



Отделение физики высоких энергий

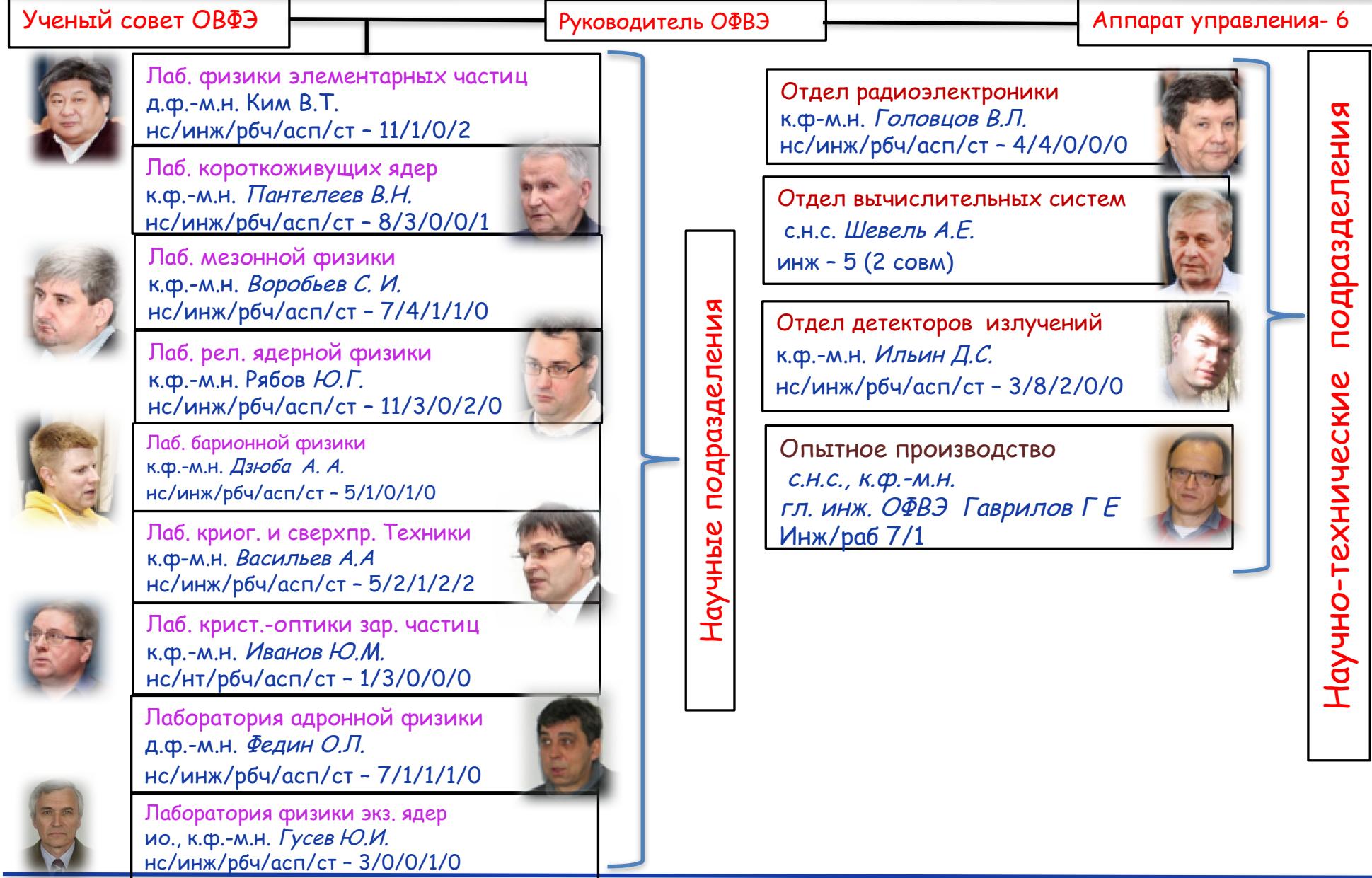
ИТОГИ - 2024

О. Л. Федин

Научная сессия ученого совета ОФВЭ
24-27 декабря 2024 года



Структура ОФВЭ - 2024





Руководство ОФВЭ - 2024

О. Л. Федин



А. А. Васильев



В. Т. Ким



В. В. Саранцев



И. А. Логинова



Г. Е. Гаврилов



руководитель
ОФВЭ

зам. рук. по
научной раб.

зам. рук. по
научной раб.

учёный
секретарь

зам. рук. по
общим вопросам

главный
инж. ОФВЭ

Секретариат ОФВЭ

А. А. Дзюба



Л. Р. Ахметова



Е. Н. Черная



С. Н. Александрова Л. И. Киселева



помощник рук.
отделения

Помощник
руководителя

Помощник зам.
руководителя
по общим
вопросам

Помощник
главного
инженера
ОФВЭ



Руководство ОФВЭ - 2025

О. Л. Федин



А. А. Васильев



В. Т. Ким



Д.А. Иванищев



И.А. Логинова



Г.Е. Гаврилов



руководитель
ОФВЭ

зам. рук. по
научной раб.

зам. рук. по
научной раб.

учёный
секретарь

зам. рук. по
общим вопросам

главный
инж. ОФВЭ

А. А. Дзюба



Л. Р. Ахметова



Е. Н. Черная



помощник рук.
отделения

Помощник
руководителя

Секретариат ОФВЭ
С. Н. Александрова Л. И. Киселева



Помощник зам.
руководителя
по общим
вопросам

Помощник
главного
инженера
ОФВЭ



Кадровый состав ОФВЭ



□ На декабрь 2024 года в ОФВЭ: 138 (165 в 2023 - 26%)

- Научных сотрудников 68
- Научно-технические работники 47
- Рабочих 7
- Аспирантов 9
- Студентов 7

□ Доктора физ.-мат. наук 12 (18%)

□ Кандидаты физ.-мат. наук 42 (62%)

□ Профессора 3

□ Почетный профессор РАН 1

□ Возраст:

➤ До 35 лет 21 (15%)

➤ От 35 до 70 лет 66 (48%)

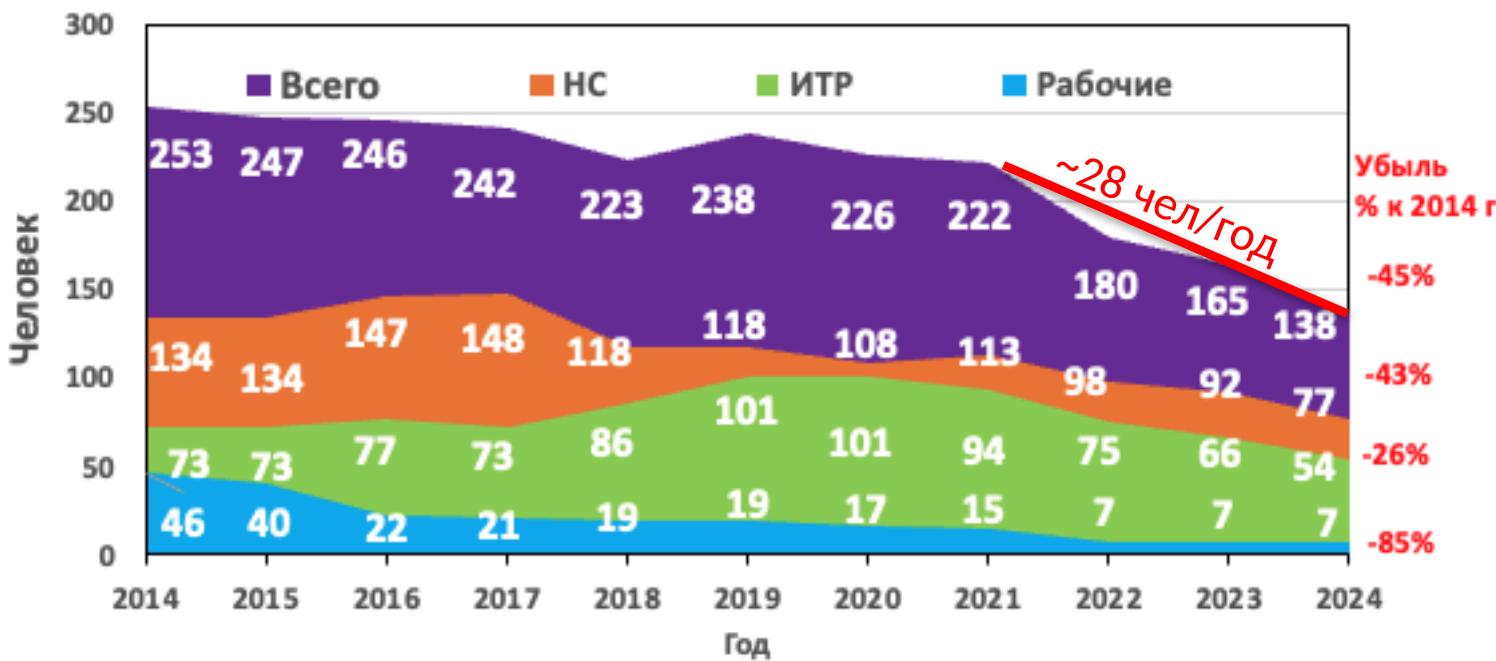
➤ Старше 70 лет 51 (37%)



Кадровый состав ОФВЭ

Убыль 11,5 чел/год

Кадровый состав ОФВЭ



Численность отделения сократилась с 2014 года
почти в два раза и в основном это коснулось научных
сотрудников и рабочих.



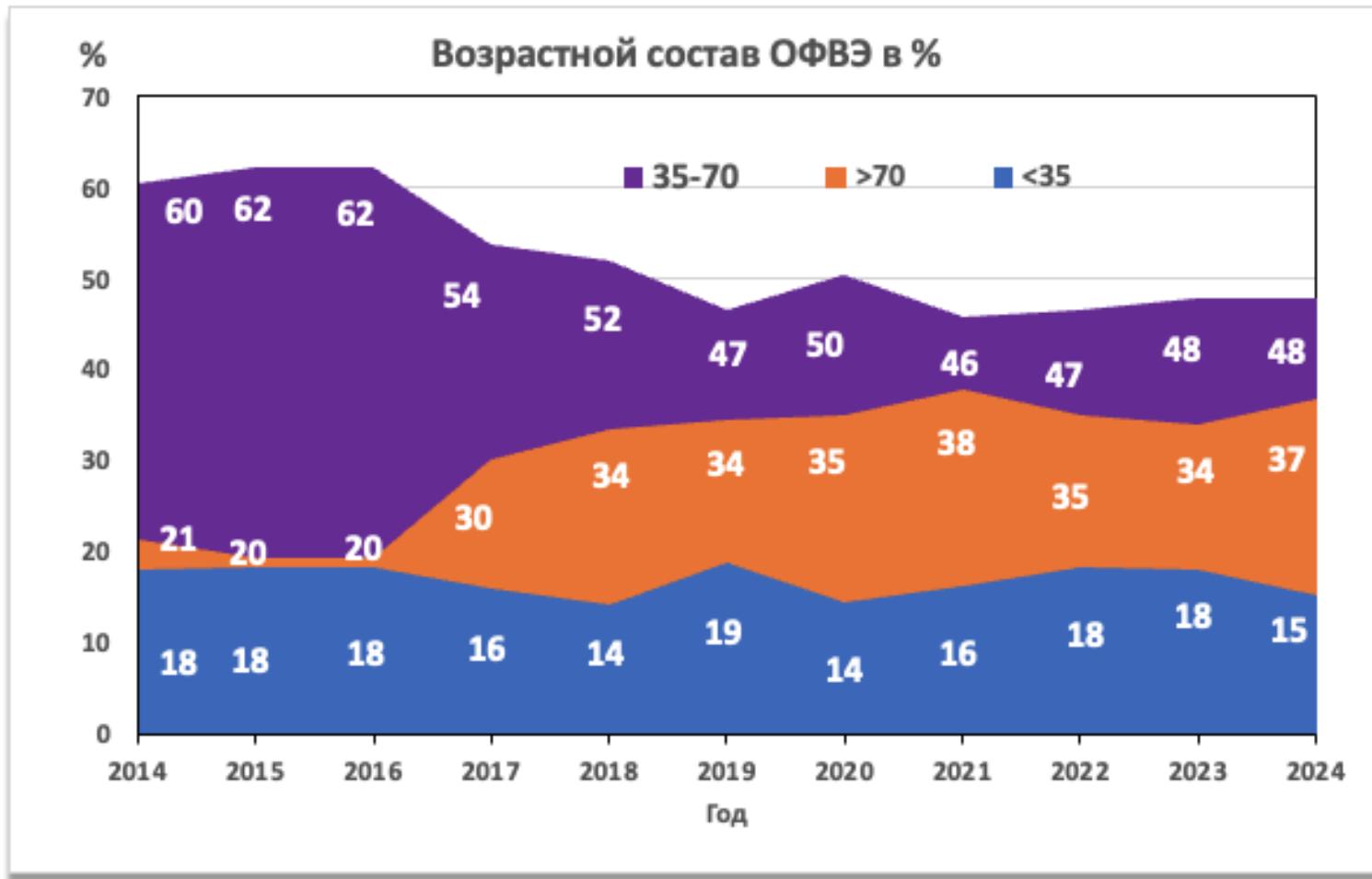
Возрастной состав ОФВЭ



Численность сотрудников в возрасте от 35 до 70 лет и молодых сотрудников до 35 лет сократилась более чем в два раза, а численность сотрудников в возрасте больше 70 лет практически не изменилась.



