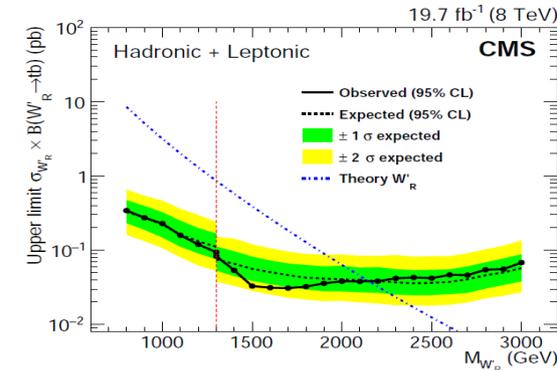
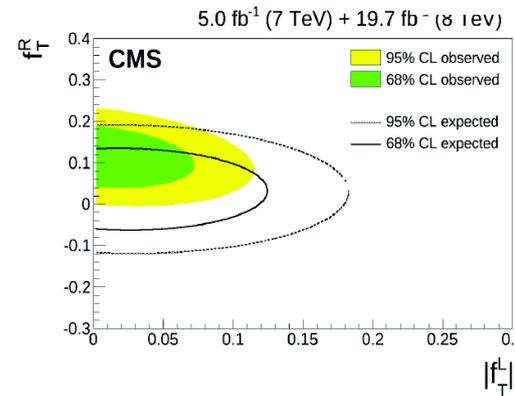


## Физика топ кварка

Измерение сечений рождения одиночного топ-кварка в различных каналах при энергиях протон-протонных столкновений 7, 8 и 13 ТэВ.



Рекордные прямые ограничения на возможные отклонения от предсказаний Стандартной модели для взаимодействий топ-кварка с W-бозоном и b-кварком, на нейтральные токи, меняющие аромат кварков, на массы возможных новых заряженных векторных бозонов.

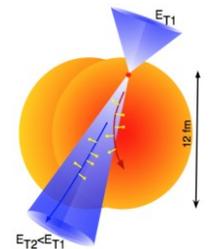
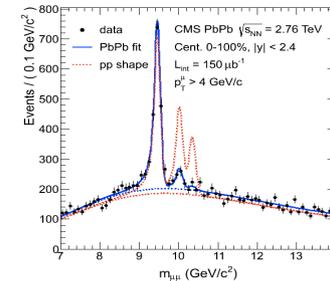
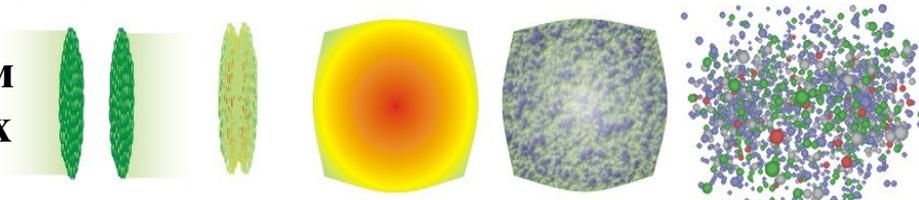


## Физика тяжёлых ионов

Исследование эффектов, связанных с формированием и эволюцией кварк-глюонной материи в соударениях ионов свинца

$$PbPb \rightarrow \Upsilon \text{ (2.76 ТэВ/на нуклон)}$$

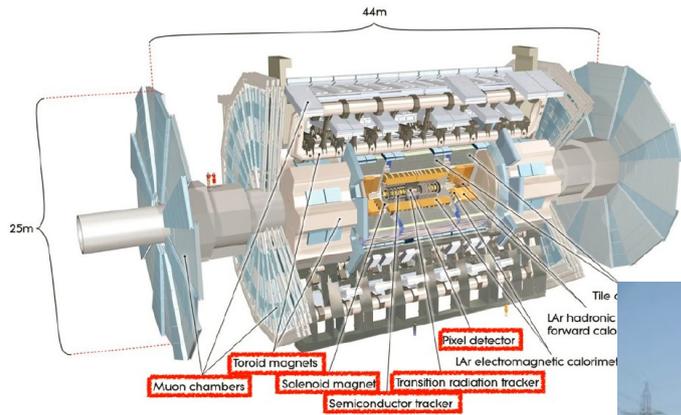
обнаружены сигналы формирования кварк-глюонной плазмы: подавление выхода возбужденных состояний  $\Upsilon$ -мезонов ( $\Upsilon'$ ,  $\Upsilon''$ ) (дебаевское экранирование цветового заряда) и асимметрия поперечной энергии в событиях с рождением струй (потери энергии кварков и глюонов в КГП)



