



Отделение
физики высоких энергий
Основные научные результаты
2020 г

О. Л. Федин



- В рамках гос. задания при выполнении программы деятельности НИЦ КИ на 2018-2022 гг ОФВЭ проводит исследования по следующим направлениям:
 - Направление 8 - «Исследования в области физики частиц» (15 работ в тематическом плане НИОКР ПИЯФ)
 - Направление 9 - «Исследования в области ядерной физики,...» (4 работы в тематическом плане НИОКР ПИЯФ)
 - Направление 10 - «Ядерная медицина» (1 работа в тематическом плане НИОКР ПИЯФ)
- ОФВЭ осуществляет научные исследования в соответствии со стратегий научной деятельности, которая заключается в максимальном использовании для научных исследований имеющихся в ПИЯФ установок, а также в участии в фундаментальных исследованиях в передовых мировых ускорительных центрах. Участие в международных экспериментах должно быть с серьезным интеллектуальным и приборным вкладом.
- Финансирование работ по выполнению гос. задания в 2020 г. :
 - Материалы и оборудование ~5 МР
 - Командировочные расходы ~6МР



Структура ОФВЭ



Ученый совет ОФВЭ

Научный руководитель ОФВЭ
проф., д. ф.-м. н., член-корр. РАН А. А. Воробьев

Руководитель ОФВЭ
к.ф.-м.н. Федин О.Л.

Лаб. физики элементарных частиц
проф., д.ф.-м.н. Алхазов Г.Д.

Лаб. короткоживущих ядер
к.ф.-м.н. Пантелеев В.Н.

Лаб. мезонной физики
к.ф.-м.н. Воробьев С. И.

Лаб. малонуклонных систем
ио к.ф.-м.н. Миклухо О. В.

Лаб. рел. ядерной физики
ио к.ф.-м.н. Рябов Ю.Г.

Лаб. барионной физики
к.ф.-м.н. Дзюба А. А.

Лаб. криог. и сверхпр. техники
к.ф.-м.н. Васильев А.А

Лаб. крист.-оптики зар. частиц
к.ф.-м.н. Иванов Ю.М.

Лаборатория адронной физики
д.ф.-м.н. Федин О.Л.

Лаборатория физики экз. ядер
проф., д.ф.-м.н. Новиков Ю.Н

Отдел радиоэлектроники
к.ф.-м.н. Головцов В.Л.

Отдел вычислительных систем
с.н.с. Шевель А.Е.

Отдел трековых детекторов
д.ф.-м.н. Крившич А.Г.

Отдел мюонных камер
с.н.с. Козлов В.С.

Опытное производство
с.н.с., к. ф.-м.н.
гл. инж. ОФВЭ Гаврилов Г Е

Научные подразделения

Научно-технические подразделения



	Научные сотрудники	ИТР	Рабочие	Всего
Кол-во чел	114	100	18	232
<35 лет	19 (17%)	23		42
от 35 до 70 лет	56 (49%)	44	12	112
> 70 лет	39 (34%)	33	6	78
кандидатов	62	3		
докторов	15			

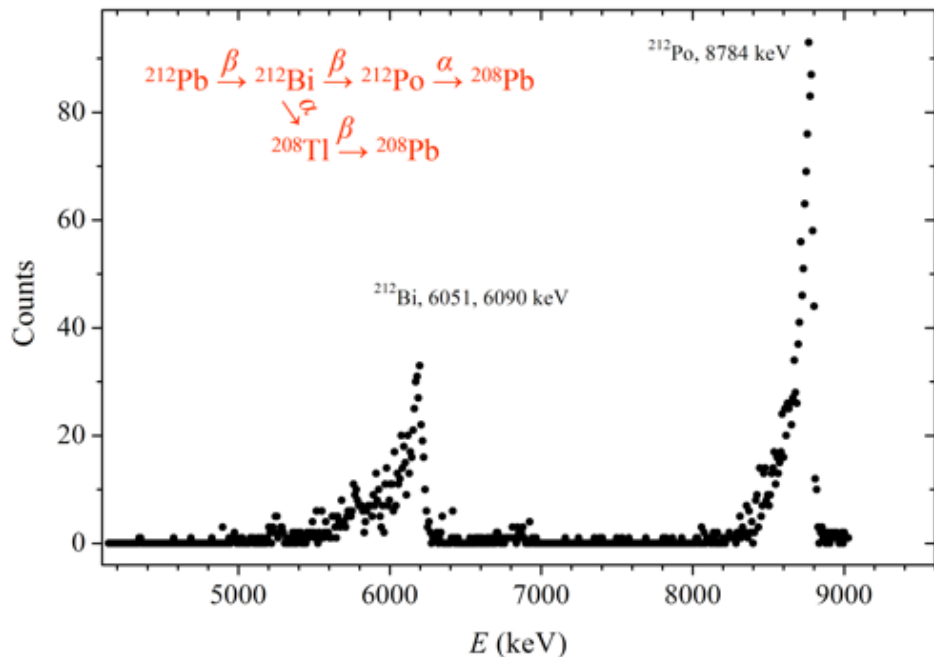
- ❑ Студентов - 17 чел
- ❑ Аспирантов - 8 чел
- ❑ Кандидатов наук <35 лет - 6 чел
- ❑ 54% сотрудников имеют степень кандидата наук и 13% доктора наук
- ❑ Численный состав ОФВЭ в 2014 г:
 - всего сотрудников 253 - сокращение 8%
 - Научные сотрудники 134 - сокращение 15%
 - ИТР 73 - рост на 36%
 - Рабочие 46 - сокращение в 2,5 раза !



- СЦ-1000 ПИЯФ: ИРИС, МАТТ, μ SR, π -канал, испытательные стенды
- Ц-80: радиоизотопный комплекс
- dd коллайдер ПИЯФ - POLFUSION
- NICA@ОИЯИ: MPD и SPD
- CERN:
 - LHC: ATLAS, CMS, LHCb, ALICE, UA9
 - ISOLDE, SHIP
- FAIR: CBM, PANDA, R3B, MATS, ACTAF
- PSI: MuSun
- Microtron@Mainz: Proton
- ПИК: ИРИНА+ПИТРАТ

Альфа спектр селективно выделенного на охлаждаемый коллектор ^{212}Pb (1230 °C) из нового мишенного материала карбида тория (ThC_2) высокой плотности

Лаборатория короткоживущих ядер (рук. В. Н. Пантелеев)



В 2020 г получен патент
 "Способ получения
 генераторного
 радионуклида
 Pb-212 для производства
 препарата на основе
 радионуклида Bi

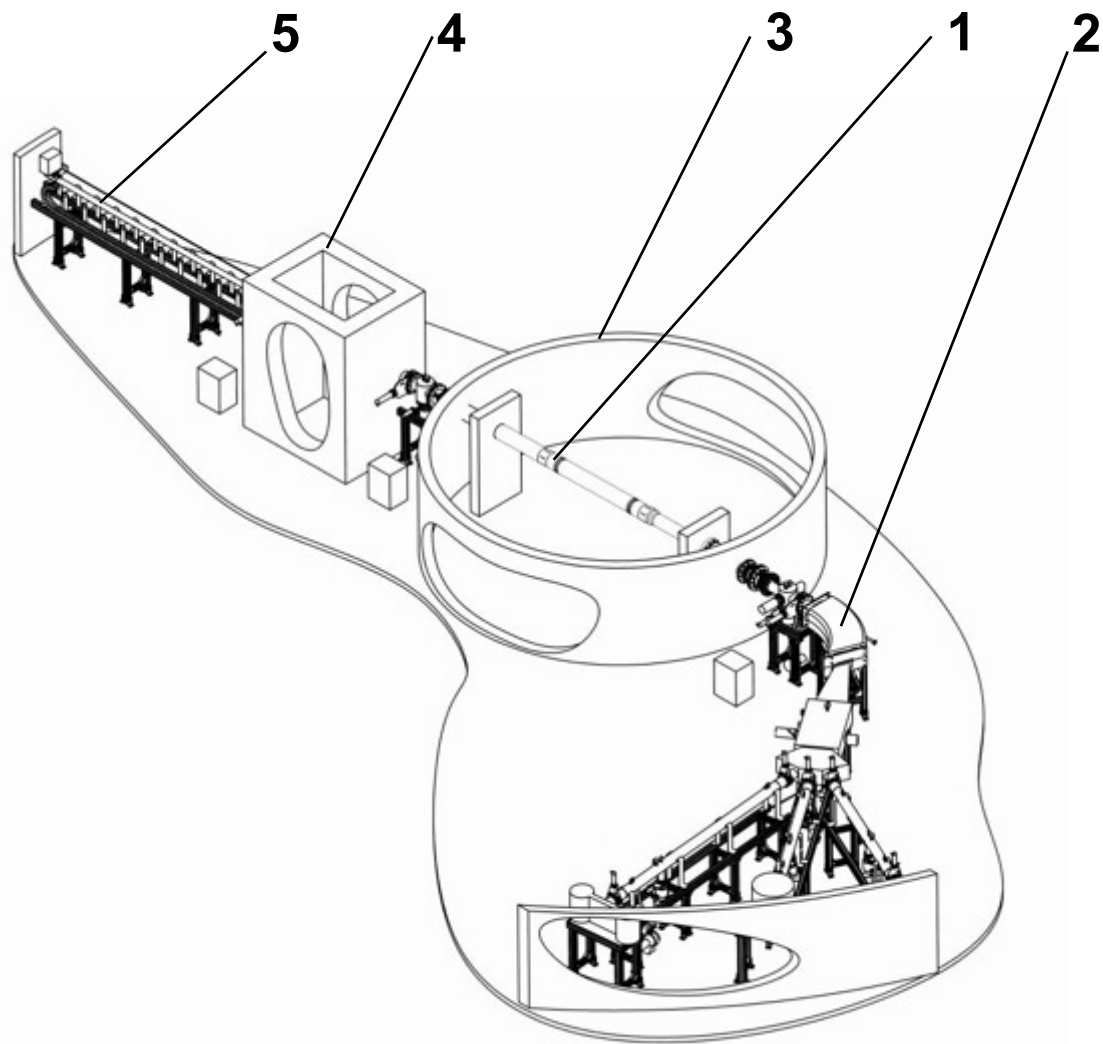


Новый способ обеспечивает:

- ❑ Использование одной и той же мишени из карбида тория для наработки целевого радионуклида Pb-212 в процессе многих сеансов облучения.
- ❑ Для накопления ^{212}Pb может быть использована мишень после ее долгой (≥ 10 сут) работы на пучке для получения других радионуклидов.
- ❑ Полное отсутствие жидких радиоактивных отходов.