Возрастной состав ОФВЭ в % к численности



С 2016 года зафиксировалась доля сотрудников среднего возраста от 35 до 70 лет на уровне порядка 50%, но почти в 2 раза возросла доля сотрудников старше 70 лет, а доля молодых сотрудников так и остается на уровне 15%-18%



Субсидии/Гранты



2024/2023

Фонд з/п в месяц (225 чел - 2020 г)
научные надбавки ~~~1,37 / ~1,25 МР~~

4,74 / 4,74 МР

~~~1,37 / ~1,25 МР~~

Субсидии на выполнение гос. задания:

- материалы, оборудование и прочие 6,0 / 4,0 МР
- Командировки 6,0 / 5,0 МР

Гранты РФФИ+РНФ 0,0 / 4,82 МР

Субсидии от КИ на различные проекты: 0 / 0,0 МР

Итого: 12,00 / 13,82 МР

Гранты Дубна

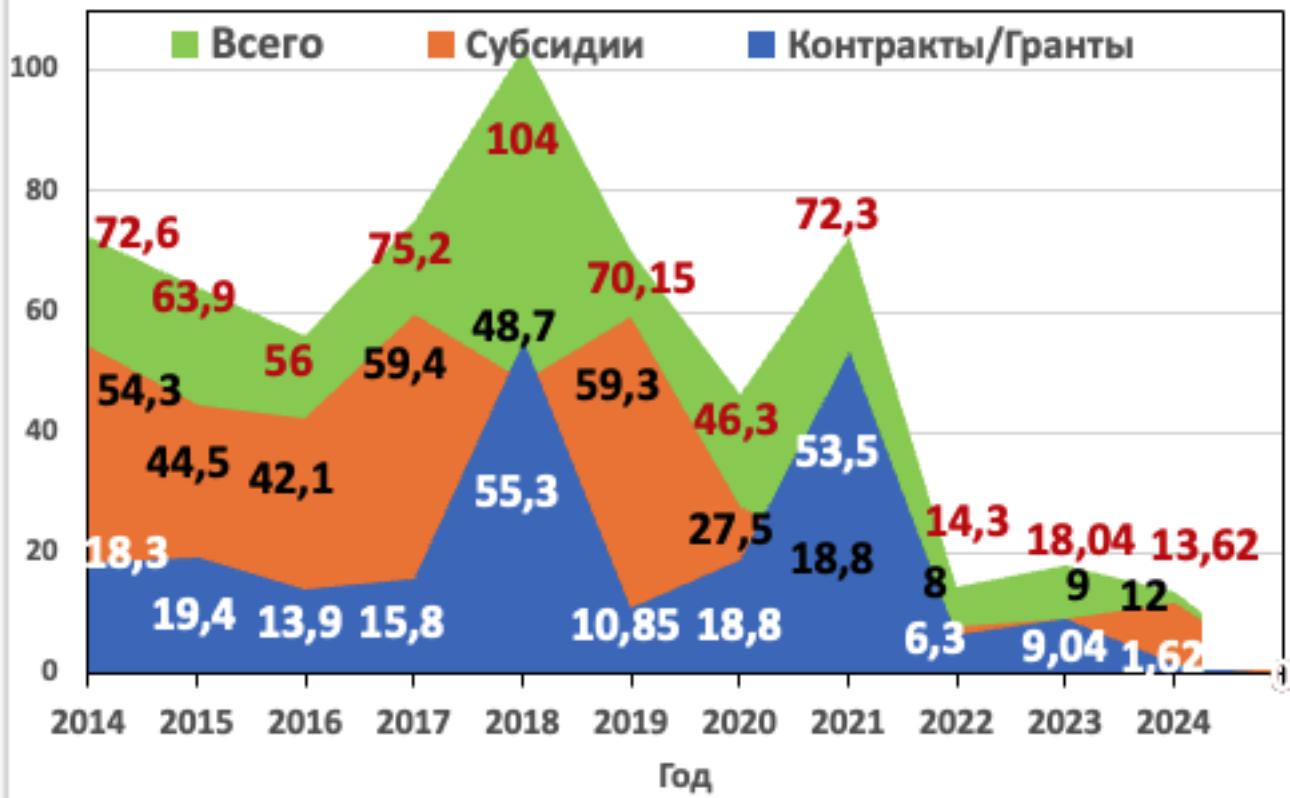
- MPD - 1 x 4 чел / 1 x 6 чел 1,02 / 2,78 МР
- SPD - 1 x 6 чел 0,60 / 1,44 МР



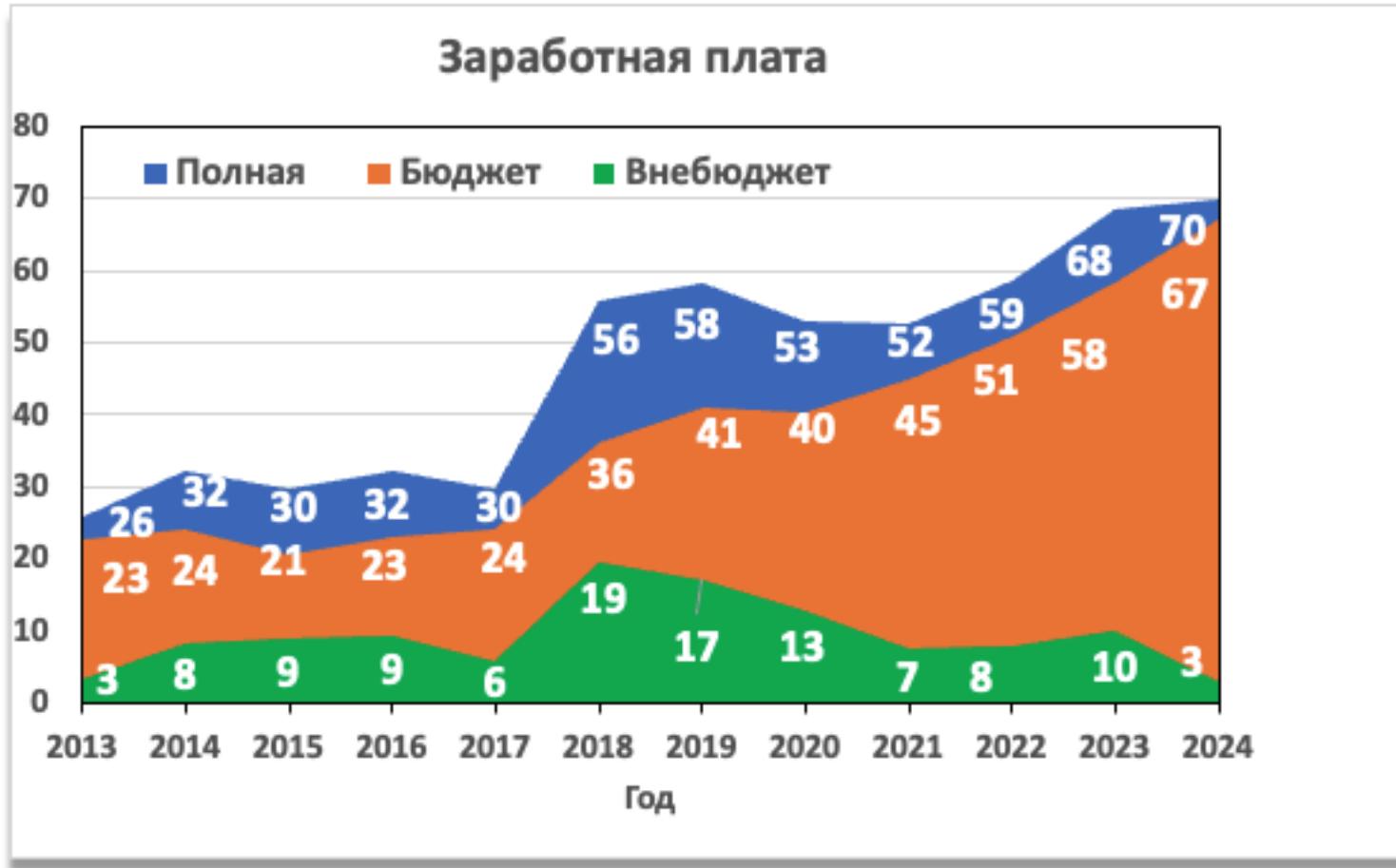
# Финансирование



Финансирование, млн. руб.



# Заработка плата



Рост з/п с 2018 г. обусловлен надбавками и "оптимизацией" численности научных сотрудников (переводом их на 0,5 ставки)  
Внебюджетная часть маленькая ~4%



# “Оптимизация”

“Оптимизация” численности н/с для “выполнения” указа Президента РФ по средней заработной плате научных сотрудников.

| Год  | Числ. н/с, чел | Ставки | средняя з/п н/с плановая, т. руб | Оптим. план | Оптим. факт | кол-во ставок после опт | средняя з/п н/с с учетом оптимизации т.руб | средняя з/п т.руб |
|------|----------------|--------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------|
| 2018 | 144            | 133,1  | 76,0                             | 37 (28%)    | 34,05       | 99,08                   | 58,3                                       | 43,4              |
| 2019 | 118            | 113,0  | 80,7                             | 44 (39%)    | 21,23       | 91,77                   | 69,7                                       | 56,6              |
| 2020 | 119            | 109,0  | 85,2                             | 41 (38%)    | 28,15       | 80,85                   | 61,4                                       | 45,5              |
| 2021 | 114            | 103,4  | 86,6                             | 37 (36%)    | 26,55       | 76,85                   | 64,7                                       | 48,1              |
| 2022 | 99             | 89,6   | 95,1                             | 37 (41%)    | 28,2        | 61,45                   | 79,4                                       | 54,4              |
| 2023 | 98             | 90,9   | 100,8                            | 39 (43%)    | 29,3        | 61,60                   | 96,5                                       | 65,4              |
| 2024 | 95             | 85,2   | 109,4                            | 31(36%)     | 28,95       | 56,25                   | 102,2                                      | 75,2              |
| 2025 | 77             | 67,2   | 131,5                            | 29 (43%)    | 26,7        | 40,5                    |                                            |                   |

Вне зависимости от численности н/с в отделении нас все время “оптимизируют” примерно на 40%.



# Полезная информация



- С 2016 г Отделение выплачивает (**по возможности!**) компенсации работникам, проживающим в Санкт-Петербурге.
- Для получения необходимо **наличие рабочих дней** в том месяце в котором производится выплата и посещение Института более 1 раза в месяц.
- В 2025 г из расчета 250 рублей за поездку (текущая стоимость проезда в автобусах К-18, К-18(а) и К-100: 120 руб. за поездку).
- Выплаты рассчитываются на основании информации о посещении работниками Института **по информации СКУД**.
- Выплаты производятся поквартально или раз в полгода в зависимости от наличия фонда экономии з/п.
- Выплаты идут как дополнительная надбавка и к сожалению, не могут быть отражены отдельной строкой в расчетном листе.
- Расчет компенсации осуществляется **Дзюба А.А.**, который предоставляет эту информацию зам. руководителя Отделения И. А. Логиновой.



# Командировки

Швейцария 29

Казахстан 5

Франция 1

Китай 1

Командировки РФ:

60 (30 чел; 13 чел.мес.)

Дубна 44

Москва 7

Протвино 4





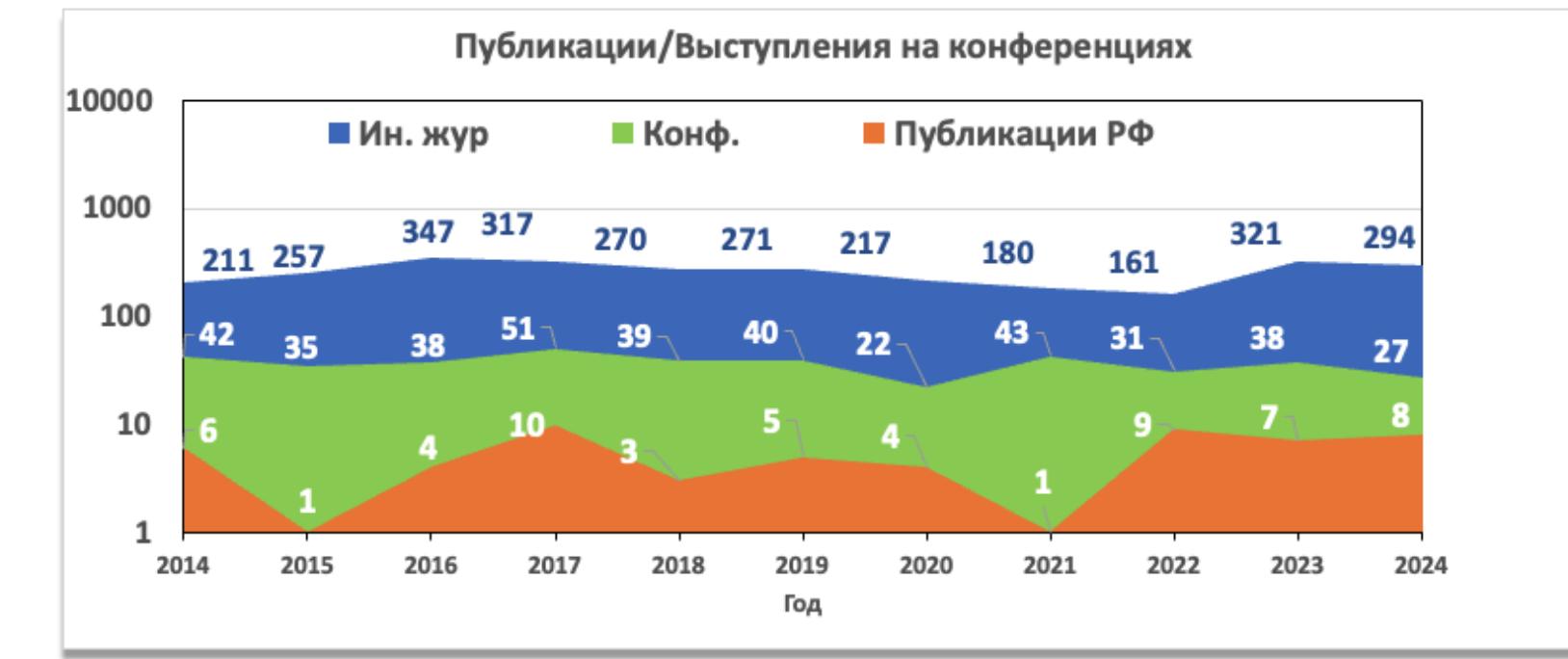
# Семинары



- ❑ Огромная благодарность за организацию семинаров ОФВЭ С. И. Манаенкову и совместных семинаров ОФВЭ+ТО М.Б. Жалову и В.Т. Киму
- ❑ Огромная благодарность всем активным участникам семинаров!



# Публикации и выступления на конференциях



□ ATLAS: 109

□ CMS : 78 ? (из доклада А.Ю Егорова >100)

□ LHCb : 40

□ ALICE: 38



# Сборник достижений ПИЯФ



- Опубликовано 10 статей в сборнике достижений ПИЯФ в 2023 г

- В этом году опубликовано всего 2 заметки на сайте ПИЯФ (10/27 2023/2022)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»  
Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова  
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»



## Исследования с использованием протонов и ионов. Физика нейтрино

- 52 Сечение фоторождения чармония на ядрах при ультравысоких энергиях
- 53 Проявление эффектов БФКЛ-эволюции в двухструйных событиях с большим разделением по быстроте на Большом адронном коллайдере при энергии 2,76 ТэВ
- 54 Первое измерение событий с быстротными провалами в протон-ядерных соударениях на Большом адронном коллайдере, полученное в эксперименте CMS
- 55 Первое измерение зарядовой асимметрии в парном рождении топ- и антитоп-кварков в эксперименте ATLAS