2010 - 2015 ~ 500 публикаций в научных журналах

212 институтов из 40 стран, ~2200 в авторском списке

8 авторов от НИИЯФ МГУ: 6 оплачиваемых, 2 аспиранта, прошедших квалификацию



Самый большой (но не самый тяжёлый) коллайдерный детектор

Коллаборация сформирована в 1992г.



День Рождения – 01.10.1992

“Letter of Intent”, подписанное ~850 физиками

“ATLAS Technical Proposal”  
15.12.1994

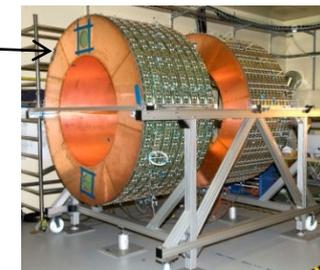
“Technical Design Report” – ~20 книг (по компонентам)  
Разрешение на начало монтажа – июль 1997  
Первый пучок в детекторе - 10.09.2008

При активном участии сотрудников НИИЯФ/ОЯФ МГУ

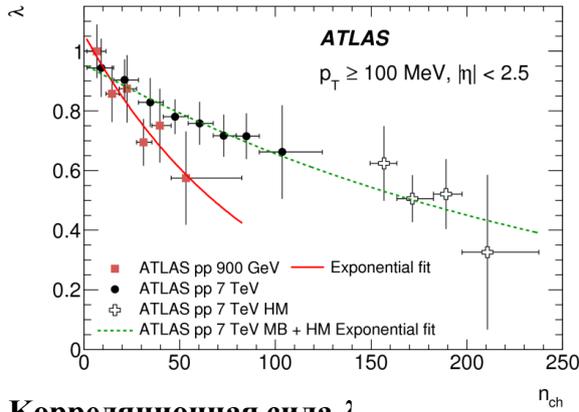
Разработка, создание, сопровождение работы трекового детектора переходного излучения TRT

Создание системы контроля параметров прототипа системы охлаждения полупроводникового трекера SCT

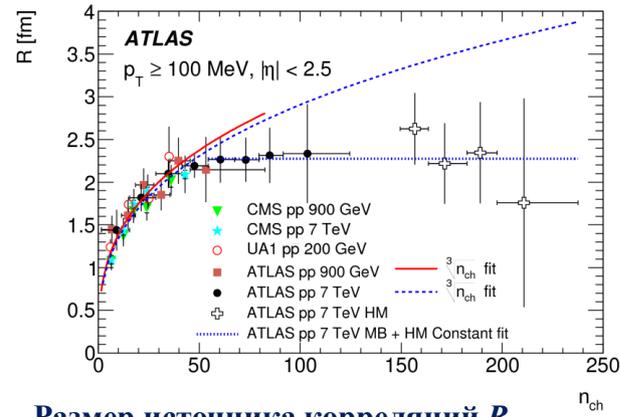
Разработке и сопровождение триггера высокого уровня