Лаборатория короткоживущих ядер (рук. В. Н. Пантелеев)

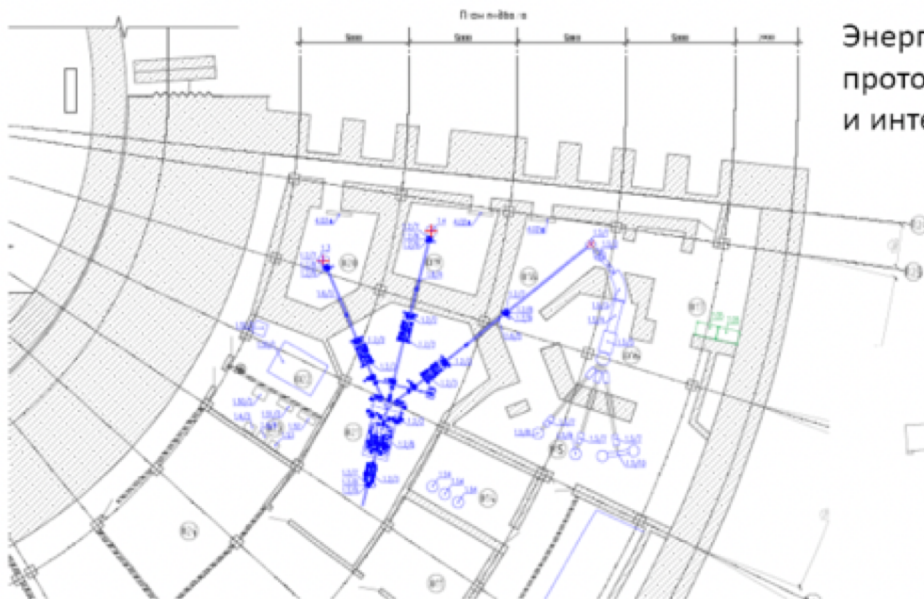


- ❑ Разработан эскизный проект мишенно-оптической и масс-сепараторной части комплекса.
- ❑ Разработаны технические задания на изготовление и поставку масс-сепаратора, горячей камеры и лазерной установки.
- ❑ На первый квартал 2021 г. планируется заключение контрактов на изготовление и поставку всего оборудования комплекса ИРИНА.
- ❑ На 2023 г. планируются строительные-монтажные и пусковые работы комплекса.

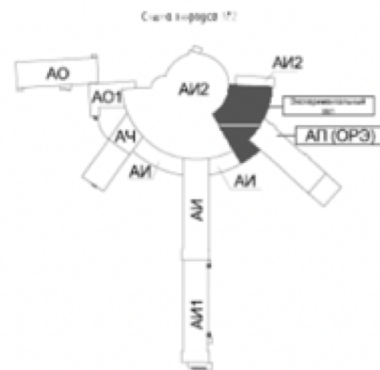
1 - мишенно-ионное устройство; 2 - масс-сепаратор;
3- защита реактора; 4 - горячая камера; 5 - система ввода и вывода мишени.



Лаборатория короткоживущих ядер (рук. В. Н. Пантелеев)



Энергия выведенного
протонного пучка 40–80 МэВ
и интенсивность до 100 мкА



Разработаны и обсуждаются с потенциальными подрядчиками (НИИЭФА, Ronik, (Дубна)) технические задания на:

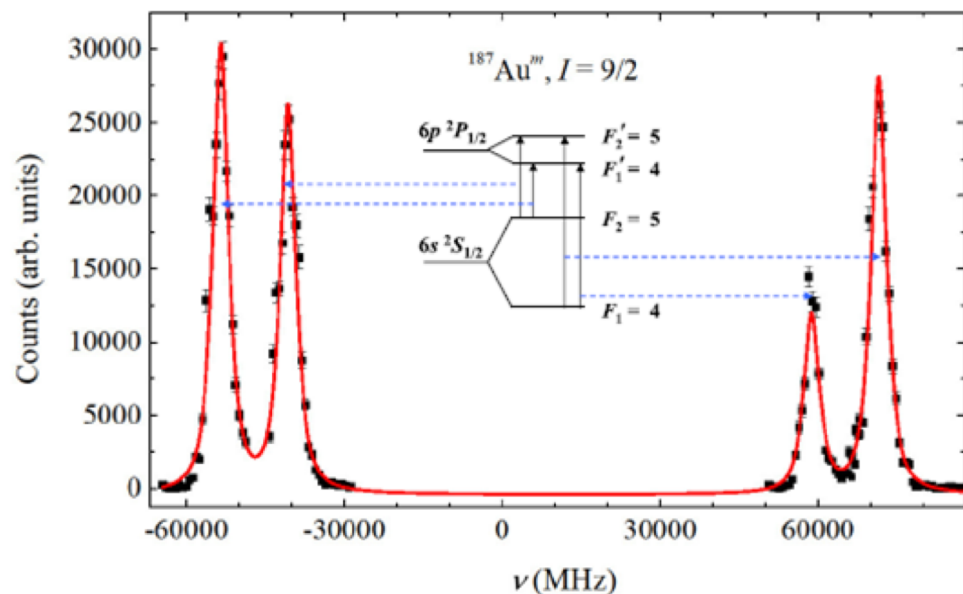
- три, включая масс-сепараторную, мишенные станции,
- масс-сепаратор,
- системы установки и транспортировки мишеней,
- горячие камеры,
- боксы для хранения облученных мишенных устройств.

Эффект сосуществования форм у ядра ^{187}Au

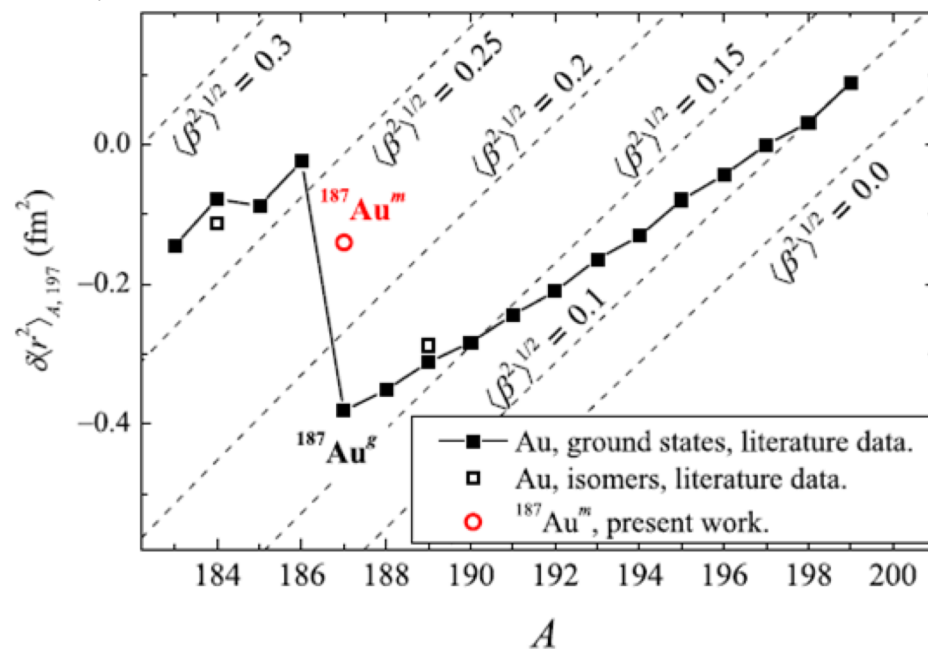
A Barzakh et al., Phys. Rev. C 101, 064321 (2020)

Лаборатория короткоживущих
рук. работы Барзах А. Е.

Пример оптического спектра для
изомерного состояния ^{187}Au



Изменения среднеквадратичных
зарядовых радиусов в изотопической
цепочке золота относительно ^{197}Au



Наблюдаемый **большой изомерный сдвиг** в зарядовых радиусах
основного и изомерного состояния ^{187}Au свидетельствует о
значительном **эффекте сосуществования форм** в данном ядре



Эксперимент POLFUSION @ ПИЯФ (1)



Лаборатория криогенной и сверхпроводящей техники (рук. А. А. Васильев)
Координатор Т. В. Кравченко



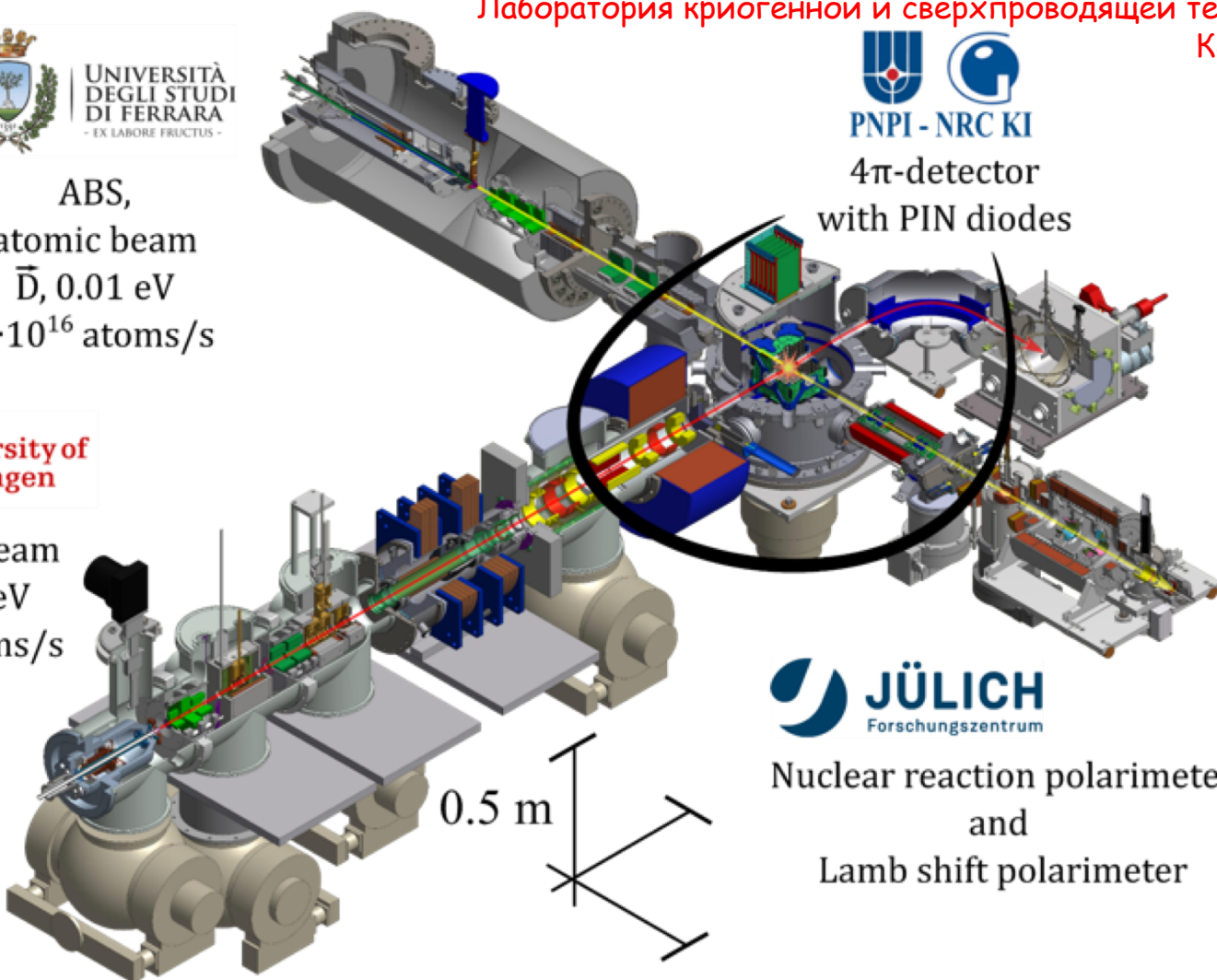
ABS,
atomic beam
 \bar{D} , 0.01 eV
 $2 \cdot 10^{16}$ atoms/s