- 56 Поиск магнитных монополей и частиц с высоким электрическим зарядом в эксперименте ATLAS
- 57 Наблюдение двух новых  $\Omega_c^{+}$ -барионов
- 58 Обнаружение атомного изомера в  $^{208}\text{Pb}$  как нового кандидата в эталоны частоты (времени)
- 59 Эволюция формы в легких изотопах золота
- 61 Угловая анизотропия осколков деления и сечения деления  $^{236},^{238}\text{U}$  нейtronами с энергией до 500 МэВ
- 62 Описание спектров кумулятивных протонов, пионов и фотонов в столкновениях тяжелых ионов промежуточных энергий на основе неравновесного гидродинамического подхода
- 63 Новые результаты коллаборации Borexino для солнечных CNO-нейтрино
- 64 Поиск низкоэнергетических сигналов от гравитационных событий с детектором Borexino
- 65 Поиск солнечных аксионов с энергией 8,4 кэВ, излучаемых в M1-переходе ядер  $^{160}\text{Tm}$



Основные результаты  
научной деятельности  
2023

2023



# Сборник достижений ПИЯФ - 2024

| №  | Название статьи на русском                                                                                                            | Название статьи на английском                                                                                                        | Ответственный за написание |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1  | Наблюдение эффекта квантовой запутанности в парном рождении топ и анти-топ夸克ов в экспериментах ATLAS и CMS на БАК                     | Observation of quantum entanglement with top and antitop quarks in the ATLAS and CMS experiments at LHC                              | Нарышкин Ю.Г./Ким В.Т.     |
| 2  | Технология машинного обучения для разработчиков                                                                                       | Machine Learning for the developers                                                                                                  | Шевель А Е                 |
| 3  | Стратегия оснащения экспериментальных установок реактора ПИК детекторными системами нейтронов.                                        | Strategy of equipping the PIK reactor experimental stations with neutron detection systems.                                          | Кривич А.Г.                |
| 4  | Прецизионное измерение параметров CP-нарушения в распадах прелестных мезонов в эксперименте LHCb                                      | Precision measurement of CP violation parameters in decays of B mesons at LHCb.                                                      | Дзюба А.А.                 |
| 5  | Детекторы нейтронов с конвертором B4C                                                                                                 | Neutron detectors with B4C converter                                                                                                 | Ильин Д.С.                 |
| 6  | Оболочечный эффект в зарядовых радиусах и магнитных моментах изотопов таллия вблизи магического числа N = 126                         | Shell effect in the mean-square charge radii and magnetic moments of thallium isotopes near magic neutron number N=126               | Барзах А.Е.                |
| 7  | Условия проявления БФКЛ эволюции на БАК при образовании двух струй с большим разделением по быстротам с использованием струйного вето | Requirements for production of the dijets at large rapidity separation with jet veto for manifestations of the BFKL evolution at LHC | Егоров А.Ю.                |
| 8  | Бозон Браута-Энглера-Хиггса и область натуральности Стандартной модели                                                                | Brout-Englert-Higgs boson and naturalness domain of the standard model                                                               | Ким В.Т.                   |
| 9  | Тестирование ASIC опций для считающей электроники трубочных трековых детекторов                                                       | Testing the ASIC options of the front-end electronics for straw-tracker detectors                                                    | Соснов Д.Е.                |
| 10 | Прецизионное измерение массы W-бозона в экспериментах CMS и ATLAS на БАК                                                              | High-precision measurement of W-boson mass with the CMS and ATLAS experiments at LHC                                                 | Егоров А.Ю.                |
| 11 | Измерение Q-величины распада $^{163}\text{Ho}$ для определения массы нейтрино.                                                        | Decay Q-value measurement in $^{163}\text{Ho}$ for neutrino mass determination                                                       | Новиков Ю.Н.               |



- В отделении работает: 12 докторов наук и 42 кандидата наук
- Защиты:



- 2016: докторские - 2; кандидатские - 3
- 2017: докторские - 0; кандидатские - 2
- 2018: докторские - 1; кандидатские - 1
- 2019: докторские - 0; кандидатские - 1
- 2020-2023 : докторские - 0; кандидатские - 0
- 2024: докторские - 1; кандидатские - 1



## ПОЗДРАВЛЯЕМ!!!!

Докторская диссертация

Крышень Евгений Леонидович

“Фоторождение векторных мезонов  
в ультрапериферических  
столкновениях на БАК”



Кандидатская диссертация

Егоров Анатолий Юрьевич