# Измерение двух-частичных Бозе-Эйнштейнских корреляций в pp столкновениях при $\sqrt{s} = 0.9$ и 7 ТэВ



Корреляционная сила  $\lambda$

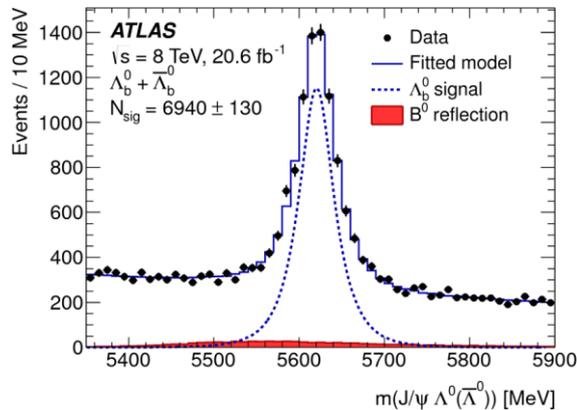


Размер источника корреляций  $R$

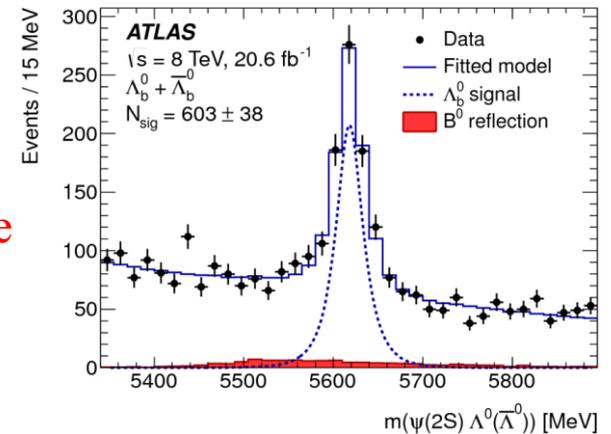
Впервые наблюдается прекращение роста размера источника корреляций (насыщение) для зарядовых множественностей более 55.

Наблюдение распада  $\Lambda_b^0 \rightarrow \psi(2S)\Lambda^0$  и измерение отношения парциальных ширин распадов  $\Gamma(\Lambda_b^0 \rightarrow \psi(2S)\Lambda^0) / \Gamma(\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi\Lambda^0)$

$\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi\Lambda^0$ ,  
известный  
распад



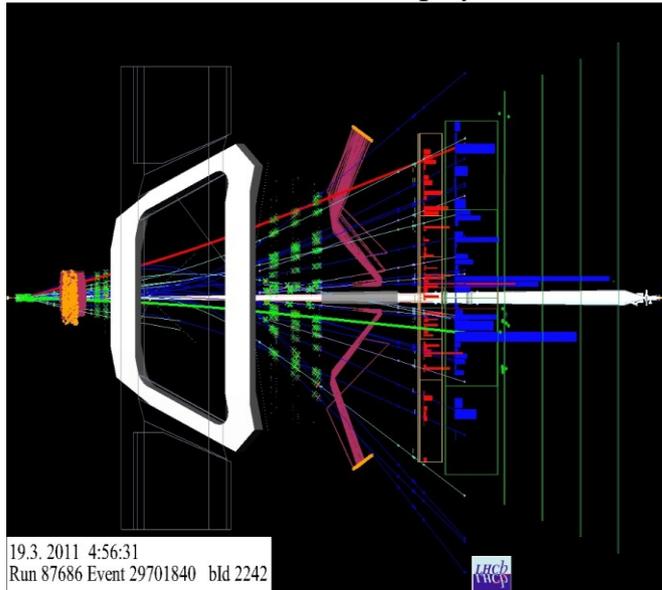
$\Lambda_b^0 \rightarrow \psi(2S)\Lambda^0$ ,  
первое наблюдение



$$\Gamma(\Lambda_b^0 \rightarrow \psi(2S)\Lambda^0) / \Gamma(\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi\Lambda^0) = 0.501 \pm 0.038$$

Всего в 2010-2015г.г. опубликовано ~470 журнальных статей.

LHCb Event Display



- 1174 сотрудников из 69 институтов в 16 странах
- Группа МГУ состоит из 16 сотрудников
- **4 оплачиваемых автора от МГУ**

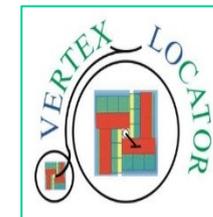
## Экспериментальные работы на установке LHCb

- Разработка и изготовление интерфейса контроля высоковольтной системой Мюонного детектора установки LHCb.
- Экспертная и сервисная поддержка систем медленного контроля, включая системы высоковольтного и низковольтного питания детектора VELO.
- Модификация низковольтной системы VELO, проведенная в 2010 и 2014 годах для обеспечения большей стабильности системы.
- Создание ONLINE программного обеспечения системы безопасности и предупреждений детектора VELO (Alert System).

## Работы по VELO Upgrade начиная с 2010 года

- Участие в исследовании прототипов пиксельных сенсоров и электроники для тестов на выведенных пучках CERN.
- Участие в исследованиях и инженерных работах по устройству микроканального охлаждения детекторной электроники.
- Перспективная разработка систем медленного контроля нового пиксельного детектора VELO.