4 π -detector
with PIN diodes



POLIS, ion beam
 \bar{d} , 10-50 keV
 $1.2 \cdot 10^{16}$ atoms/s
>15 μ A



Nuclear reaction polarimeter
and
Lamb shift polarimeter

POLFUSION - Международный проект выполняемый в ПИЯФ
нацеленный на исследование реакции слияния поляризованных
дейтронов



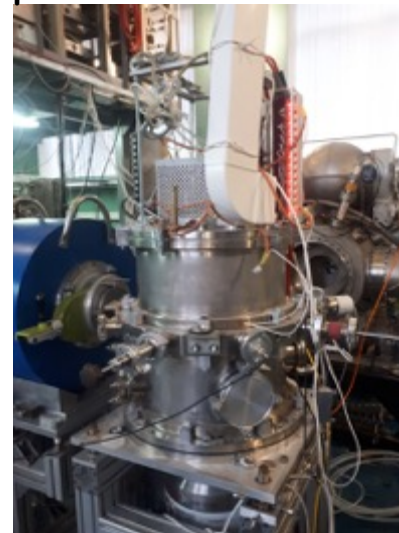
Эксперимент POLFUSION @ ПИЯФ (2)



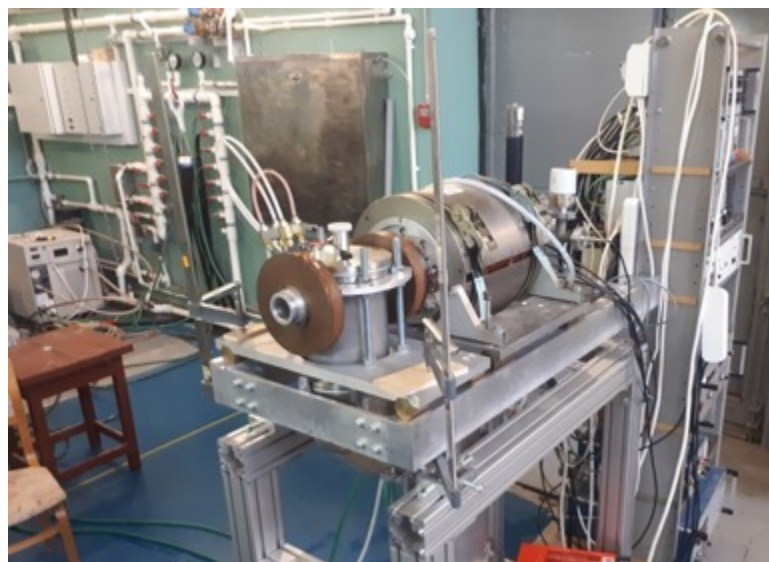
Поляризованный ионный источник (POLIS)



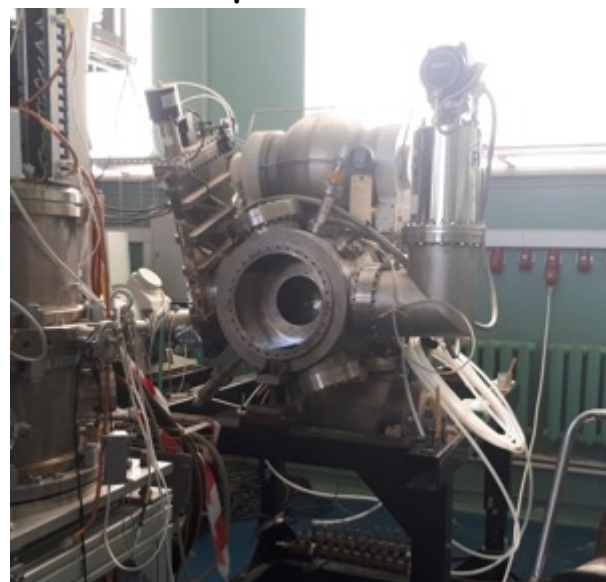
Центральный детектор



Поляриметр лэмбовского сдвига



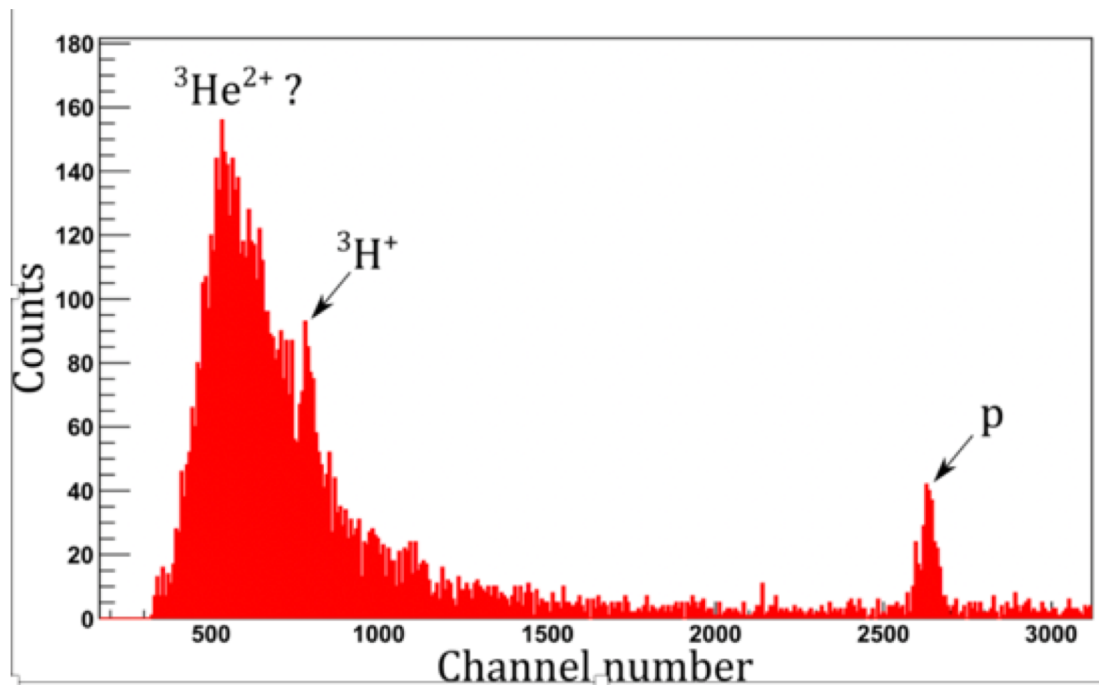
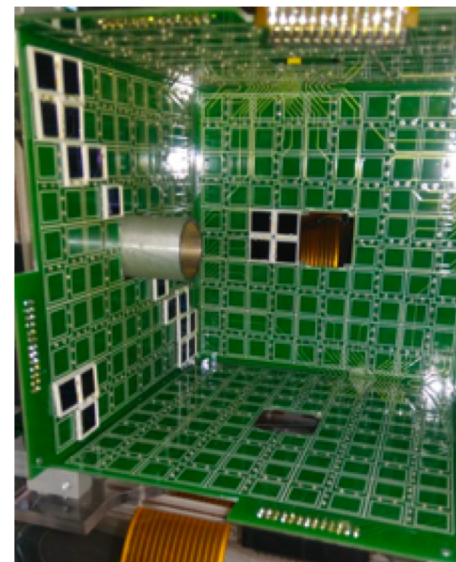
Источник поляризованных атомов (ABS)





Тестовый сеанс (Ноябрь-декабрь 2019):

- газовая мишень на парах тяжелой воды
- энергия ионов $E_d=10\text{keV}$
- время набора 300 часов
- ~2000 событий синтеза в 25 пин-диодах
- цель использования паровой мишени - имитация интенсивности атомарного источника





Исследования на зарубежных ускорителях





Координатор Кравченко П В

Сотрудничество с институтом Пауля Шеррера с 1989 года
" Швейцарская мезонная фабрика "

- Мюонный катализ ядерного dd и dt синтеза
- Мюонный захват протоном, дейтроном и ядром ^3He

Полученные результаты определяют современный мировой уровень исследований в этой области.

Ядерный синтез $d + ^3\text{He}$



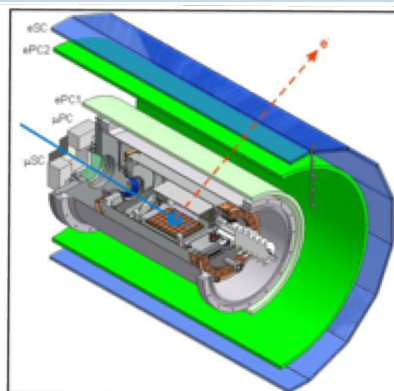
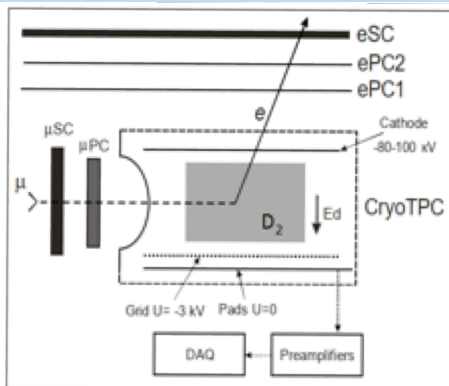
Астрофизика

Нужно сечение при энергии ≤ 1 КэВ

Мюонный катализ $d^3\text{He}$ синтеза



синтез $d + ^3\text{He}$ в молекуле $^3\text{He}d\mu$ может идти при энергии близкой к нулю



Детектор MuSun

Криогенная Время Проекционная Камера
D₂ +³He(5%), T = 31 K, плотность 5% LHD

Результат пробного эксперимента:
Получен верхний предел скорости
 $d^3\text{He}$ синтеза в мезомолекуле $^3\text{He}d\mu$:

$$\Delta \leq 6 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$$

Теоретическое предсказание:

$$\Delta \approx 2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$$

В сентябре 2021 планируется новый измерительный сеанс с увеличенной на порядок чувствительностью



Эксперимент ПРОТОН@МАМИ



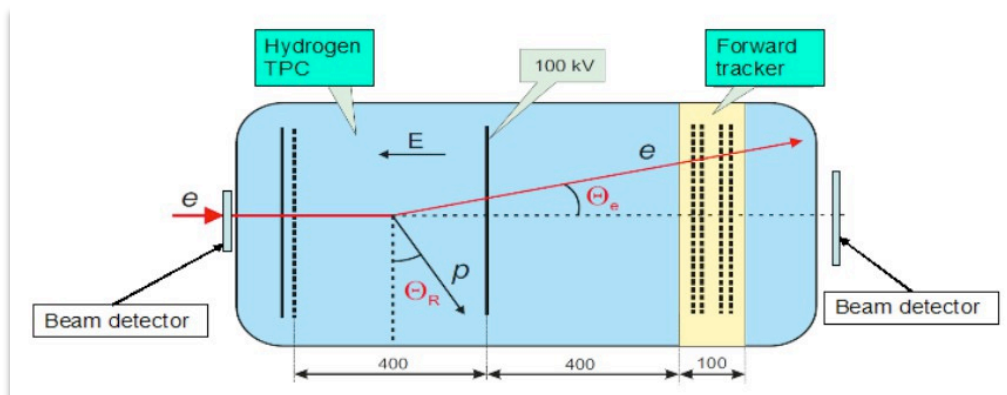
Цель эксперимента: прецизионное (0.5%) измерение радиуса протона в электрон-протонном рассеянии

Экспериментальный метод предложен и разработан в ПИЯФ

Эксперимент на электронном ускорителе МАМИ (Mainz, Германия)

Впервые будет измерено абсолютное дифференциальное сечение e -рассеяния на малые углы. Точность 0.2%

руководитель А. А. Воробьев



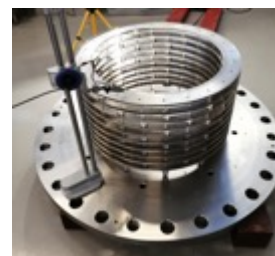
Детектор протонов отдачи: Водородная Время-Проекционная Камера
20 атм 400 x 600 мм 100 KV Однородность поля 0.1%

Детектор электронов: Спектрометр из восьми плоскостей MWPC. 600 мм диаметр. Абсолютная точность измерения 40 микрон.