“Поиск эффектов БФКЛ эволюции при  
образовании пар адронных струй с большим  
разделением по быстроте при энергиях БАК”





# Аспирантура



## □ 1-ый год обучения:

- Сергеев Александр Владимирович (руководитель Ким В. Т.) "Спиновые асимметрии в эксперименте SPD на коллайдере NICA" (в академическом отпуске по 30.04.2025 )



## □ 2-ой год обучения:

- Арутюнова Анастасия Юрьевна (руководитель Маев Е. М.)  
"Исследование комптоновского рассеяния на ядрах водорода и гелия с помощью активной мишени"

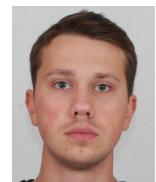


## □ 3-ий год обучения:

- Бурмасов Назар Алексеевич (руководитель Крышень Е. Л.)  
"Исследование фотон-фотонных и фотон-ядерных взаимодействий в ультра-периферических столкновениях ядер на коллайдере LHC";
- Ларионов Владислав Евгеньевич (руководитель Васильев Александр Анатольевич)  
"Поляризованные газовые мишени в проекте по изучению ядерного синтеза при энергиях до 100 КэВ";
- Рождественский Антон Юрьевич (руководитель Кравченко П. В.)



"Разработка системы сцинтилляционных детекторов для подавления космического излучения в рамках проекта по исследованию реакции ядерного dd-синтеза с поляризацией исходных частиц при низких энергиях (PolFusion)";



- Лобин Валентин Сергеевич (руководитель Воробьев С. И.)  
"Исследование магнитных свойств наноструктурированных материалов с помощью поляризованных мюонов";



## □ 4-ый год обучения:

- Рябов Андрей Юрьевич (руководитель Иванищев Д А )  
"Рождение короткоживущих резонансов в столкновениях тяжелых ядер в эксперименте MPD на коллайдере NICA" (в академическом отпуске по 31.12.2024);



## □ Темы выпускников (сотрудников Института):

- Зеленов Андрей Владимирович  
"Многопартоные взаимодействия и образование  
экзотических частиц при высоких энергиях" (завершил  
обучение 31.08.2024);
- Чубыкин Алексей Дмитриевич  
"Рождение очарованных барионов в протон-протонных  
столкновениях высоких энергий" (завершил обучение  
30.06.2021).



# Конкурс лучших работ ПИЯФ

2024 - 6 премий (2023 / 6 ; 2022 / 4 ; 2021 / 8 )

В области ядерной физики высоких энергий:

**Первая премия**

Сечение фоторождения чармония на ядрах при ультравысоких энергиях

*М. Б. Жалов, В. В. Иванов, Е. Л. Крышень, М. В. Малаев, В. Н. Никулин, А. Ю. Рябов, В. Г. Рябов, Ю. Г. Рябов, А. В. Ханзадеев и др.  
(ALICE collaboration)*

**Вторая премия**

Обнаружение доминирующего электромагнитного вклада в первом измерении процессов с быстротными провалами в протон-ядерных соударениях на БАК в CMS-эксперименте

*А. А. Воробьев, В. Т. Ким, Ю. М. Иванов, С. С. Волков, Г. Е. Гаврилов, В. Л. Головцов, Е. В. Кузнецова, В. А. Мурzin, В. А. Орешкин,  
И. Б. Смирнов, Д. Е. Соснов, В. В. Сулимов, Л. Н. Уваров и др. (CMS collaboration)*

Наблюдение событий с рождением четырех  $t$ -кварков в эксперименте ATLAS

*С. Г. Барсов, В. Т. Грачев, А. Е. Ежилов, М. П. Левченко, В. И. Малеев, Ю. Г. Нарышкин, Д. Пуджа, О. Л. Федин, В. А. Щегельский и  
др. (ATLAS collaboration)*

**Третья премия**

Поиск магнитных монополей и частиц с высоким электрическим зарядом в эксперименте ATLAS

*С. Г. Барсов, А. Е. Ежилов, М. П. Левченко, В. П. Малеев, Ю. Г. Нарышкин, Д. Пуджа, О. Л. Федин, В. А. Щегельский и др. (ATLAS  
collaboration)*

Прецизионное измерение параметров нарушения СР-инвариантности в распадах  $B_s^0$ -мезонов в эксперименте LHCb на БАК

*Н. Ф. Бондарь, Н. И. Воропаев, А. А. Дзюба, Д. С. Ильин, П. В. Кравченко, О. Е. Маев, Д. А. Майсуценко, Н. Р. Сагидова, А. Д.  
Чубыкин, В. В. Чуликов и др. (LHCb collaboration)*

В области ядерной физики низких энергий:

**Вторая премия**

Необычное поведение изотопической зависимости формы ядер золота, удаленных от дорожки стабильности

*А. Е. Барзах, П. П. Молканов, М. Л. Селиверстов, Л. В. Федоров и др.*



# Тематический план работ 2025/2026 год



| 2025 |                          | 2026 |                                                       | 2025 |                        | 2026 |                      |
|------|--------------------------|------|-------------------------------------------------------|------|------------------------|------|----------------------|
| 2.9  | μSR                      | 2.9  | μSR                                                   |      |                        |      |                      |
| 9.1  | ATLAS                    | 9.1  | Подготовка экспериментов на перспективных коллайдерах | 9.13 | CBM(FAIR)              |      |                      |
| 9.2  | CMS                      |      |                                                       | 9.14 | MPD (NICA)             | 9.5  | Эксперимент MPD      |
| 9.3  | LHCb                     |      |                                                       | 9.15 | SPD (NICA)             | 9.6  | Эксперимент SPD      |
| 9.4  | ALICE                    |      |                                                       | 9.16 | СПАСЧАРМ               | 9.7  | Эксперимент СПАСЧАРМ |
| 9.5  | PHENIX                   |      |                                                       | 9.21 | ИРИНА                  | 9.9  | ИРИНА                |
| 9.6  | ИРИС/ISOLDE              | 9.8  | Исследования ядер, удаленных от полосы стабильности   | 9.22 | ПИТРАП                 | 9.10 | ПИТРАП               |