Детектор VELO,  
имеет лучшее на LHC  
координатное разрешение



Установлены лучшие верхние пределы на 4-х мюонные распады В-мезонов на статистике  $1\text{fb}^{-1}$ :

$$\text{Br}(B_d \rightarrow \mu^+\mu^-\mu^+\mu^-) < 6.6 \text{ (5.3)} \times 10^{-9}$$

на 90% (95%) уровне достоверности;

$$\text{Br}(B_s \rightarrow \mu^+\mu^-\mu^+\mu^-) < 1.6 \text{ (1.2)} \times 10^{-8}$$

на 90% (95%) уровне достоверности.

Обнаружены редкие полуплептонные распады

$$B_s \rightarrow (f_0(980) \rightarrow \pi^+\pi^-) \mu^+\mu^- \text{ и } B_d \rightarrow (\rho^0(770) \rightarrow \pi^+\pi^-) \mu^+\mu^-$$

с парциальными ширинами:

$$\text{Br}(B_s^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\mu^+\mu^-) = (8.6 \pm 1.5(\text{stat}) \pm 0.7(\text{syst}) \pm 0.7(\text{norm})) \times 10^{-8}$$

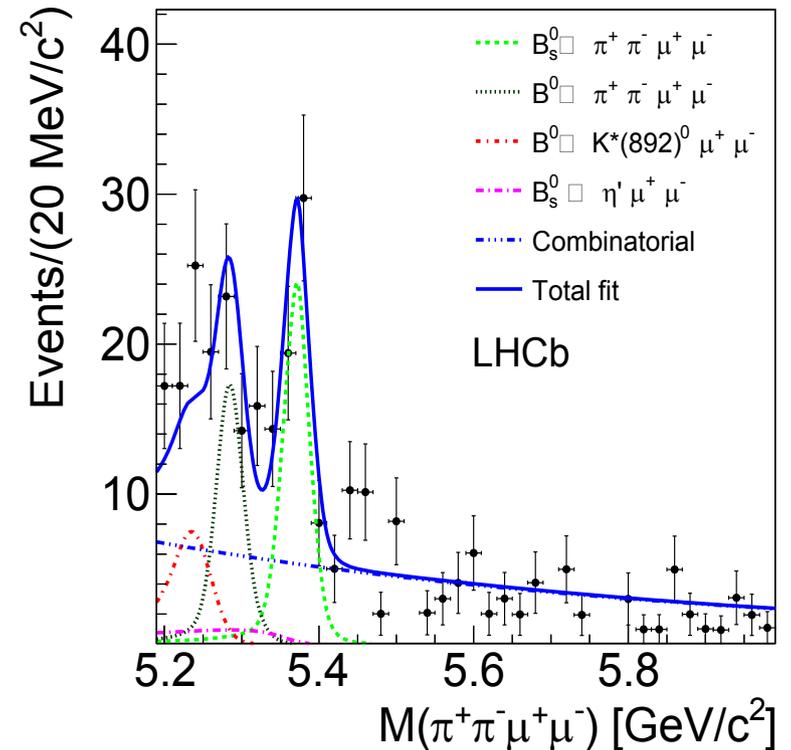
$$\text{Br}(B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\mu^+\mu^-) = (2.11 \pm 0.51(\text{stat}) \pm 0.15(\text{syst}) \pm 0.16(\text{norm})) \times 10^{-8}.$$

Написаны Монте-Карло генераторы для более 50 редких полуплептонных, лептонных радиационных и многолептонных распадов В-мезонов в Стандартной модели и некоторых ее суперсимметричных расширений.

Изучаются 4-х мюонные распады В-мезонов на всей статистике LHCb.

Изучаются распады

$$\Lambda_b \rightarrow p D^+ \pi^- \pi^-, \Lambda_b \rightarrow p D^+ \pi^- \pi^- \text{ и } \Xi_b \rightarrow p D^+ K^- \pi^-.$$



С 2010 года опубликовано ~300 работ в научных журналах

# Основные направления теоретико-феноменологических исследований

Разработка моделей с дополнительными измерениями пространства-времени, развитие суперсимметричных моделей, теории струн и нестандартных теорий гравитации.