Изготовление детектора в заключительной фазе.

Эффективная поддержка Дирекцией ПИЯФ.

Сборка всей установки включая газовую и HV системы в ПИЯФ до конца 2021. Транспортировка в Майнц и начало измерений 2022 г.



Система выравнивания электрического поля в TPC.



Одна из MWPC камер. Калибровка шкалы MWPC с абсолютной точностью 20 микрон



Эксперимент ПРОТОН@CERN



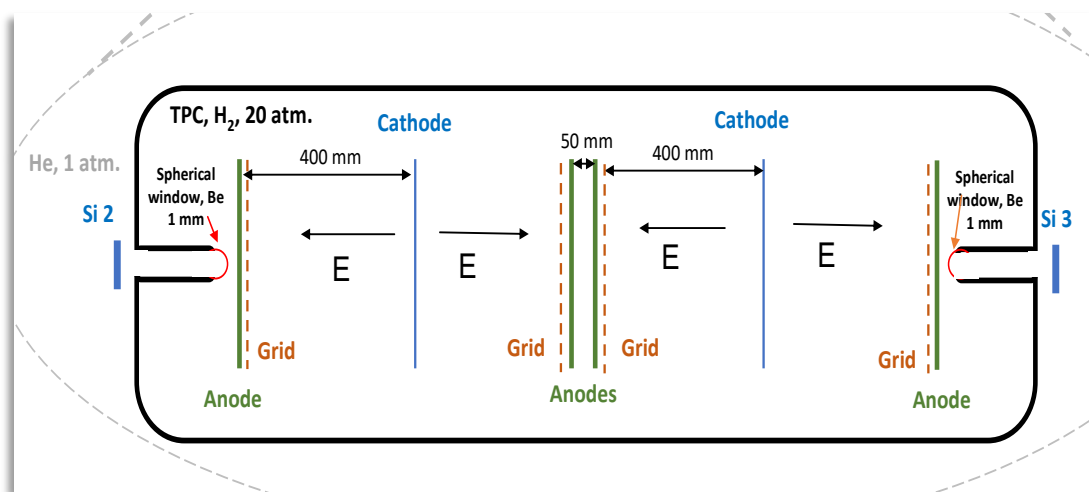
Цель эксперимента: Измерение радиуса протона в мюон-протонном рассеянии.

руководитель А. А. Воробьев

Экспериментальный метод тот же, что и в эксперименте в Майнце.

Водородная время-проекционная камера для регистрации протона отдачи и внешний трековый детектор для регистрации рассеянного мюона.

Параметры детектора отдачи идентичны параметрам детектора в Майнце, отличие лишь в числе дрейфовых зон: 4 зоны в ЦЕРНе - одна в Майнце.



ИКАР перед отправкой из GSI

Эксперимент получил одобрение на всех уровнях в ЦЕРНе.

Выделено время для тестового эксперимента, сентябрь 2021.

Ведется активная подготовка. В тестовом эксперименте будет использован перевезенный из GSI детектор ИКАР.

Основной эксперимент в 2022/ 2023.



Масс-спектрометр PENTA TRAP

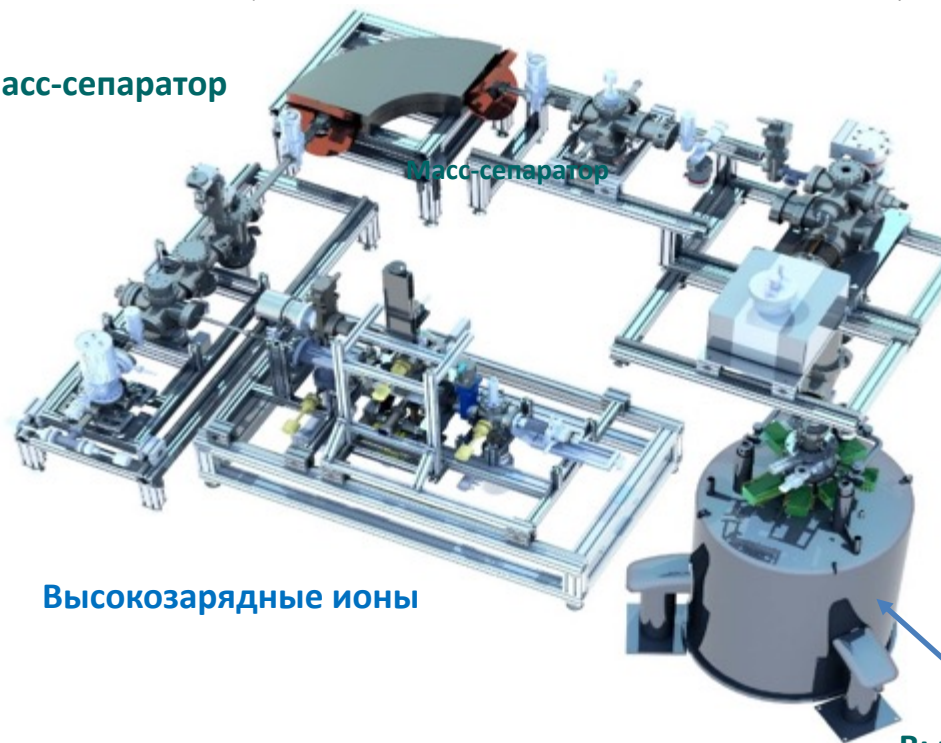


Лаборатория физики экзотических ядер (рук. Ю.Н. Новиков)

PENTA TRAP (Институт Макса Планка, Гейдельберге) рекордная для тяжело ионной масс-спектрометрии точность $\sim 10^{-11}$ (~ 1 эВ).

MPIK-PNPI-UNd-Sorbonne: В 2020 г обнаружены явления долгоживущей высоковозбуждённой ионной изомерии

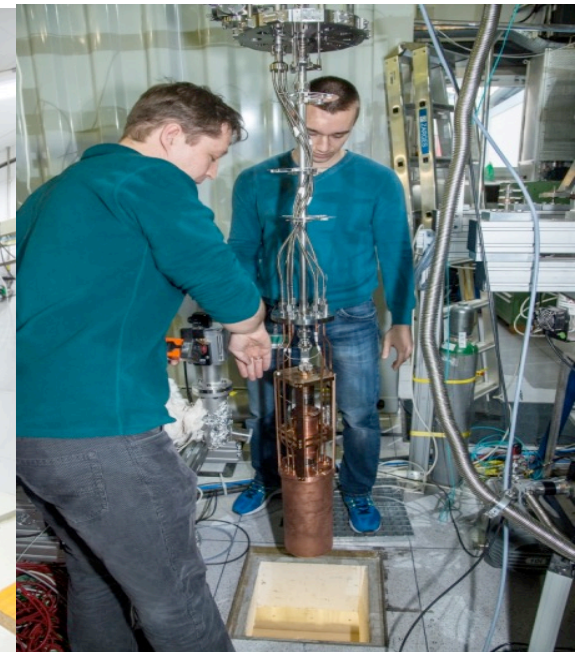
Масс-сепаратор



Высокозарядные ионы



Вышка из пяти ловушек



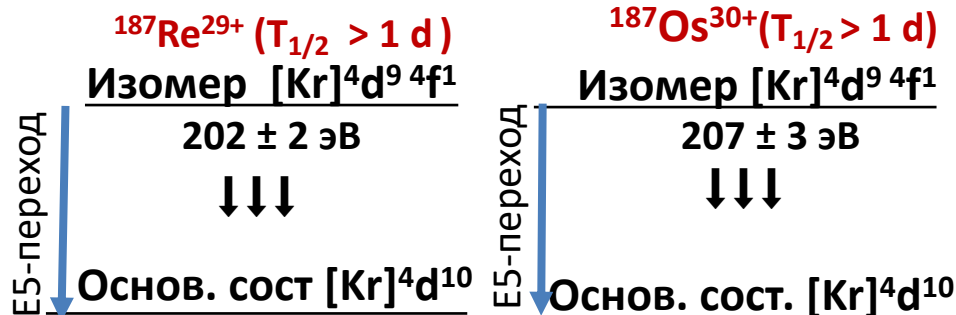
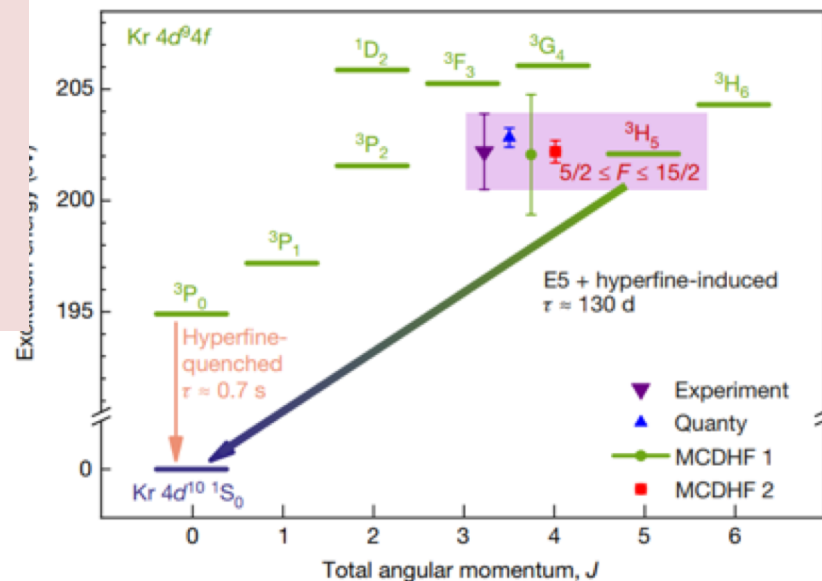
PENTA TRAP – это система из 5-ти ловушек которые используются для одновременного измерения отношения частот неизвестного и калибровочного нуклидов, что существенно сокращает систематические неопределённости