| 9.7  | ELSA(Bonn)               |      |                                                       | 9.23 | PENTATRAP/<br>SHIPTRAP |      |                      |
| 9.8  | Протон                   | 9.2  | Активные мишени                                       | 9.24 | МАП                    | 9.11 | МАП                  |
| 9.9  | COMPTON                  |      |                                                       | 9.13 | CBM(FAIR)              |      |                      |
| 9.10 | POLFUSION                | 9.4  | Эксперимент PolFusion.                                | 9.36 | Каналир.               | 9.12 | Канализование        |
| 9.11 | - $\bar{H}d^3He$ (PSI)   |      |                                                       | 9.37 | SHiP                   |      |                      |
| 9.12 | Изот. инв.<br>(-I-канал) | 9.3  | перезарядки и изот. инв.                              | 9.38 | R3B(FAIR)              |      |                      |

2025: 25 тем !!! 2,7 н/с + 1,9 инж. на тему

2026: 13 тем - 5,2 н/с + 3,6 инж. на тему



# Программа исследований на СЦ-1000



- Исследование короткоживущих ядер на масс-сепараторе ИРИС;
- Исследование нарушения изотопической инвариантности в процессах перезарядки  $\pi$ -мезонов и образования  $\eta$ -мезонов;
- Исследование кластерной структуры ядерной материи в квазиупругих и неупругих протон-ядерных взаимодействиях при энергии 1 ГэВ;
- Изучение реакции  $(p,p'\gamma)$  на лёгких ядрах на синхроциклотроне СЦ-1000;
- Изучение упругого и неупругого рассеяния протонов на лёгких ядрах с помощью активной мишени;
- Исследование и развитие кристаллооптических методов формирования пучков заряженных частиц промежуточных энергий;
- Изучение магнитных свойств материалов с помощью пучка поляризованных мюонов;
- Исследования на времязадерживающем нейтронном спектрометре ГНЕЙС (ОПР).

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ»  
им. Б. П. Константинова  
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Проект программы  
/modernization of the particle accelerator complex  
НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ  
и научных исследований на синхроциклотроне на 2025-2030 гг

2025-2030:  
Синхроциклотрон - 0,8 млрд. руб.  
Установки - 0,5 млрд. руб.



# Разработка перспективной программы РАН по физике фундаментальных свойств материи



## □ Девять тематических разделов:

1. Теоретическая физика
2. Физика элементарных частиц / физика высоких энергий : **MPD, SPD, СПАСЧАРМ, Комpton,  $\pi$ -канал**
3. Физика нейтрино и космических излучений
4. Релятивистская ядерная физика
5. Ядерная физика малых и средних энергий (включая физику тяжелых ионов) : **ИРИС, ИРИНА, ПИТРАП, МАП, Мал.угл, ГНЕЙС**
6. Физика ускорителей : **модернизация СЦ1000, каналирование**
7. Высокопроизводительный компьютеринг
8. Физика детекторов и детекторные технологии : **детекторы тепловых нейтронов кассетного типа на тонкопленочном обогащенном конвертере из карбида бора.**
9. Сопутствующие технологии, включая медицинскую физику, радиационную биологию, высокотемпературную сверхпроводимость, умную электронику и др.: **– SR**



# Эксперименты



## □ РФ:

- СЦ ПИЯФ: ИРИС, МАТТ,  $\mu$ SR,  $\pi$ -канал, канализование
- Ц-80: радиоизотопный комплекс
- ПИЯФ: POLFUSION
- ПИК: ИРИНА+PITRAP
- ОИЯИ: MPD(NICA), SPD(NICA), Комптон ??
- ИФВЭ: СТАСЧАРМ
- ИНОК (Саров) : ???
- ??? : Протон

## □ Швейцария:

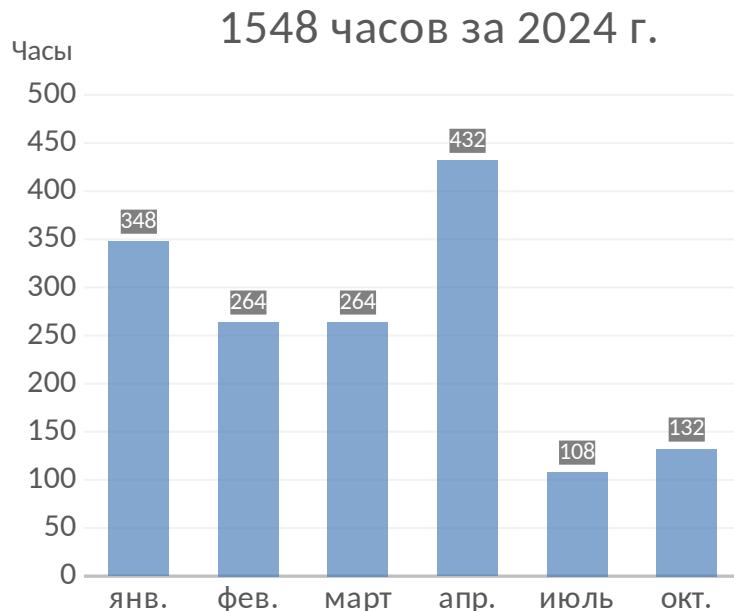
- CERN: CMS, ATLAS, LHCb, ALICE, ISOLDE
- CERN: SHiP, AMBER
- CERN: UA9
- PSI: MuSun

## □ Германия:

- FAIR: CBM, PANDA, NUSTAR (R3B, MATS)
- Mainz: ПРОТОН
- Bonn: BGO-AD
- GSI: ShipTrap

➤ MPI (Гейдельберг): PENTANRAP

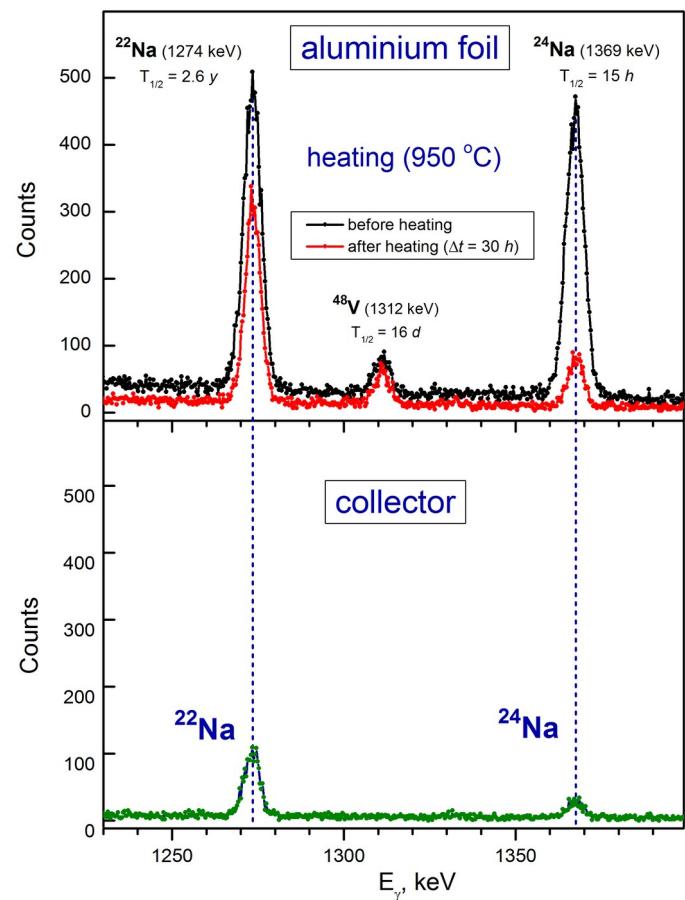
## Работа ускорителя СЦ-1000 в 2024 г.



- Срок эксплуатации комплекса синхроциклотрона в составе СЦ-1000, комплекса ИРИС и нейтронного спектрометра ГНЕЙС продлен на 3 года
- Основные проблемы СЦ-1000 в 2024 г:
  - Интенсивность выведенного пучка: ~18 (20 БИК 0,7 мкА;  $4 \times 10^{12}$  р/с) - ранее до 26 БИК
  - «Растяжка» с 350 мкс до 6 мс; Интенсивность с растяжкой ~10-13 БИК - Такая интенсивность не годится для работы  $\mu$ SR установки (ранее до 19-20 БИК)

- Разработка методов (стадия НИР) получения планируемых к производству на комплексе ИЗОТОП радионуклидов (ЛКЯ рук. В. Н. Пантелейев):
  - термическому выделению  $^{22}\text{Na}$  ( $T_{1/2} = 2,6\text{ г}$ ) из мишени металлического алюминия.
  - термическому выделению изотопов германия из мишени металлического галлия
- $\mu\text{SR}$ -исследования (ЛМФ рук. С. И. Воробьев):
  - $\mu$ -канал и установка требует модернизации.
- Развитие кристаллооптики для пучков протонов в области  $<1\text{ ГэВ}$  (ЛКОЗЧ рук. Ю. М. Иванов):

### Выделение термическим методом $^{22}\text{Na}$ из мишени металлического алюминия



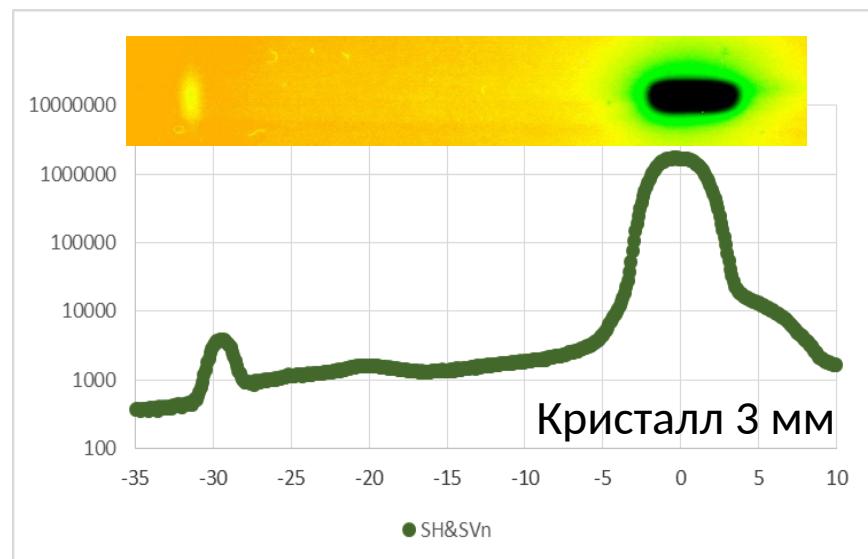
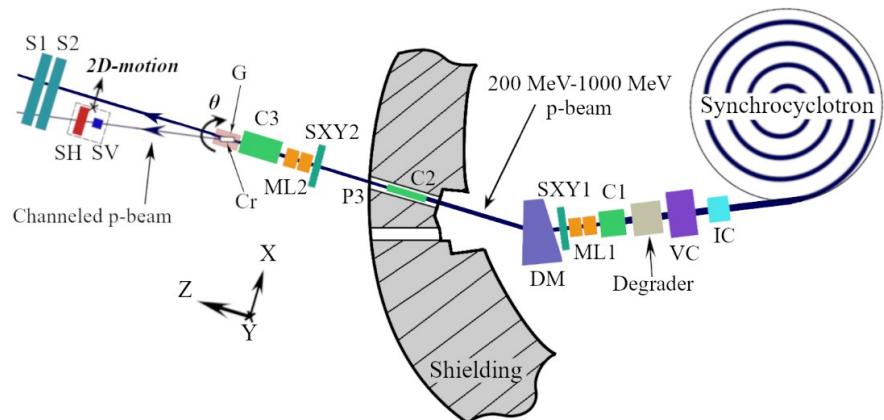
Лаборатория кристаллооптики заряженных частиц (рук. Ю. И. Иванов)

## □ Использование изогнутых кристаллов для пучков SPS и LHC

- экранирование электростатического септума SPS кристаллом;
- кристаллы для медленного вывода из SPS;
- мульти-кристаллический дефлектор с многократным объемным отражением для системы вывода SPS;
- кристаллическая коллимация ионных пучков LHC