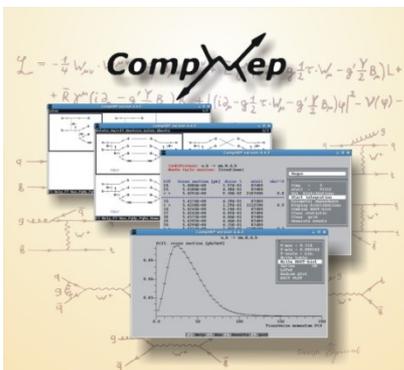
Развитие непертурбативных методов в КХД, теоретико-полевых подходов к описанию связанных состояний, исследования по недоинтегрированным функциям распределения, методу Kt -факторизации в КХД, двойным партонным распределениям

Вычисление, теоретическое моделирование и исследование свойств процессов, проходящих при столкновениях частиц и ядер на ускорителях и коллайдерах высоких энергий и в ранней Вселенной в Стандартной модели и в различных ее расширениях.

Разработка новых методов древесных и многопетлевых вычислений.

Создание автоматизированных систем компьютерных вычислений **CompHEP, CalcHEP, MicroOmega**. Создание генераторов событий **SingleTOP, PYQUEN, HYDJET**...

Развитие новых подходов в квантовой теории поля и квантовой механике, связанные с диссипативными системами, квантовыми компьютерами, неравенствами Белла.



# Примерно 250 ÷ 300 высокорейтинговых публикаций из Top-25

## Информация о публикациях

На конец 2015 г.

[Инструкция и правила расчета коэффициентов \(/help/statistics/dynamic/\)](#)

Выберите параметры запроса

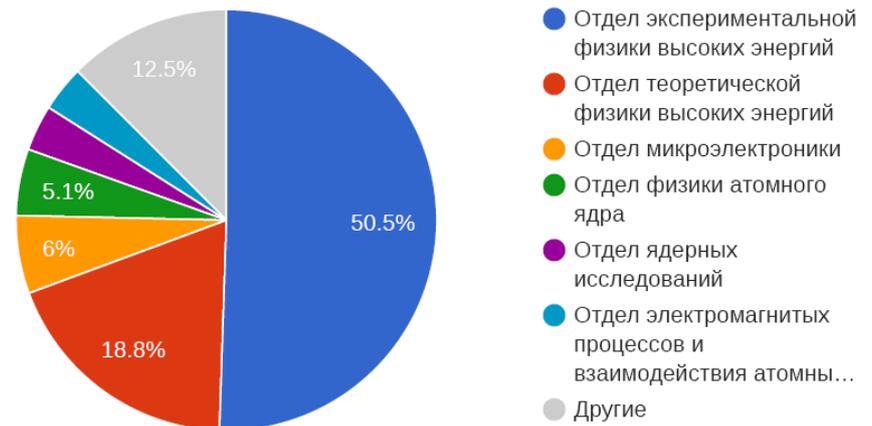
Тип публикации: Журналы из Top-25  Только проверенные  Метрика: Число статей

Год: 2015

Все подразд. (javascript:void(0)): [Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына \(javascript:void\(0\)\) \(stats\) \(javascript:void\(0\)\)](#)

	Name	Value
1	Отдел экспериментальной физики высоких энергий	287
2	Отдел теоретической физики высоких энергий	107
3	Отдел микроэлектроники	34
4	Отдел физики атомного ядра	29
5	Отдел ядерных исследований	20
6	Отдел электромагнитных процессов и взаимодействия атомных ядер	20
7	Отдел излучений и вычислительных методов	12
8	Отдел физических проблем квантовой электроники	11
9	Лаборатория магнитосфер планет	10
10	Отдел оперативного космического мониторинга	5
11	Лаборатория адаптивных методов обработки данных	5
12	Лаборатория космофизических исследований	4
13	Лаборатория радиационного мониторинга	
14	Отдел космических излучений	
15	Отдел космофизических исследований	
16	Лаборатория Галактических космических лучей	