Масс-спектрометр PENTATRAP (2)



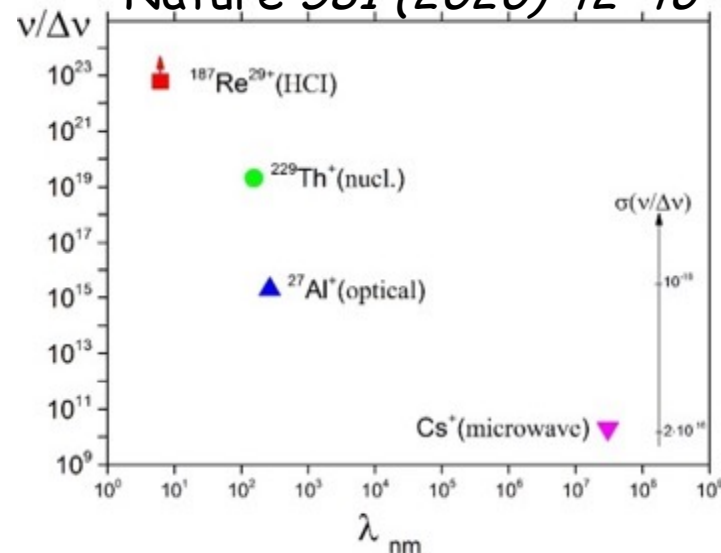
В эксперименте наблюдались два резонанса циклотронной частоты, соответствующие двум различным состояниям в одном и том же ионе. Такие метастабильные уровни наблюдались как в ионе $^{187}\text{Re}^{29+}$, так и $^{187}\text{Os}^{30+}$, имеющих одинаковую электронную структуру.




Принципиальный интерес к явлению:

- Тест QED, очень чувствительный к переходам E5 с высоким запретом
- Кандидат на эталон частоты с наивысшим ($> 10^{23}$) параметром качества
- Насколько широко распространено открытое явление. Поиск аналогичных изомерных состояний в ^{163}Dy и ^{163}Ho

Nature 581 (2020) 42-46



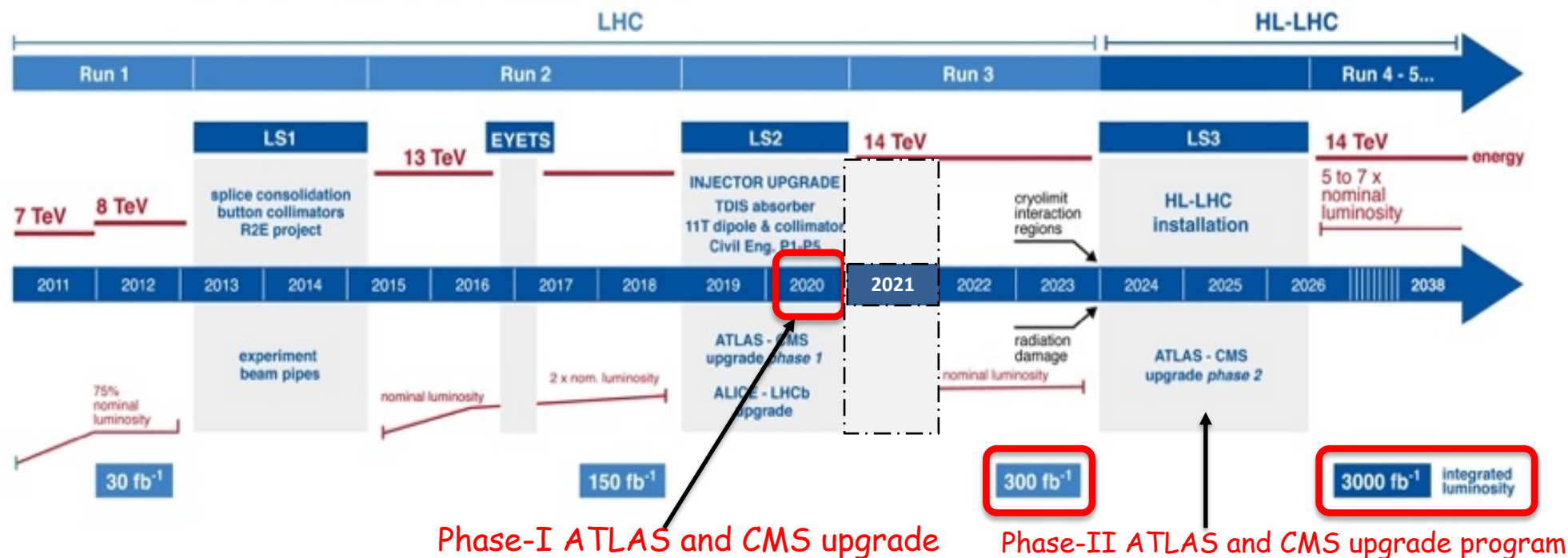
The image shows a long, narrow tunnel of the Large Hadron Collider. The walls are white and curved. On the left, a red fire extinguisher is mounted. The floor is a light-colored metal grating. In the center, a long row of blue superconducting magnets is visible, extending into the distance. The ceiling is filled with complex machinery, pipes, and lights. The overall atmosphere is industrial and technical.

Эксперименты на Большом Адронном Коллайдере (CERN, Geneve)



The High-Luminosity LHC program

LHC / HL-LHC Plan

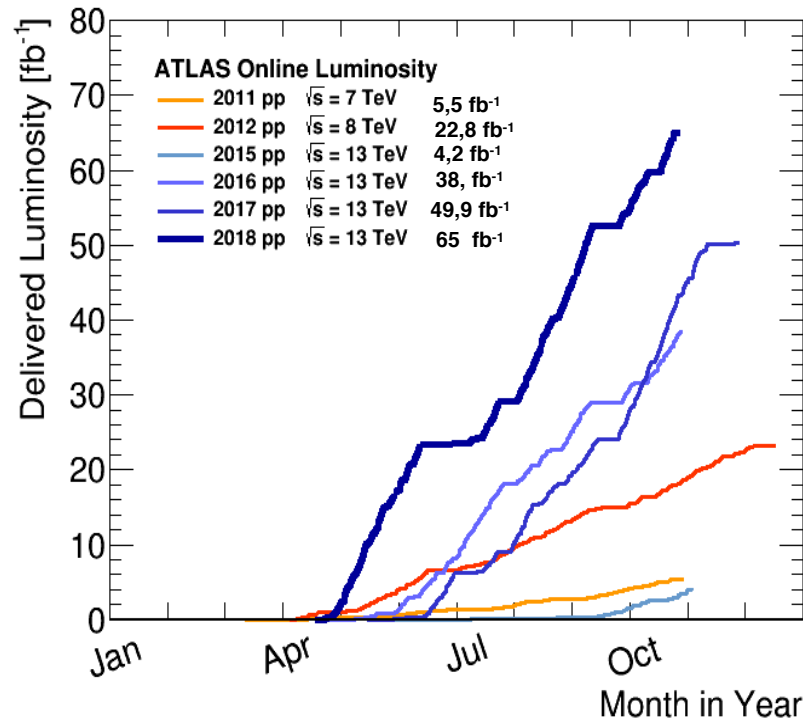
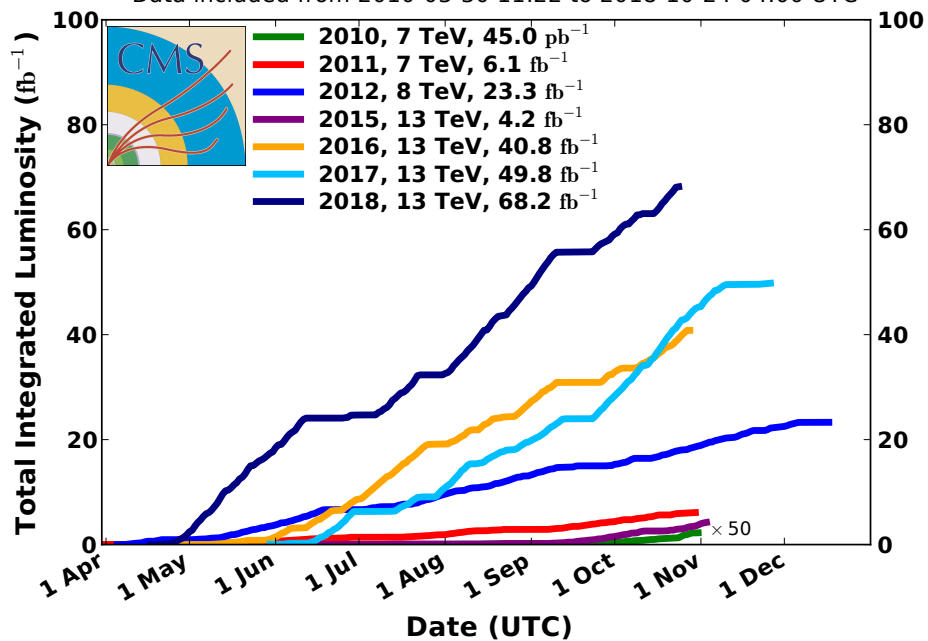


- 2014-2019: CMS, ATLAS, ALICE, LHCb - 236,3 млн. руб
- PHASE-II: Дополнения к МоУ подписано институтами и ЦЕРН, но так до сих пор и не подписано в правительстве. Финансирование должно было начаться в этом году, но так и не началось. Это приводит к срыву выполнения взятых обязательств.