## □ Разработка и создание высокоэффективного кристаллического дефлектора для протонов 1 ГэВ:

- разработана и изготовлена серия кристаллов, имеющих длину в направлении пучка от 1 до 3 мм и изогнутых на угол от 2.9 до 6.3 мрад, что превосходит мировые аналоги





# Проекты новых экспериментов на СЦ-1000

- Изучение упругого и неупругого рассеяния протонов на легких ядрах с помощью активной мишени (А.А. Дзюба)
- Изучение реакции  $(p,p'\gamma)$  на лёгких ядрах (С. И. Манаенков)
  - планируется использовать спектрометр МАП в качестве формирователя пучка протонов (поляризованных,  $P \sim 30\%$ ) с малой угловой расходимостью в экспериментах с активной мишенью для исследования реакции  $(p, p' \gamma)$  с легкими ядрами  ${}^4\text{He}$ ,  ${}^{12}\text{C}$ ,  ${}^{36}\text{Ar}$
- Исследование кластерной структуры ядерной материи в квазиупругих и неупругих протон-ядерных взаимодействиях (МАП&НЭС) (О.В. Миклухо)
- Исследование нарушения изотопической инвариантности в процессах перезарядки  $\pi$ -мезонов и образования  $\eta$ -мезонов (Н.Г. Козленко)

Для реализации этих экспериментов необходимо для каждого из них подготовить «Концептуальный проект» который должен содержать

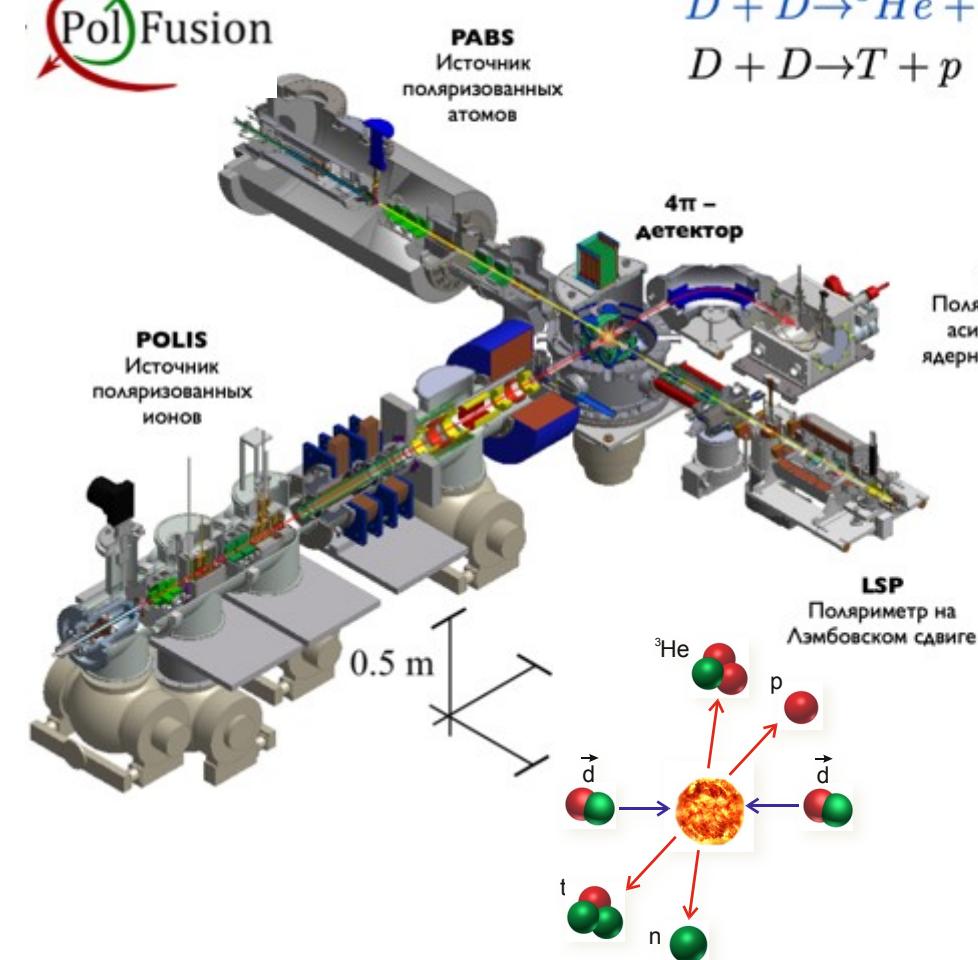
- Резюме проекта
- Физическая программа
- Экспериментальная установка
- План-график реализации проекта
- Оценка стоимости



# Эксперимент POLFUSION

Лаборатория криогенной и сверхпроводящей техники (рук. А. А. Васильев)

Исследование реакции слияния поляризованных дейтона в диапазоне энергий от 10 до 100 кэВ



## □ Последний доклад на УС ОФВЭ в 2022 году.

### ➢ Проблемы с атомарным источником:

- ✗ низкая интенсивность атомарного пучка
- требуется большое количество тяжелой воды (20-30 л/год)

### ➢ Текущие работы:

- создание системы детекторов для подавления фона космического излучения
- MC расчеты

➢ Цель на 2023: выйти на измерения отношения не поляризованных сечений в p- и n- канале с ошибкой ~3%

## □ Финансирование:

### ➢ 2012:

- МНТЦ проект #3881 ? МР
- НИЦ КИ ПИЯФ ~ 0.6 МР
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ? МР

### ➢ 2013:

- НИЦ КИ ПИЯФ ~ 8 МР

➢ 2014 - 2016: РНФ 10 МР (далее финансирование проекта прекращено по рекомендации экспертного совета)

➢ 2021: НИЦ КИ ПИЯФ 10 МР (истрачено только 6,5 МР)



# Эксперимент POLFUSION



Аспирант Ларионов В. Е.

- Разработка диссоциатора . Разработка поляризатора. Оптимизация источника атомарного поляризованного пучка
- Разработанный и оптимизированный источник атомарного поляризованного пучка позволяет получить мишень интенсивностью  $4.3 * 10^{16}$  атомов дейтерия.
- План работ :
  - Увеличение интенсивности дейтериевого пучка до уровня  $1 * 10^{17}$  атомов/с
  - Сборка и отладка ячеек сверхтонкого перехода
  - Измерение поляризации
  - Оптимизация источника по степени поляризации (не ниже 90% для векторной и тензорной) и интенсивности пучка
- Что необходимо:
  - Переработка электрической схемы диссоциатора (с последовательного контура на параллельный )
  - Высоковольтный генератор с частотой 13.56 МГц
  - Поляриметр
  - Квадрупольный масс-спектрометр

Аспирант Рождественский А.Ю.

- Разработка системы сцинтиляционных детекторов для подавления космического излучения
- Выполнено:
  - Проведено моделирование системы сцинтиляционных детекторов
  - Выбран оптимальный генератор космического излучения
  - Переработана электроника для SiPM
  - Обновлена тестовая сборка
- План работ :
  - Сборка системы вне вакуумной камеры
  - Подключение системы к общей системе сбора данных
  - Набор статистики космического излучения
  - Размещение системы в вакуумной камере главного детектора
  - Получение экспериментальных данных
- Что необходимо ?

# Эксперимент СТАСЧАРМ

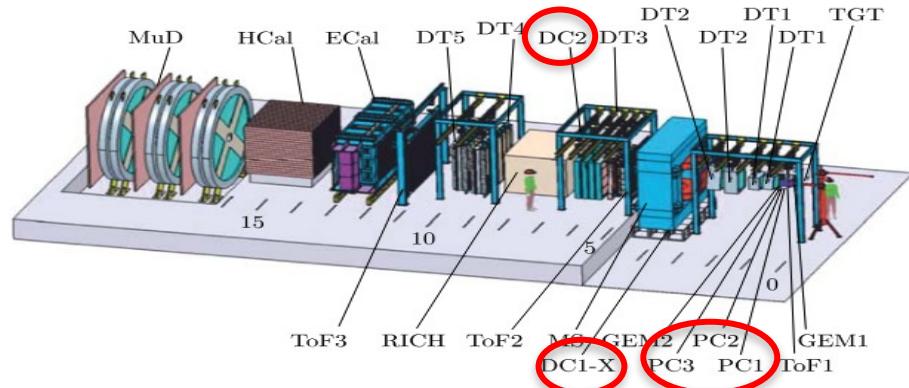
□ Исследование поляризационных явлений в эксклюзивных и инклюзивных адронных реакциях в области энергий 45 ГэВ

□ Участие ПИЯФ:

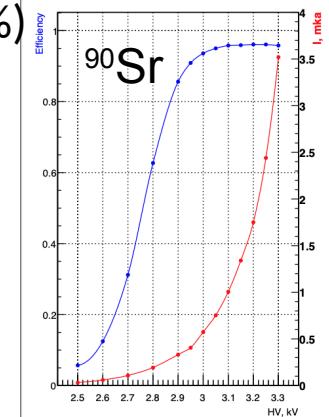
- пропорциональные камеры 200x200 мм (3 камеры X-Y). - ОТД
- дрейфовые камеры (ОДИ+ЛМФ)
  - X - 3 камеры 1632x2448 мм
  - Y - 1 камера 1670x2510 мм
- Участие в обработке данных по измерению поляризации  $\Lambda$ -гиперона.
- Участие в сменах (ЛМФ)

□ Участники от ПИЯФ:

- Козленко Н.Г., Новинский Д.В., Гриднев А.Б., Тараканов В.И., Козлов В.С., Андреев В.А.

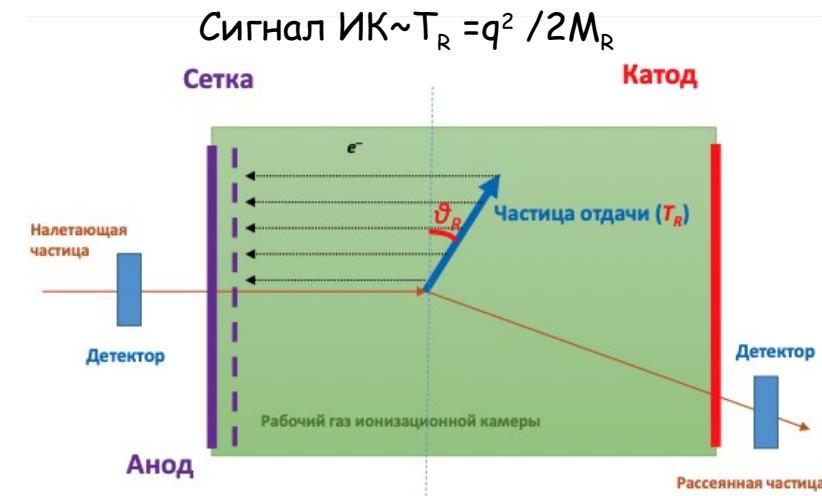


Ar(70%+CO<sub>2</sub>(30%)



# Эксперименты с активными мишенями

- В 2010-22 гг. ОФВЭ НИЦ КИ - ПИЯФ предложил ряд совместных экспериментов на базе европейских ускорителей:
  - MAMI (г. Майнц, Германия) - измерение зарядового радиуса протона в упругом  $e$ - $p$ -рассеяние
  - SPS M2-beamline, AMBER / NA66 (CERN) - измерение зарядового радиуса протона в упругом  $\mu$ - $p$ -рассеяние
  - MESA (г. Майнц, Германия) - измерение поляризумости нуклона
  - R3B (FAIR, г. Дармштадт, Германия) - изучение свойств экзотических ядер (ACTAF2)
- В 2022-24 гг. сотрудничество было остановлено по инициативе европейских коллег в силу известных причин
- В настоящее время ОФВЭ НИЦ КИ - ПИЯФ ищет возможности реализации этой научной программы на базе российских ускорителей

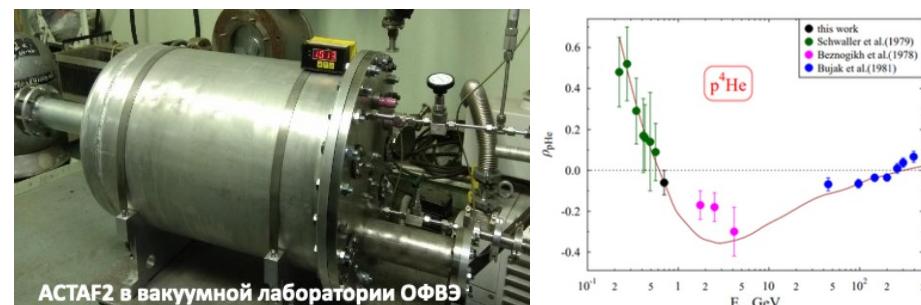


Преимущества метода:

- Отсутствие стеночных эффектов
- Прямое определение  $q^2$
- Возможность работы в режиме совпадений
- 3D-картина ионизации

# Эксперименты с активными мишенями

- ОИЯИ электронный ускоритель ЛИНАК (FLAP): эксперимент Комптон по измерению электрической и магнитной поляризуемости протона