Данные по подразделениям



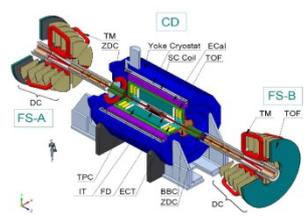
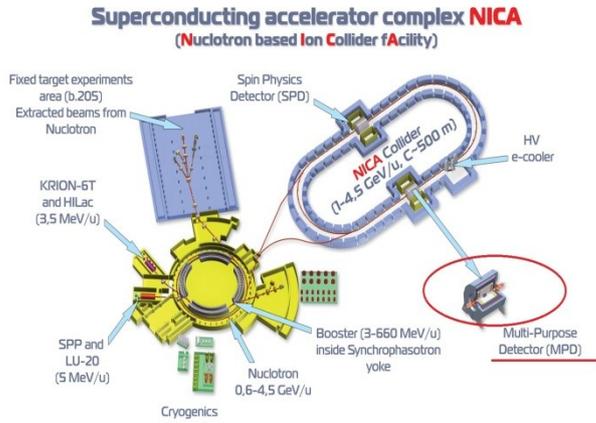
**Всего ОЭФВЭ в TOP-25: 287**

**Из них индивидуальных: 14**

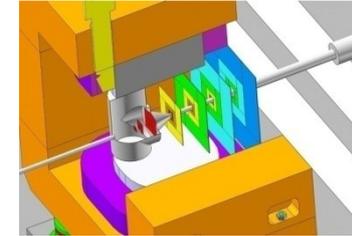
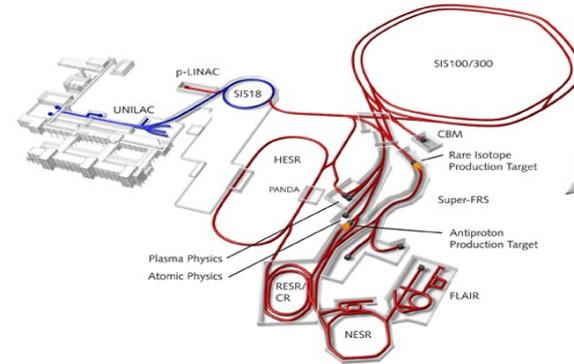
**Всего во всех журналах: 320**

# Новые проекты и будущие эксперименты

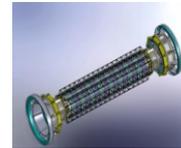
## Ускорительный комплекс НИКА и детектор MPD



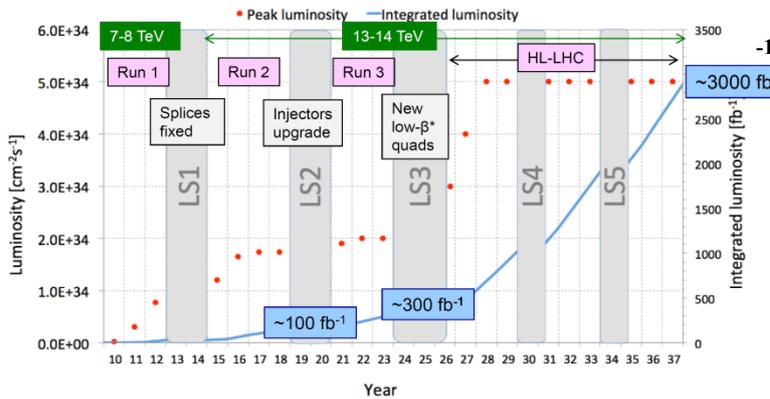
## Ускорительный комплекс FAIR и детектор CBM



Разработан универсальный модуль на основе сверхлегкой фермы из углепластика



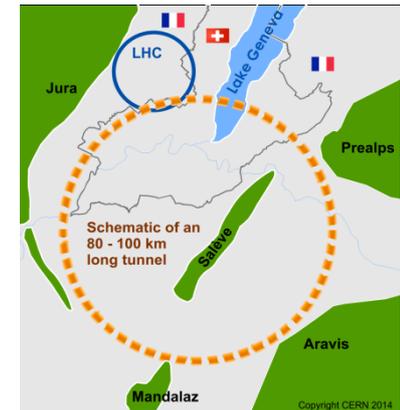
## LHC and HL-LHC



## Future Circular Colliders (FCC)

International conceptual design study ~100 km ring:

- pp collider (FCC-hh)  
 $\sqrt{s} \sim 100 \text{ TeV}, L \sim 2 \times 10^{35}$
- e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> collider (FCC-ee)  
 $\sqrt{s} = 90\text{-}350 \text{ GeV}, L \sim 200\text{-}2 \times 10^{34}$
- pe collider (FCC-he): option  
 $\sqrt{s} \sim 3.5 \text{ TeV}, L \sim 10^{34}$



## Детекторы для Международного линейного коллайдера ILC