CMS Integrated Luminosity, pp

Data included from 2010-03-30 11:22 to 2018-10-24 04:00 UTC



Initial 2018 calibration

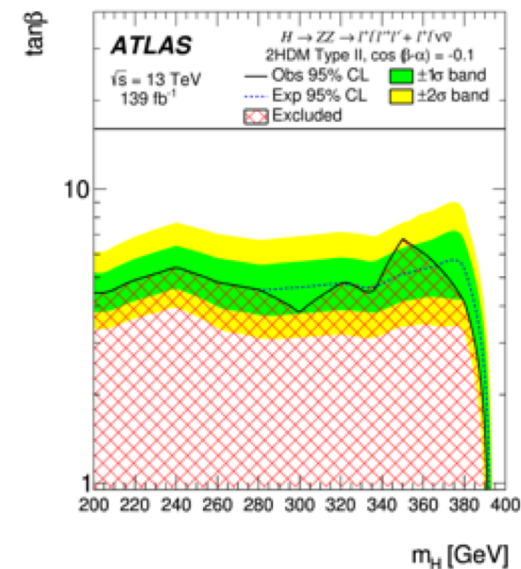
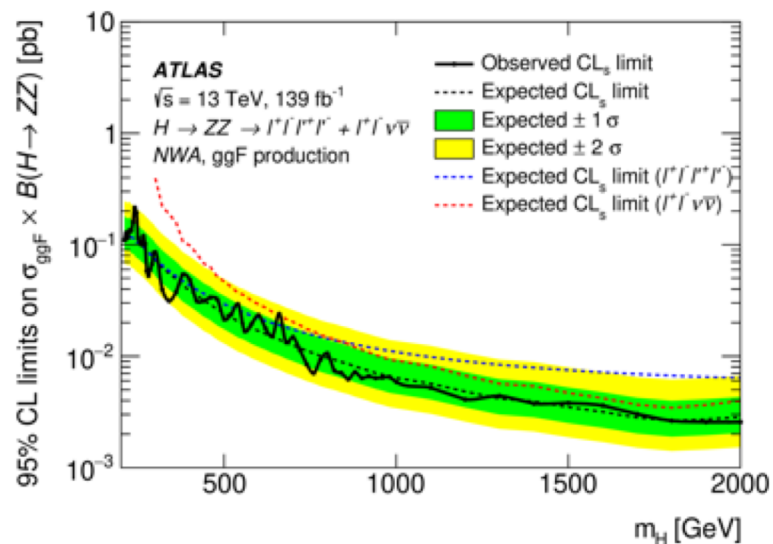
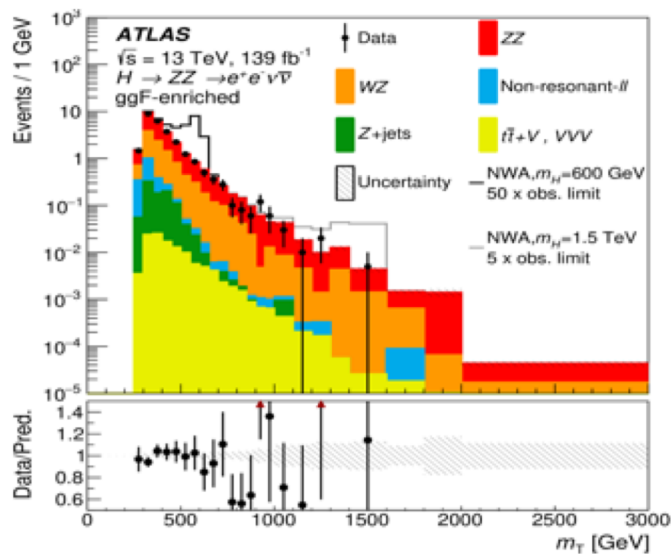
CMS @ 13 TeV 163 fb⁻¹

ATLAS @ 13 TeV 157 fb⁻¹



руководитель Федин О Л

- Расширения Стандартной модели, как например 2HDM (двухдублетная Хиггсовская модель), предсказывают новые бозоны Хиггса: CP-четные h и H , CP-нечетный псевдоскаляр A , заряженные H^+ , H^-
- Группа ПИЯФ занимается поиском тяжелого бозона Хиггса в канале: $H \rightarrow ZZ \rightarrow 2l2\nu$



Проведен анализ данных Run II (2015-2018 годов) 139 fb^{-1} Отклонений от предсказаний СМ не обнаружено. Установлены верхние пределы на сечение рождения тяжелого нейтрального бозона Хиггса для ggF и VBF механизмов рождения в интервале масс от 200 до 2000 ГэВ. Получены пределы для параметров 2HDM: $\tan\beta$ vs m_H , где $\tan\beta$ - отношение вакуумных средних двух дублетов полей Хиггса m_H - масса нового тяжелого бозона Хиггса

Поиск узких и широких резонансов с массой $> 1,8$ ТэВ, распадающихся на пару струй.

Никаких существенных доказательств рождения новых частиц не наблюдается.

Получено ограничение на массу медиатора частиц $DM > 4,8$ ТэВ

руководители А. А. Воробьев
В. Т. Ким

JHEP 04 (2020) 188

□ $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$

SM: $Br(B_s^0 \rightarrow \mu\mu) = [3.65 \pm 0.23] \times 10^{-9}$

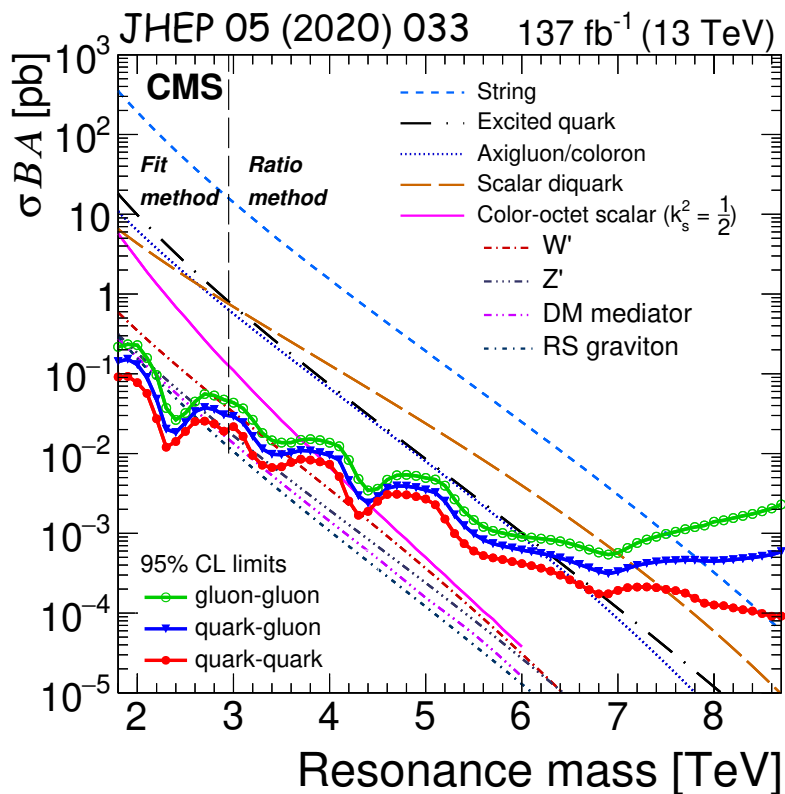
Распад $B_s^0 \rightarrow \mu\mu$ наблюдается на уровне 5.6σ
 $Br(B_s^0 \rightarrow \mu\mu) = [2.9 \pm 0.7 (exp) \pm 0.2 (frag)] \times 10^{-9}$

□ $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$

SM: $Br(B^0 \rightarrow \mu\mu) < 1.6 \times 10^{-10}$

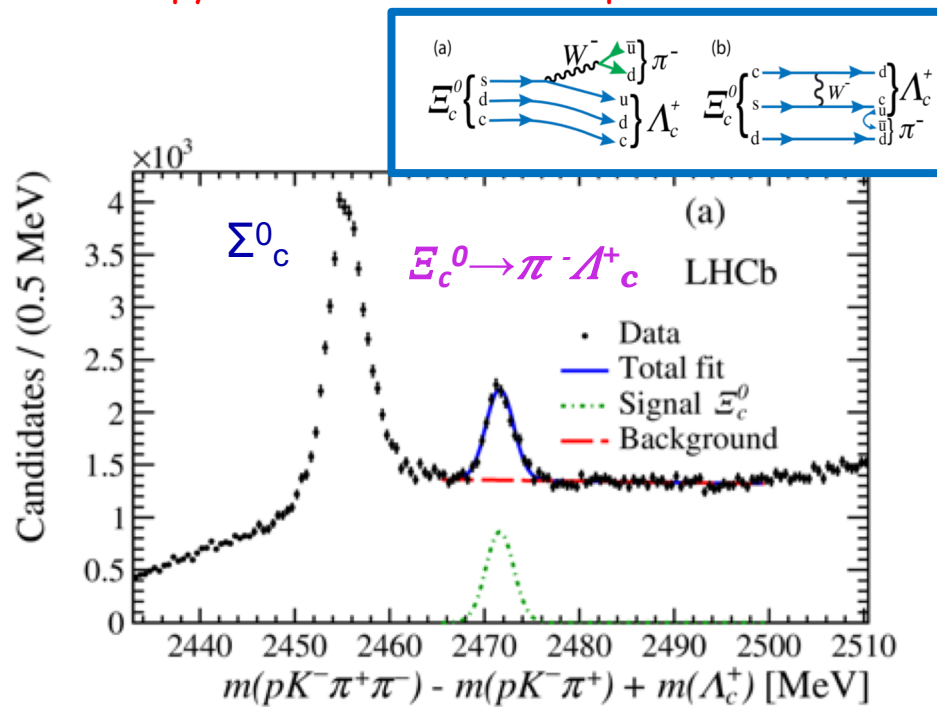
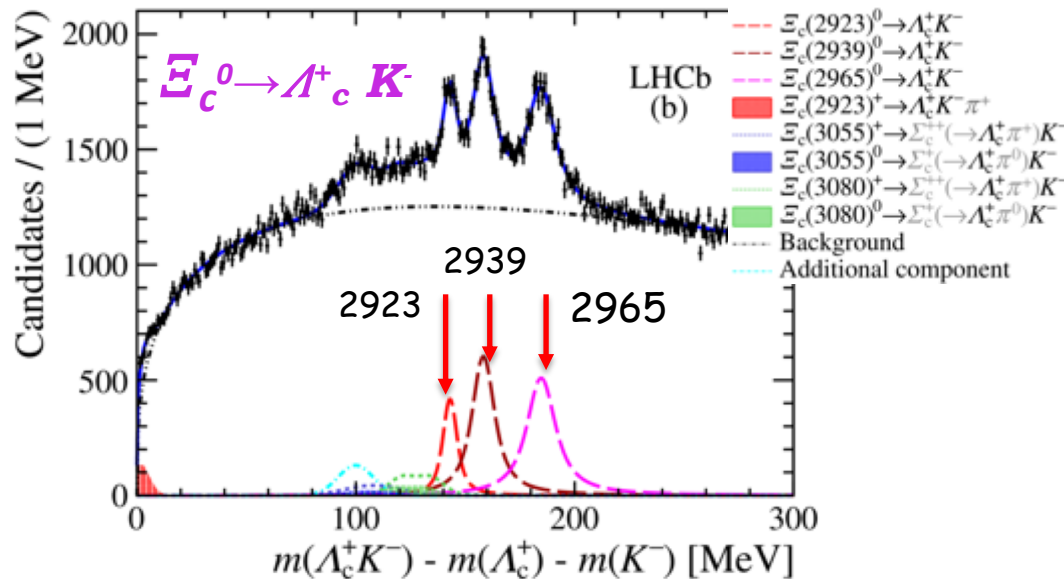
Распад $B^0 \rightarrow \mu\mu$ не наблюдается
 $Br(B^0 \rightarrow \mu\mu) < 3.6 \cdot 10^{-10}$

Отклонений от SM не обнаружено.