- ПИЯФ СЦ1000: Определение отношения реальной к мнимой части амплитуд упругого р-He, p-d и p-p
- Измерение дифференциальных сечений выбивания протонов и кластеров (дейtronов и ядер гелия) на различных газовых мишенях (He, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, Ar) при различных энергиях электронного пучка.





# Эксперимент Протон



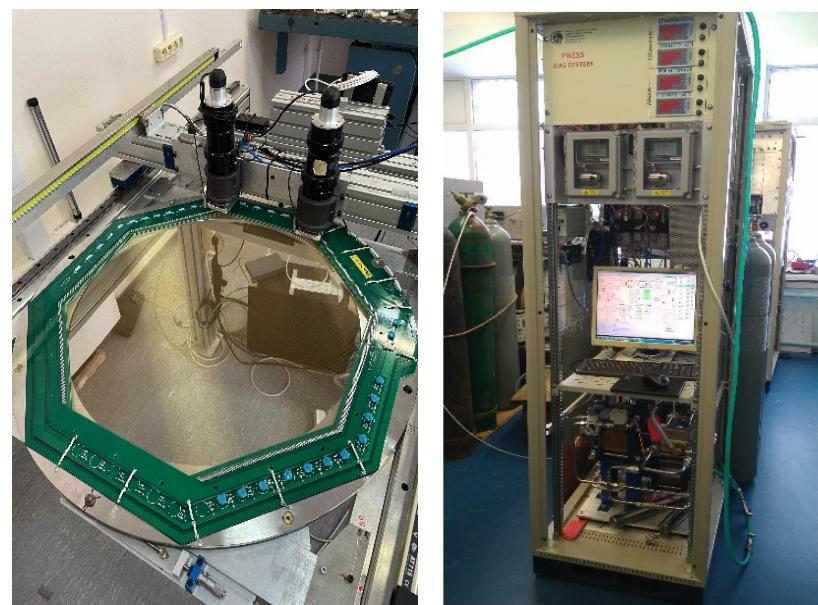
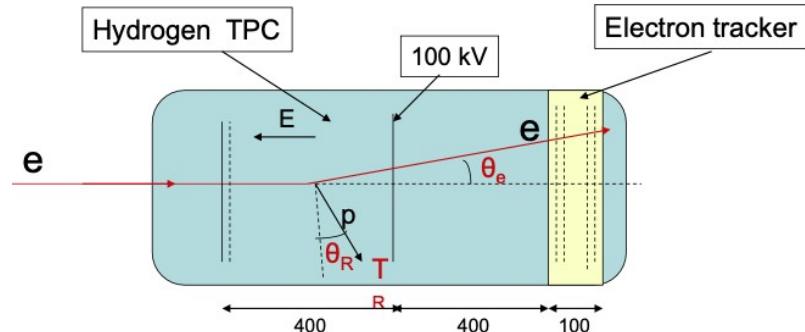
- 2016 г.: А.А. Воробьев - проект эксперимента по измерению радиуса протона методом ер рассеяния используя водородную времяпроекционную камеру высокого давления на микротроне МАМИ (Mainz, Германия)

- 2022 г. Сотрудничество с Mainz прекращено

- С 2016 по 2021 от института получено 57 млн + приоритетное финансирование от отделения (вкл. з/п)

- Выполнено:

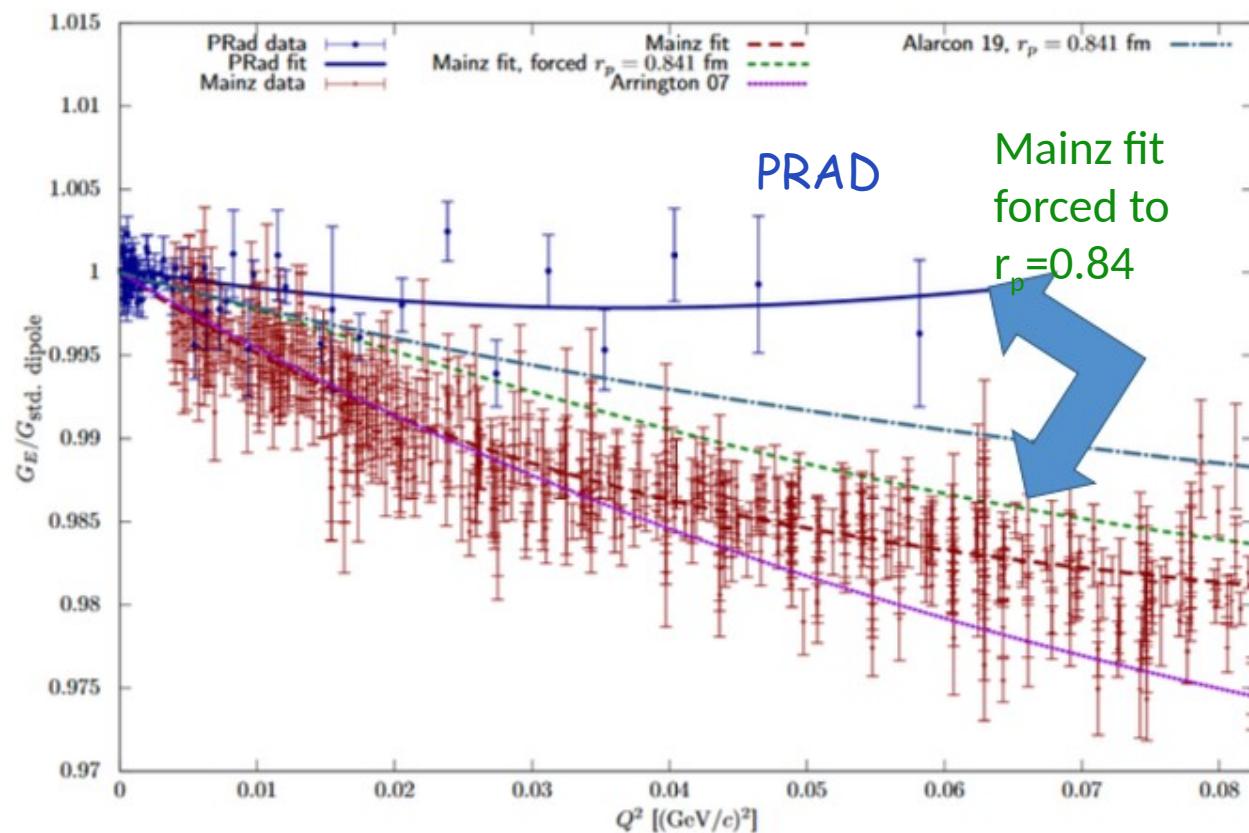
- изготовлены, собраны и испытаны МППК;
- проведено два тестовых сеанса на космике с МППК при высоком давлении. Продолжается анализ данных;
- спроектирована, изготовлена и запущена установка по прецизионному измерению положения проволочек МППК;
- **изготовлены отдельные узлы ВВПК;**



# “Загадка” радиуса протона

## □ Радиус протона:

- до 2005 г. eH  $r_p = 0.8750(68) \text{ fm}$
- 2010 г.  $\gamma - H$  (PSI)  $2S-2P_{1/2}$  Lamb shift  $r_p = 0.84184(67) \text{ fm}$
- 2010 ep (A1, Mainz)  $r_p = 0.879(8) \text{ fm}$
- 2017 eH (Bayer)  $2S-4P$   $r_p = 0.8335(95) \text{ fm}$
- 2018 eH (French group)  $1S-3S$   $r_p = 0.877(13) \text{ fm}$
- 2019 ep (Prad, JLAB)  $r_p = 0.831(14) \text{ fm}$
- 2019 eH (Toronto)  $2S-2P_{1/2}$  Lamb shift  $r_p = 0.833(10) \text{ fm}$
- 2022

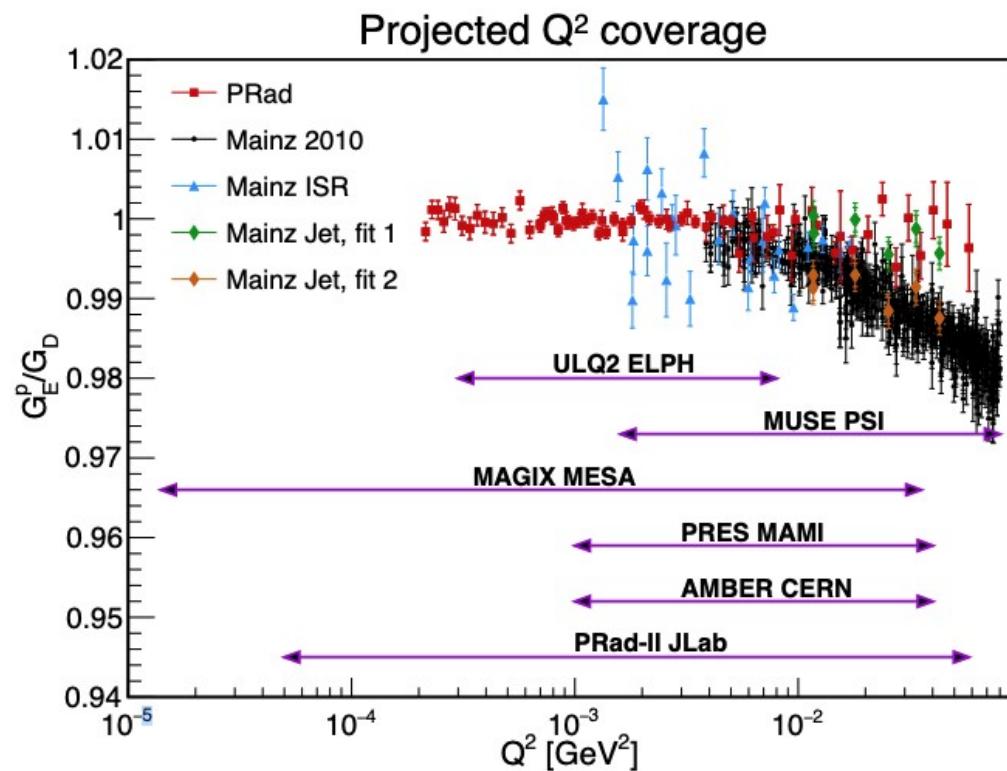


□ В спектроскопических экспериментах eH необходимо учитывать нерезонансные эффекты (cross-dumping terms)

В экспериментах по ер рассеянию наблюдается существенное расхождение в зависимости форм-фактора от  $Q^2$  между различными измерениями по электронному рассеянию

## Планируемые эксперименты:

- $\ell^- p$  AMBER (CERN).
- $\ell^- p$  MUSE (PSI)
- $e p$  PRad-II (JLAB)
- $e p$  ULQ2 (Tohoku University, Japan)  $Q^2 = 3 \times 10^{-5} (\text{GeV}/c)^2$
- $e p$  Magix@MESA (Mainz)





NICA

ACCELERATOR COMPLEX

ARIADNA

MPD

BM@N

SPD

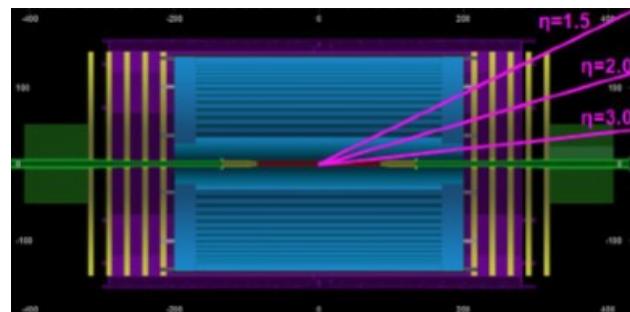
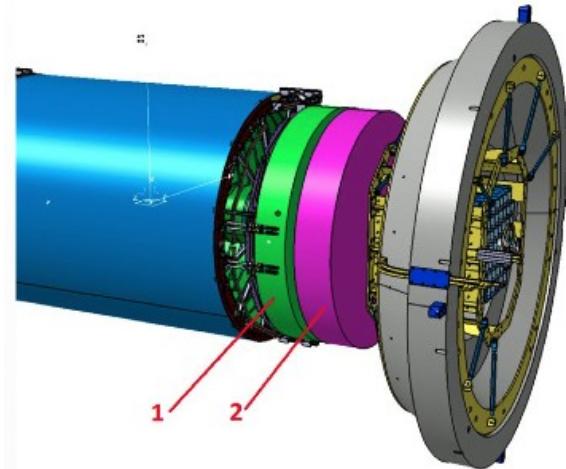
Участие ОФВЭ @ NICA



# Эксперимент MPD



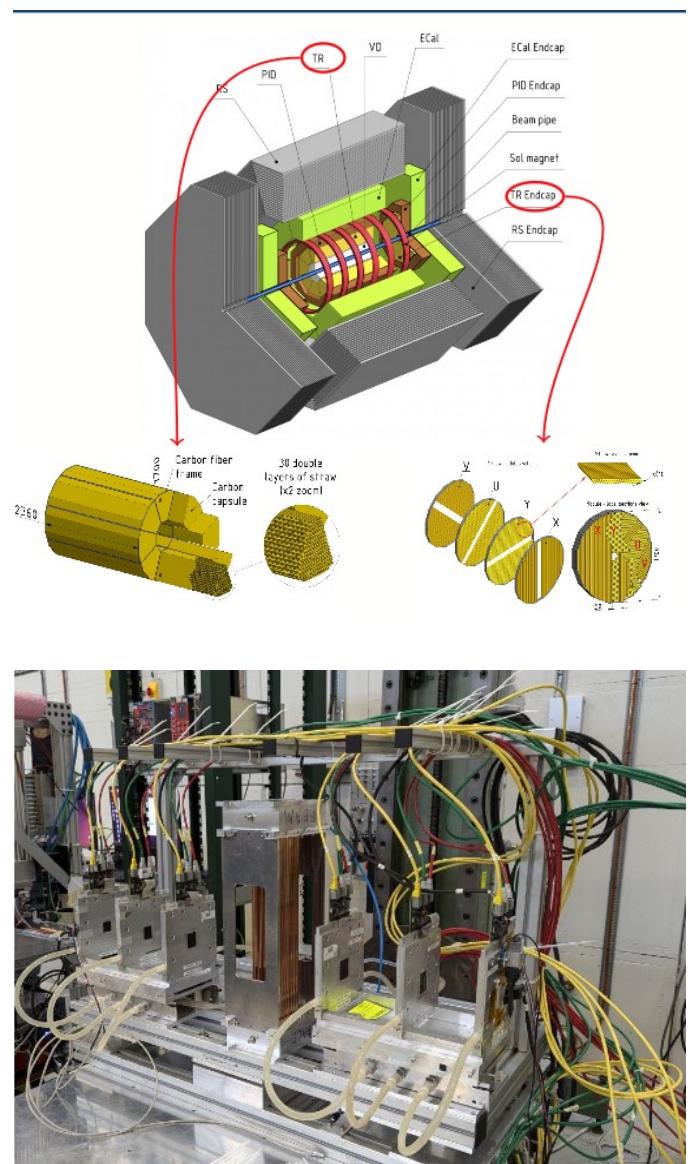
- Отделение участвует в MPD в соответствии с MoU подписанным в 2021 г сроком на 1 год и продленным (как минимум до 2026 года) в 2023 году специальным дополнением.
- Spokesperson MPD - в.н.с. ОФВЭ. В.Г.Рябов
- 26 сотрудников ОФВЭ участвуют в коллаборации MPD. рук. Ю. Г. Рябов.
- Задачи в 24г:
  - исследование возможностей спектрометра MPD (ст. 1) производить отбор событий в различных сталкивающихся системах при различной энергии;
  - исследование эффективности реконструкции и разрешения по массе резонансов в столкновениях тяжелых ионов (совместно с СПбПУ, рук. Бердников Я. А.);
  - разработка концепции форвардного детектора.
- Газовая система для центрального трекера (TPC) разработана и сделана в ЛКСТ (Коченда Л М + Кравцов П А) в 2016 г. Выполняется поддержка и обслуживание.





# Эксперимент SPD

- MoU об участии ПИЯФ в SPD согласован в КИ но до сих пор не подписан.
- Spokesperson SPD - зав.лаб. ФЭЧ ОФВЭ. В.Т. Ким.
- 16 сотрудников ОФВЭ участвуют в коллaborации SPD. рук. В. Т. Ким.
- Задачи в 24г:
  - участие в разработке и создании центрального трекера на базе дрейфовых трубок (R&D front-end электроника, R&D изготовление дрейфовых трубок, моделирование отклика трубок в пакете SPDRoot, тестовые измерения с прототипами на пучках SPS и PS в CERN);
  - выполнены оценки поляризации  $\Lambda$ -гиперонов;
  - выполнены оценки выходов различных адронов и экзотических состояний (тетракварки)
- В 2025 г запланированы тестовые измерения на СЦ-1000



CERN Council Decision:  
The cooperation will come  
to an end on 30 November  
2024 for the Russian  
Federation....

...to be continued....



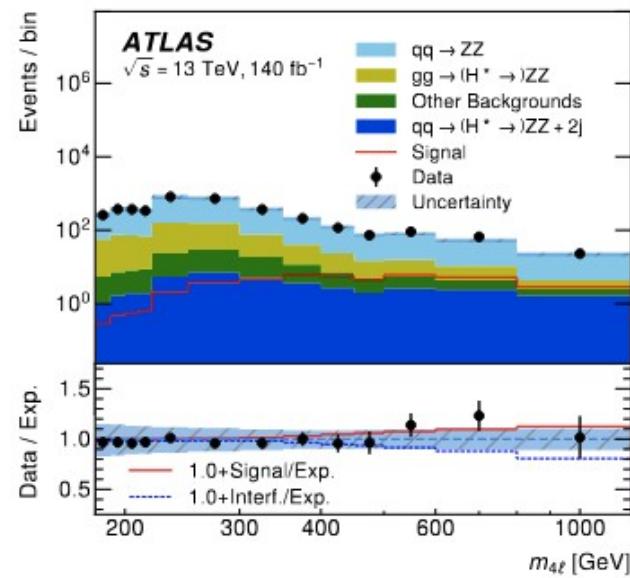
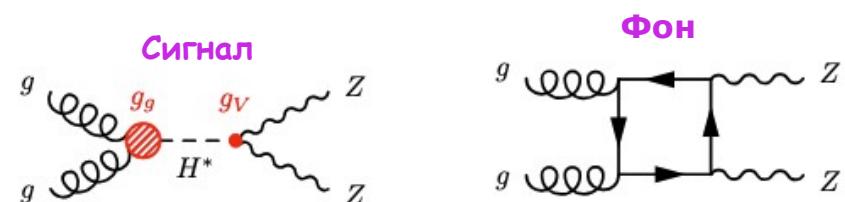


- По согласованию с коллаборациями и с Минобр (и следовательно с КИ, как координатором работ в ЦЕРНе) во всех коллаборациях продолжают работать "аспиранты" и их научные руководители для того чтобы довести работу до защиты диссертаций.
- **Парадокс:** несмотря на то, что сотрудничество с ЦЕРН (ФАИР) прекращено, в 2025 г Отделению предстоит отчитываться по этим работам, так как они записаны в тем. плане и в Гос. задании Института.

- Бозон Хиггса был обнаружен в 2012 году коллаборациями *ATLAS* и *CMS* на *LHC*.
- Измерения спина, массы и констант связи бозона Хиггса были выполнены в нескольких каналах распада.
- Полная ширина бозона Хиггса в СМ  $\Gamma_H = 4.10$  МэВ является особенно сложным параметром для измерения, учитывая разрешение детектора 1,5-2 ГэВ.
- $H^* \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell$  : pp,  $\sqrt{s} = 13$  TeV,  $140 \text{ fb}^{-1}$
- Результат объединен с последним измерением ширины в канале распада  $H^* \rightarrow ZZ \rightarrow 2l2\nu$ .
- Наблюдаемое (ожидаемое) значение ширины бозона Хиггса для 68% CL равно  $4.3^{+2.7}_{-1.9}$  (4.3<sup>+3.5</sup><sub>-3.4</sub>) МэВ,