руководители А. А. Воробьев, А.А. Дзюба

Phys. Rev. Lett. 124 (2020) 222001



PRD 102 (2020) 071101(R)

Физика Ξ_c бариона:

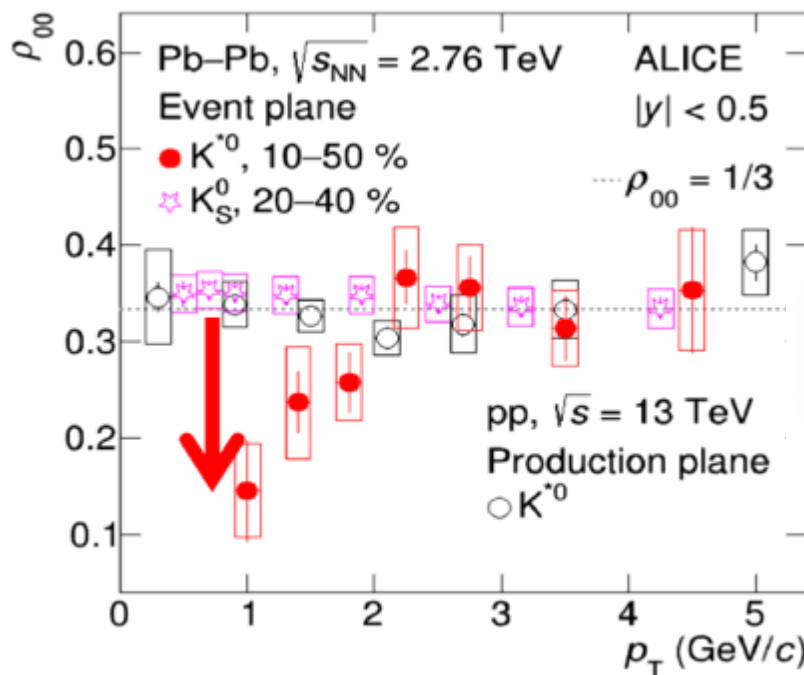
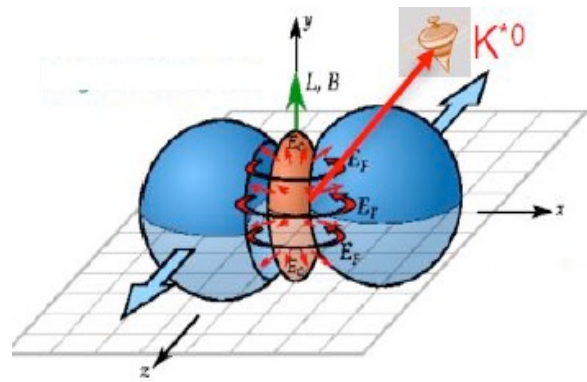
- Измерение вероятности распада $\Xi_c^0 \rightarrow \pi^- \Lambda_c^+$
 - Сохранение очарования при распаде под действием слабого взаимодействия!
 - Впервые измерена вероятность распада
- Обнаружение новых возбужденных состояний Ξ_c^0 барионов
 - Три новых возбужденных барионных состояния в спектре масс системы $\Lambda_c^+ K^-$
 - Измерены массы и ширины открытых частиц
 - Также наблюдаются частично восстановленные распады возбужденных состояний Ξ_c^0
- Поиск CP нарушения в распадах $\Xi_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$. (arXiv:2006.03145)
 - Указаний на CP нарушение не обнаружено



Измерение $K^{*0} \rightarrow K\pi$ распадов

Phys.Rev.Lett. 125(2020)012301

координатор группы ALICE: Рябов В.Г



ρ_{00} - вероятность K^{*0} мезону находится в спиновом состоянии S_0

$$\frac{dN}{d\cos\theta} = N_0 [1 - \rho_{0,0} + \cos^2\theta (3\rho_{0,0} - 1)]$$

Highlights in the CERN Courier



ALICE Plasma polarised by spin-orbit effect

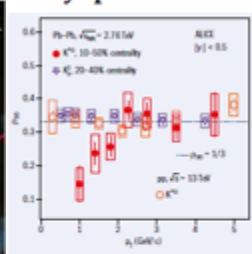


Fig. 1. The spin alignment of (spin-1) K^{*0} mesons (red circles) can be characterized by deviations from $\rho_{0,0} = 1/3$, which is estimated here versus their transverse momenta, p_T . The same variable was estimated for (spin-0) K_S^0 mesons (magenta stars), and K^{*0} mesons produced in proton-proton collisions with negligible angular momentum (yellow orange circles), as systematic tests.

from $1/3$) at a level of 2σ . The above dependence of $\rho_{0,0}$ is expected if polarisation via spin-orbit coupling subsequently transferred to the recombination of a quark and an anti-quark from the quark-gluon plasma. The data are also consistent with the initial angular momentum of the hot and dense matter being highest for mid-central collisions and decreasing towards zero for central and peripheral collisions.

The results are surprising, however, as corresponding quark-polarisation values obtained from studies with Δ baryons are compatible with zero. A number of systematic tests have been carried out to verify these surprising results. Kinematics do indeed yield $\rho_{0,0} \approx 1/3$, indicating no spin alignment, as neither true for spin-zero particles. For proton-proton collisions, the absence of initial angular momentum also leads to $\rho_{0,0} = 1/3$, consistent with the observed neutral K^0 spin alignment being the result of spin-orbit coupling.

The present measurements are a step towards experimentally establishing possible spin-orbit interactions in the relativistic-QCD matter of the quark-gluon plasma. In the future, higher statistics measurements in Run 3 will significantly improve the precision, and studies with the charged K^* , which has a magnetic moment seven times larger than neutral K^* , may even allow a direct observation of the effect of the strong magnetic fields initially experienced by the quark-gluon plasma.

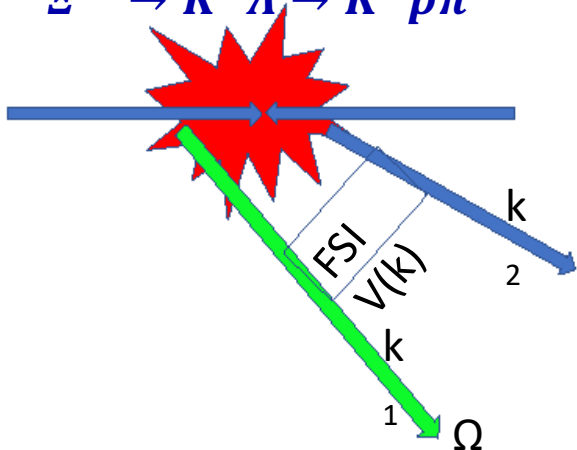
Further reading
ALICE Collab. 2019 arXiv:1909.12280
ALICE Collab. 2019 arXiv:1909.12281

- Большой орбитальный угловой момент ($\sim 10^{27} \hbar$) в нецентральном столкновении приводит к вращению КГП ($\approx 10^{21}$ об./сек.)
- Спин-орбитальное взаимодействие поляризует кварки
- Кварки рекомбинируют в векторный мезон K^{*0} (спин = 1)
- Выстраивание спина - подавление проекции S_0
- Эффект подавления 3σ при малых p_T
- Качественные предсказания: $\rho_{00} > 1/3$ - адронизация поляризованного партона происходит через фрагментацию, $\rho_{00} < 1/3$ - адронизация происходит через рекомбинацию



Фемтоскопия пар барионов из pp столкновений на БАК - взаимодействие нестабильных барионов:
 Корреляция p, Ω^- и p, Ξ^-

Метод - измерение и анализ корреляционной функции пары барионов, испущенных из одного источника в протон-протонных столкновениях

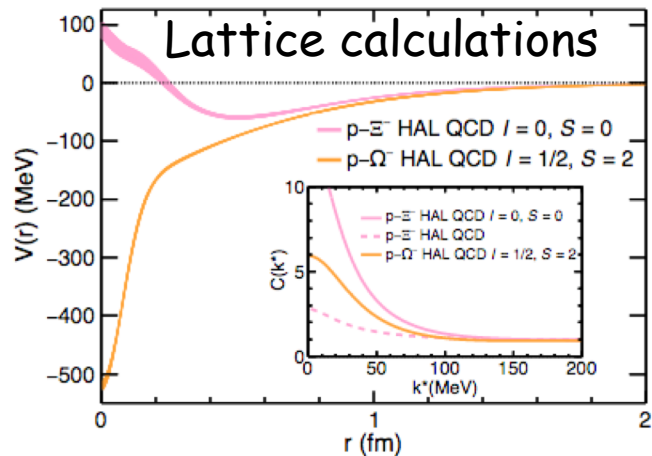


$$C(\vec{k}) = \int S(\vec{r}) |\Psi(\vec{k}, \vec{r})|^2 d\vec{r} = \epsilon(k) \frac{N_{same}(k)}{N_{mix}(k)}$$

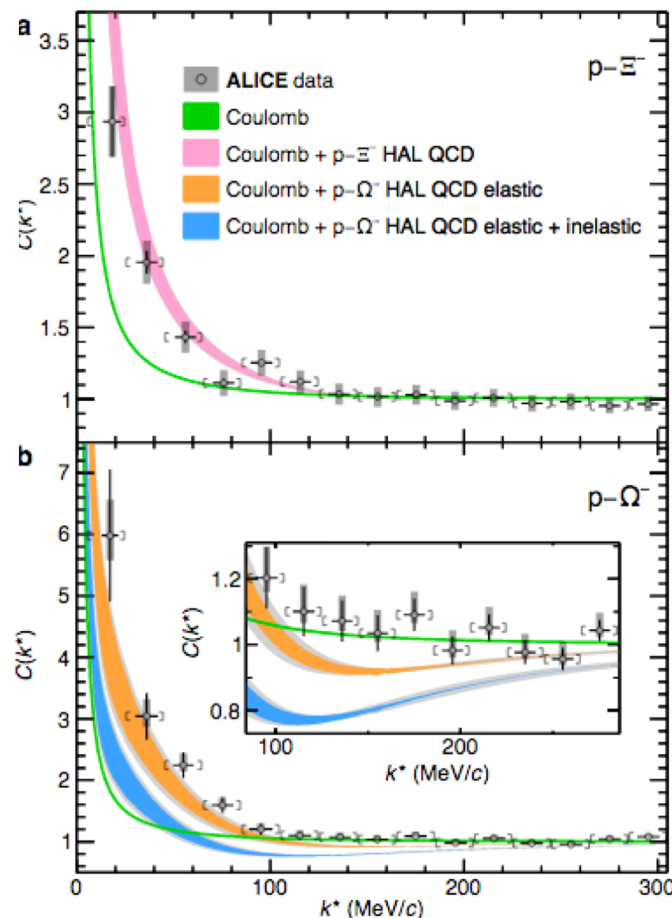
Функция источника $S(\vec{r})$ из фита измеренных pp корреляций - размер области испускания примерно 1 фм

Двухчастичная функция $\Psi(\vec{k}, \vec{r})$ - решение уравнения Шредингера с заданным потенциалом, например, из решеточных расчетов

Сравнение с измеренной корреляционной функцией $C(\vec{k})$ - сильное притяжение, но отсутствие связанного состояния протона и омега гиперона, предсказанного расчетами на решетках



Nature 588, p. 232-238(2020)

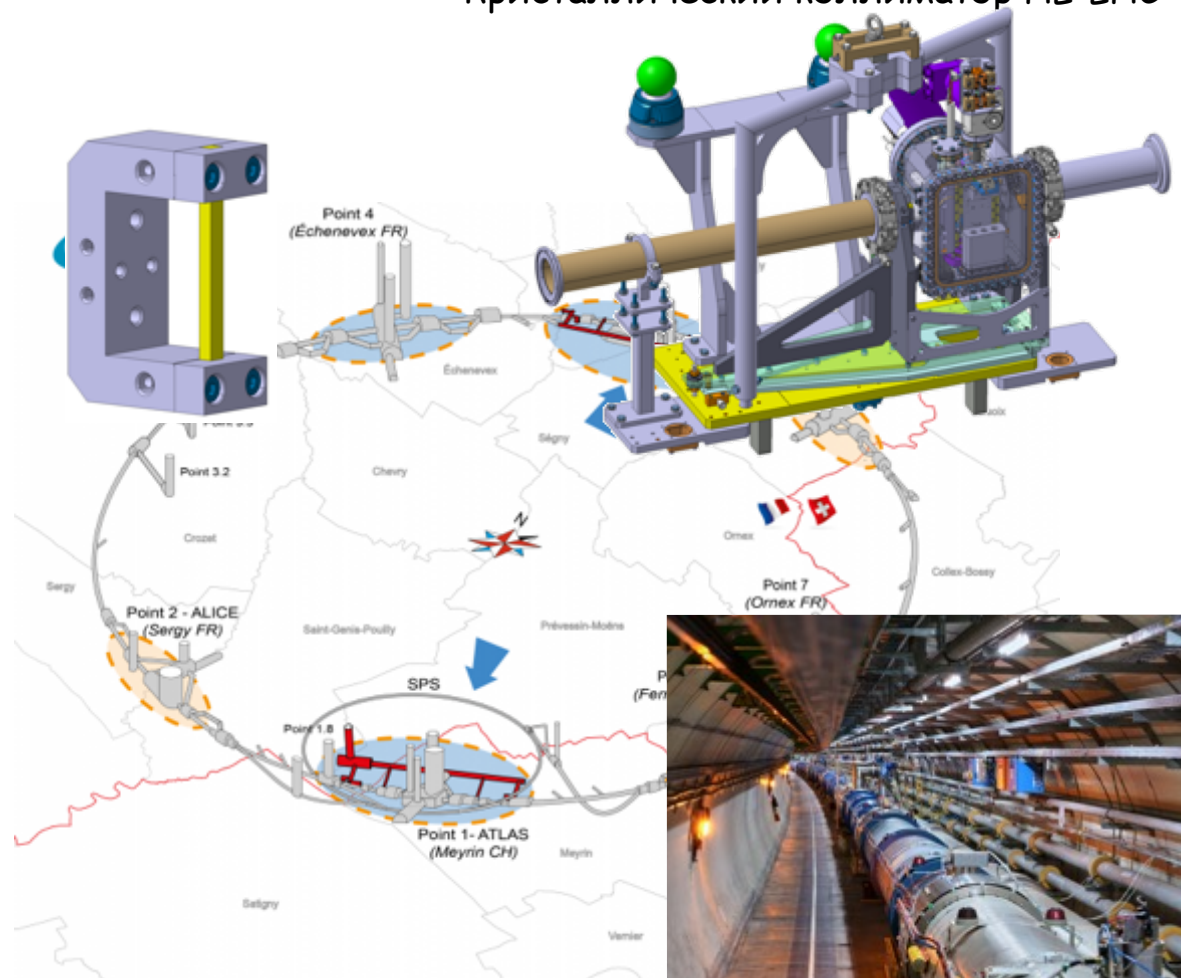




Лаборатория кристалло-оптики заряженных частиц (рук. Ю. М. Иванов)

- Успехи исследований кристаллической коллимации в LHC при участии ЛКОЗЧ и коллаборации UA9 привело к подписанию соглашения между ЦЕРН и НИЦ КИ ПИЯФ/ИФВЭ по созданию кристаллических станций для системы коллимации LHC в течение 2020-2025 г.
- Начато совместное с CERN проектирование 12 кристаллических станций для коллимации ионных пучков ускорителя HiLumi-LHC
- Идет подготовка установки для тестирования кристаллов методами рентгеновской дифракции

Кристаллический коллиматор HL-LHC





лаборатория адронной физики (рук. О.Л. Федин)

Разработка конструкции и изготовление тонкоззорных пропорциональных камер для модернизации передней части мюонного спектрометра детектора ATLAS - 36 квадруплетов (144 камеры). Работа по сборке и испытанию камер в ПИЯФ успешно завершена. Все 36 квадруплетов доставлены в ЦЕРН.



Квадруплет (4-камеры) изготовленный в ПИЯФ и установленный в структуру мюонного спектрометра в CERN

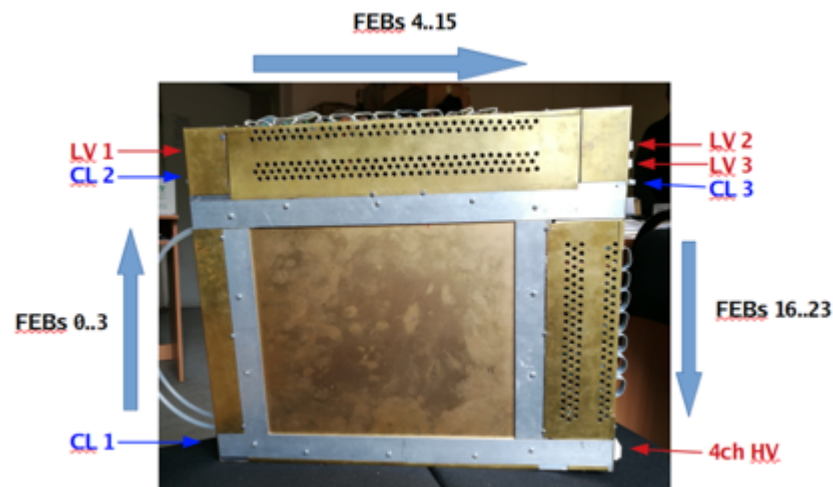


Отдел мюонных камер (рук. В.С. Козлов)
Лаборатория барионной физики (рук. Дзюба А. А.)

- Группа ПИЯФ несёт ответственность за функционирование Мюонной Системы детектора LHCb, в разработку и создание которой ПИЯФ внес определяющий вклад.
- В рамках подготовки к третьему этапу работы БАК в течении которого загрузки детектора будут увеличены в 5 раз основной задачей является обеспечение работоспособности мюонных камер.
- Мюонная Система LHCb:
 - замена считывающей электроники и системы сбора данных эксперимента, с целью увеличения скорости сбора данных с 1.1 МГц до 30-40 МГц.
- Вклад ПИЯФ:
 - изготовление запасных мюонных камер для нескольких областей Мюонной Системы;
 - установка и ввод в эксплуатацию новой электроники;
 - **разработка и изготовление новых мюонных камер высокой гранулярности для внутренних областей - станции M2 и M3.**
- В ПИЯФ:
 - произведены и доставлены в ЦЕРН запасные камеры для областей M2R3, M2R4, M3R3 и M4R2
 - изготовлены и успешно прошли испытания прототипы новых камер высокой гранулярности для регионов M2R1 и M2R2.



Проверочный стенд (слева) и установленная в рабочую стойку Мюонного детектора новая электроника (справа)



Полностью собранный прототип камеры M2R1

Эксперименты на Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR, GSI Darmstadt)



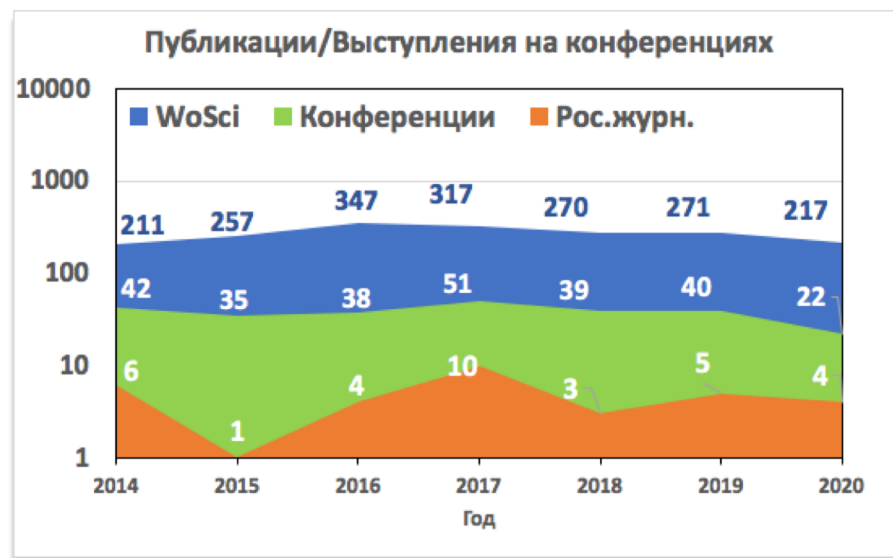


- **PANDA** (лаб. малонуклонных систем - О В Миклухо)
 - **FTOF wall** с высоким временным разрешением (60 ps) для идентификации заряженных частиц по времени пролета.
 - выбор материалов для сцинтилляторов, ФЭУ, разработка конструкции, подготовка к заключению контракта на изготовление
- **CBM**
 - **Мюонный детектор MUCH** (координатор работ А. В. Ханзадеев) - идентификация мюонов при его прохождении через набор поглотителей
 - разработан эскизный проект всей механической структуры детектора, удовлетворяющий строгим требованиям по точности позиционирования элементов детектора, допустимым деформациям, нагрузкам и т.д.
 - **RICH - Ring Imaging Cherenkov** (координатор работ Ю.Г. Рябов) - Черенковский детектор кругового действия эксперимента CBM, детектирующая система, предназначенная для измерения характеристик электрон-позитронных пар.
 - Подготовлен и представлен эскизный проект механики детектора.
 - Продолжаются испытания полномасштабного прототипа конструкции поддержки зеркал в ПИЯФ на специально разработанном лазерном стенде.
- **R3B** (отдел трековых детекторов - А. Г. Крившич)
 - **PAS - протонный спектрометр** на основе дрейфовых трубок из алюминия.

Декабрь 2020 г - Сборка ярма магнита и соленоида в ОИЯИ



- ❑ Сборка детектора начнется в 2022 году
- ❑ ПИЯФ - официальное вступление в коллаборацию 2018 г.
- ❑ Идет подготовка к подписанию M&O
- ❑ 2 гранта РФФИ - "Mega Science - NICA".
 - 9 докладов на конференциях
- ❑ Участие в подготовке физической программы эксперимента MPD
 - Оценка выхода частиц и их чувствительности к свойствам среды, созданной в столкновении тяжелых ионов
 - Возможность реализации исследований и развитие техники анализа



□ Диссертации (в среднем ~2 в год):

- 2020: защит не было; 😞
- 2019: 1 кандидатская;
- 2018: одна кандидатская и одна докторская
- 2017: 2 кандидатские
- 2016: 2 докторские и 3 кандидатские

□ Опубликовано 22 заметки о новостях науки на сайте ПИЯФ (А. А. Дзюба, А. Е. Барзах, Ю.Г. Нарышкин)



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



И ТЕРПЕНИЕ