$$\frac{d\sigma^{H \rightarrow VV}}{dm_{VV}^2} \propto \frac{g_{\text{prod}}^2(\hat{s}) g_{\text{decay}}^2(\hat{s})}{(m_{VV}^2 - m_H^2)^2 + m_H^2 \Gamma_H^2}$$

$$\Rightarrow \frac{d\sigma^{H^* \rightarrow VV}}{dm_{VV}^2} \propto g_{\text{prod}}^2(\hat{s}) g_{\text{decay}}^2(\hat{s}), \quad \sigma_{\text{on-shell}}^{H \rightarrow VV} \propto \frac{g_{\text{prod}}^2(m_H) g_{\text{decay}}^2(m_H)}{\Gamma_H}$$



LEP combination  
Phys. Rep. 532 (2013) 119

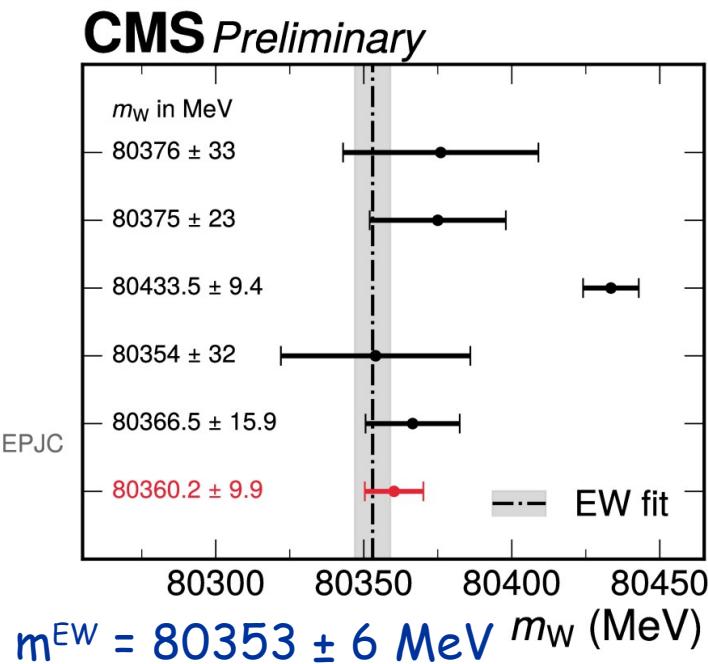
D0  
PRL 108 (2012) 151804

CDF  
Science 376 (2022) 6589

LHCb  
JHEP 01 (2022) 036

ATLAS  
arxiv:2403.15085, subm. to EPJC

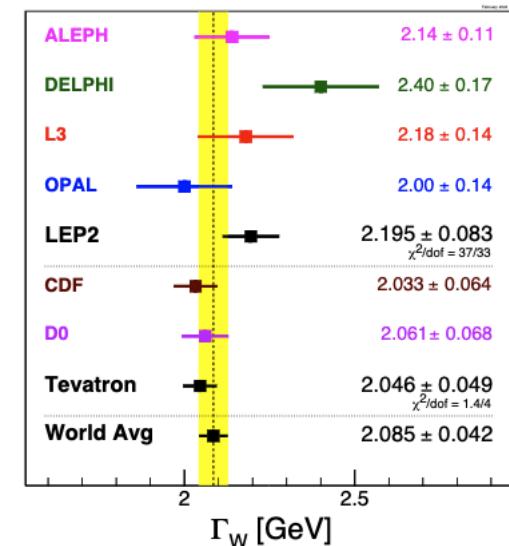
CMS  
This Work



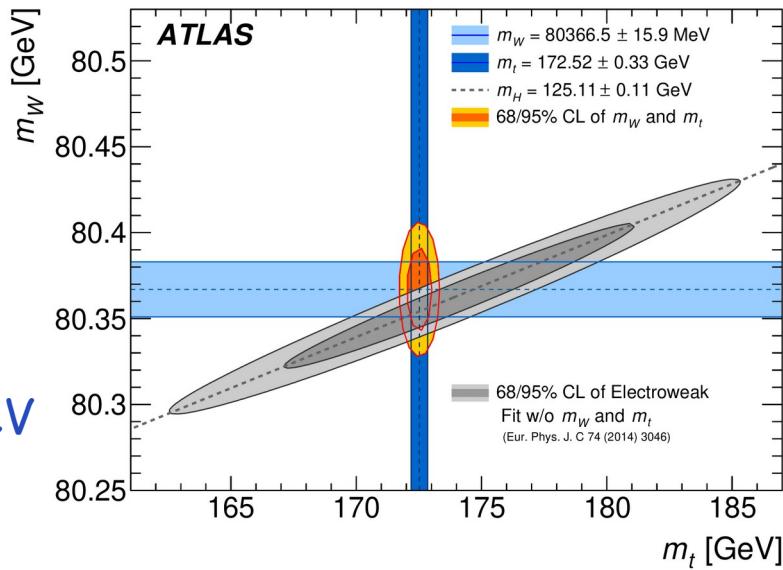
CMS:  $16.8 \text{ fb}^{-1} - \text{Hs} = 13 \text{ TeV}$   
 ATLAS:  $4.6 \text{ fb}^{-1} - \text{Hs} = 7 \text{ TeV}$

$m_W^{\text{ATLAS}} = 80366.5 \pm 9.8(\text{stat.}) \pm 12.5(\text{syst.}) \text{ MeV}$

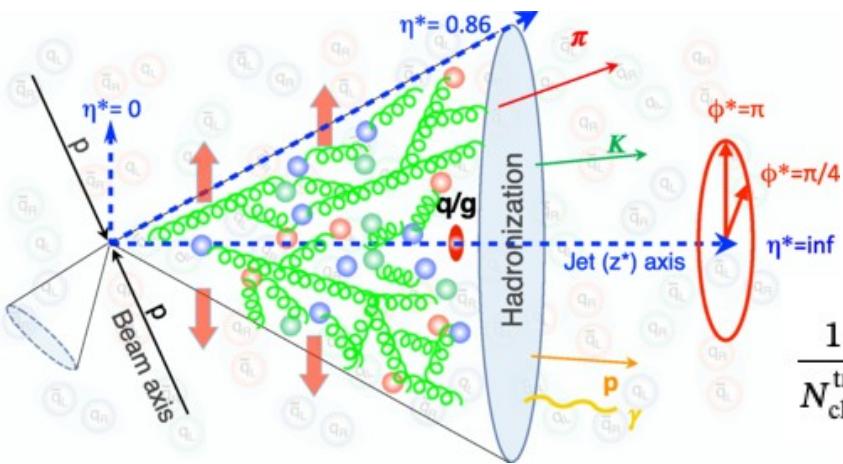
$m_W^{\text{CMS}} = 80360.2 \pm 2.4 \text{ (stat)} \pm 9.6 \text{ (syst) MeV}$



ATLAS:  
 $\Gamma_W = 2202 \pm 32(\text{stat.}) \pm 34(\text{syst.}) \text{ MeV}$   
 $\Gamma_W = 2202 \pm 47 \text{ MeV}$



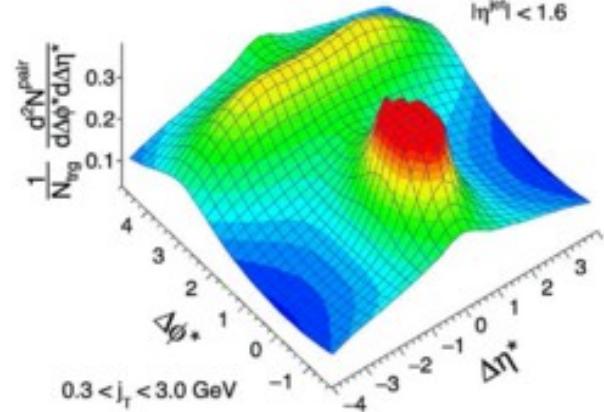
13 TeV: CMS [Phys. Rev. Lett. 133 (2024) 142301]



$$\frac{1}{N_{\text{ch}}^{\text{trg}}} \frac{dN^{\text{pair}}}{d\Delta\phi^*} \propto 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} V_n^* \cos(n\Delta\phi^*)$$

CMS

$\langle N_{\text{ch}}^j \rangle = 26$



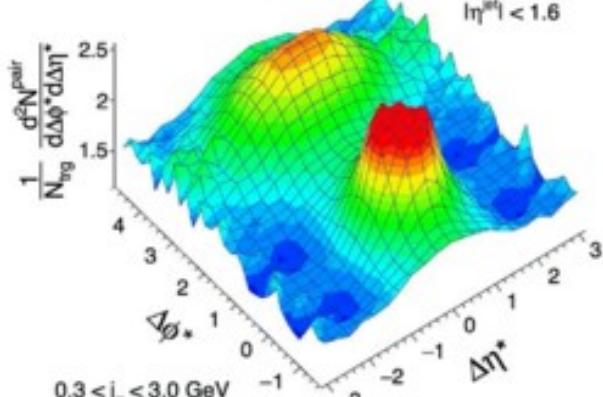
CMS  
138 fb^-1 (pp 13 TeV)

Anti  $k_T$ R=0.8  
 $p_T^{\text{jet}} > 550$   
 $|\eta^{\text{jet}}| < 1.6$

CMS

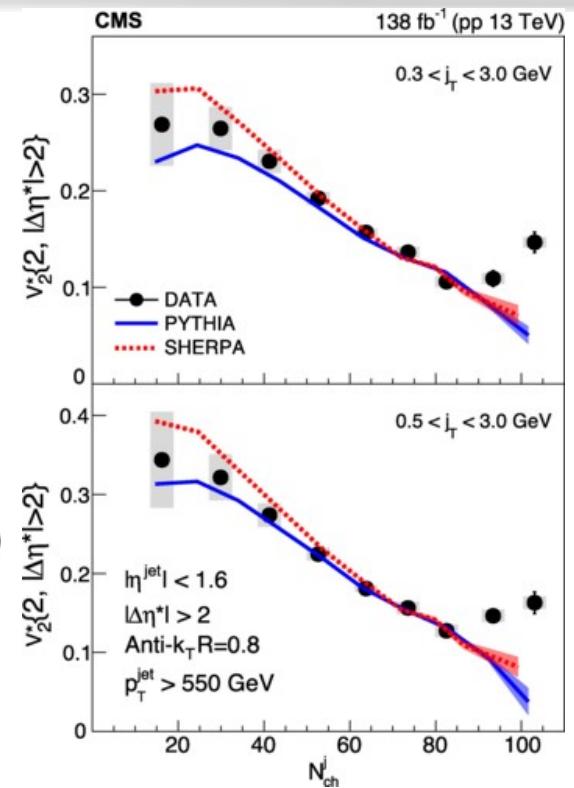
$\langle N_{\text{ch}}^j \rangle = 101$

Top 0.0023% highest- $N_{\text{ch}}^j$  jets



CMS  
138 fb^-1 (pp 13 TeV)

Anti  $k_T$ R=0.8  
 $p_T^{\text{jet}} > 550$   
 $|\eta^{\text{jet}}| < 1.6$

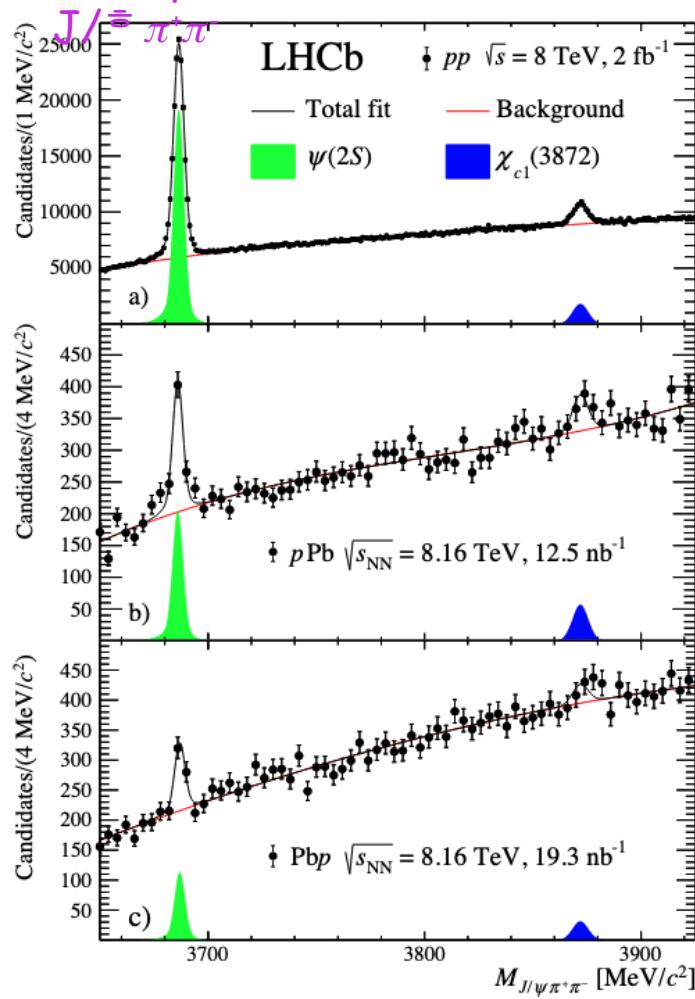


В системах частиц с большой множественностью образуются сходные *ridge* структуры:

- в столкновениях тяжелых ионов
- в pp столкновениях
- внутри струи

## Вклад НИЦ КИ - ПИЯФ обеспечение эффективной регистрации мюонов

### Спектр масс системы $J/\psi \pi^+ \pi^-$



□ Эксперимент LHCb впервые провел измерения образования экзотических адронов  $\chi_{c1}(3872)$  в pPb-взаимодействиях.

$$\chi_{c1}(3872) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^- \quad \psi(2S) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$$

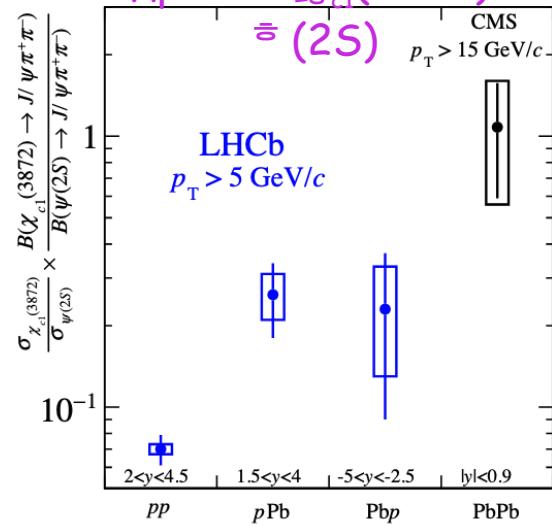
□ Увеличение отношения сечений  $\chi_{c1}(3872)$  и  $\psi(2S)$  от столкновений pp к pPb и к PbPb может указывать на то, что экзотический адрон  $\chi_{c1}(3872)$  испытывает в ядерной среде иную динамику, чем обычное состояние чармония  $\psi(2S)$ .

□ Измеренный фактор ядерн

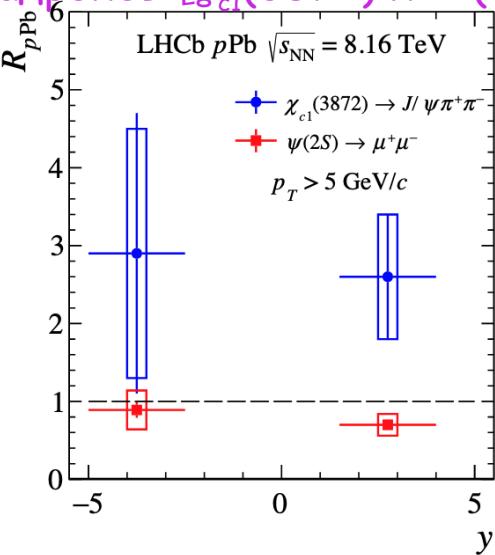
$$R_{pA}^{\psi(2S)} \frac{\sigma_{pA}^{\chi_{c1}(3872)} / \sigma_{pA}^{\psi(2S)}}{\sigma_{pp}^{\chi_{c1}(3872)} / \sigma_{pp}^{\psi(2S)}}.$$

указывает на то, что образование адронов  $\chi_{c1}(3872)$  в pPb-столкновениях увеличено по сравнению с pp-взаимодействием

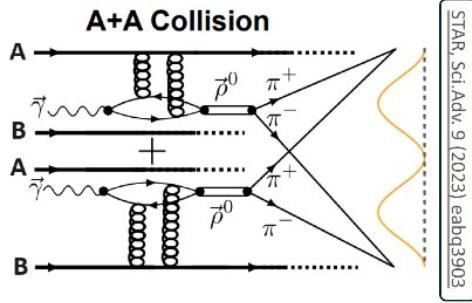
### Отношение выходов адронов $\chi_{c1}(3872)$ и



### Факторы ядерной модификации для адронов $\chi_{c1}(3872)$ и $\psi(2S)$

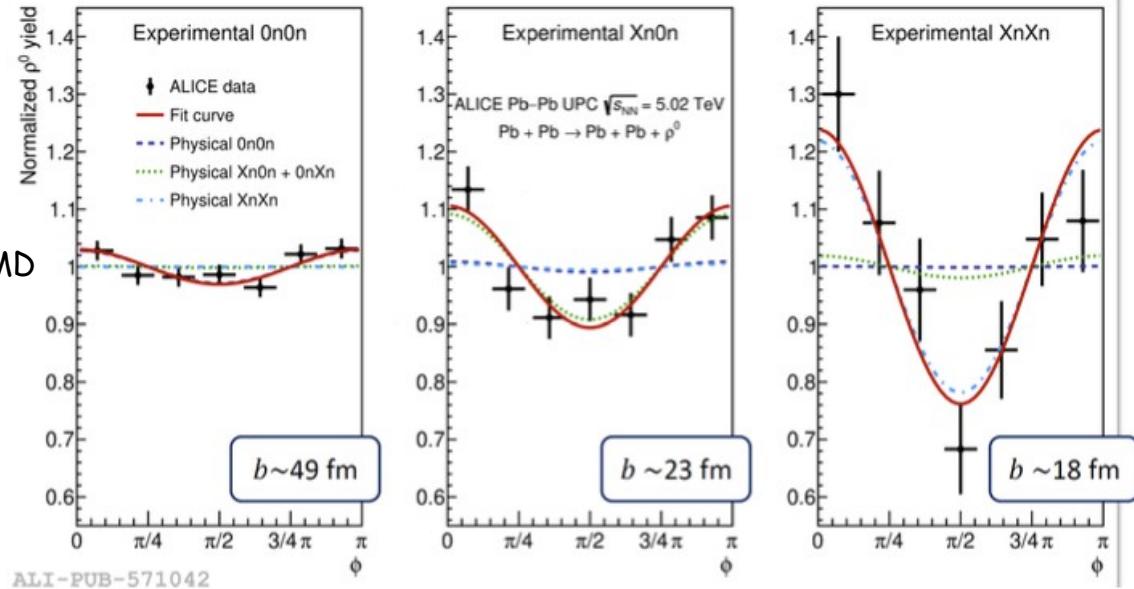
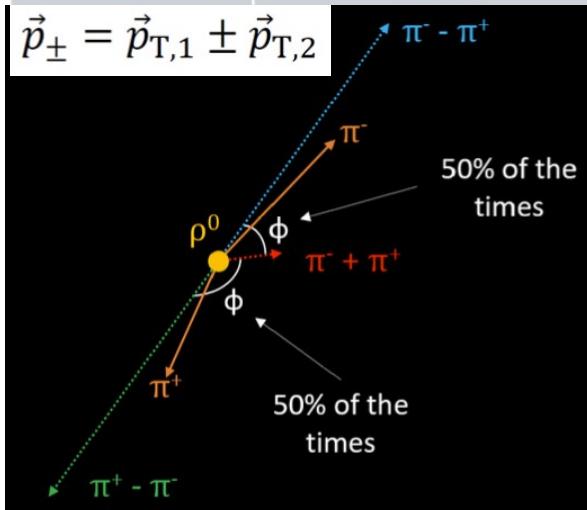


# ALICE: угловая анизотропия в распадах $\rho^0$

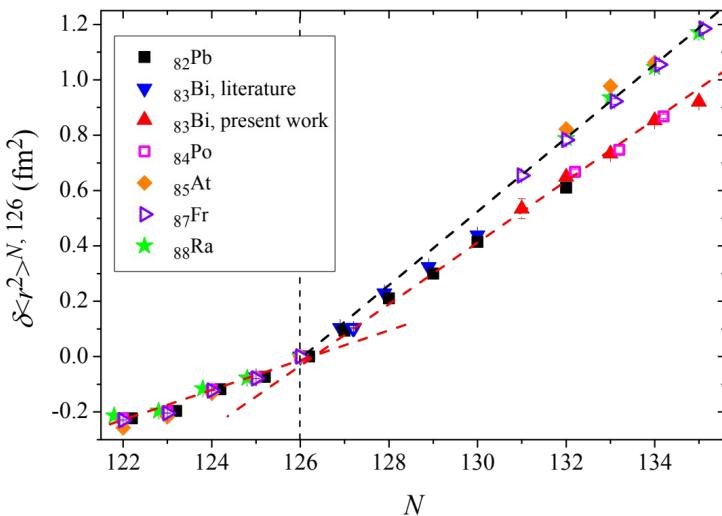


События классифицируются по разным классам EMD (по прицельному параметру) в зависимости от регистрации нейтронов в ZDC.

| EMD class | Median $b$ from $n_0^0 n$ |
|-----------|---------------------------|
| OnOn      | 49 fm                     |
| XnOn      | 23 fm                     |
| XnXn      | 18 fm                     |

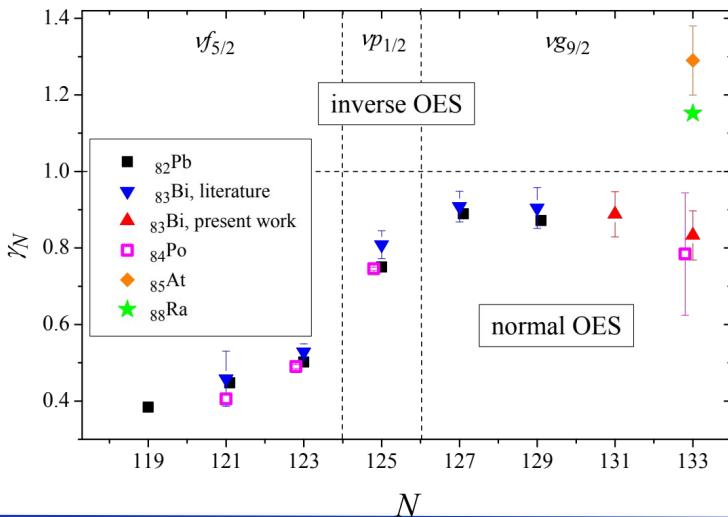


- Первое измерение угловой анизотропии зависящей от прицельного параметра, в распадах  $\rho^0$ -мезонов образующихся в процессе когерентного фоторождения.
- Амплитуда ( $a_2$ ) модуляции увеличивается на порядок по мере уменьшения прицельного параметра  $\Rightarrow$  совместимо с ожиданиями от интерференции

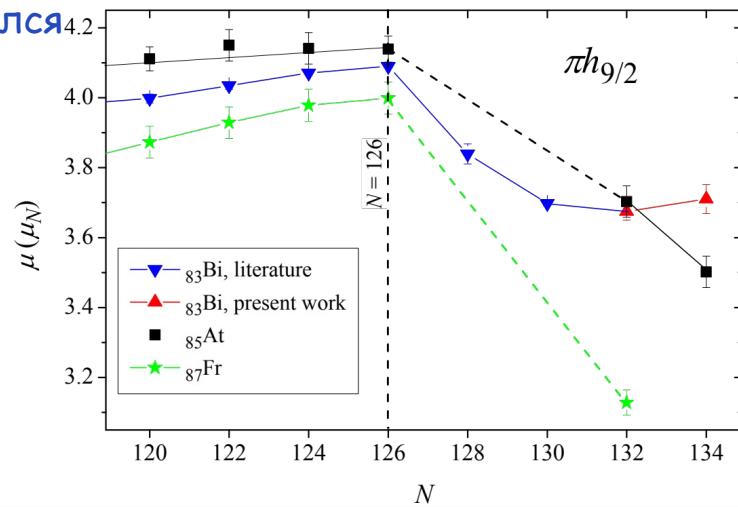


$$\gamma_N = \frac{2\delta\langle r^2 \rangle_{N-1, N}}{\delta\langle r^2 \rangle_{N-1, N+1}}$$

$\gamma < 1 \rightarrow \text{normal OES};$   
 $\gamma > 1 \rightarrow \text{inverse OES}$



- Измерены радиусы и магнитные моменты нейтронно-избыточных ядер висмута.
- Анализ (всех) радиусов при  $N > 126$  показывает, что переход от сферического режима к октупольной деформированности происходит скачкообразно при переходе от  $Z = 84$  к  $Z = 85$ .
- Это следует как из поведения четно-нечетного эффекта, так и из наличия «двух веток» в общей изотопической зависимости радиусов.
- Поведение магнитных моментов тяжелых висмутов можно объяснить эволюцией оболочек при удалении от полосы стабильности (т.е. сближением друг с другом или удалением друг от друга нейтронных оболочек по сравнению с ситуацией вблизи магических чисел). До сих пор такой механизм для объяснения поведения магнитных моментов теорией не рассматривался.



рук. Д. С. Ильин

❑ Новый отдел созданный в начале 2024 г. из ОМК + ОТД (3 н/с, 9 инж, 2 рабоч.)

❑ Текущие работы:

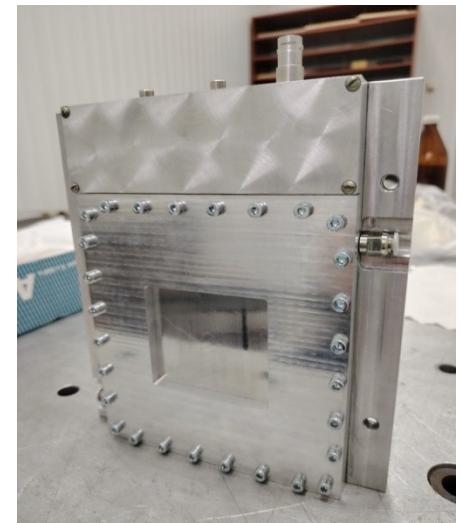
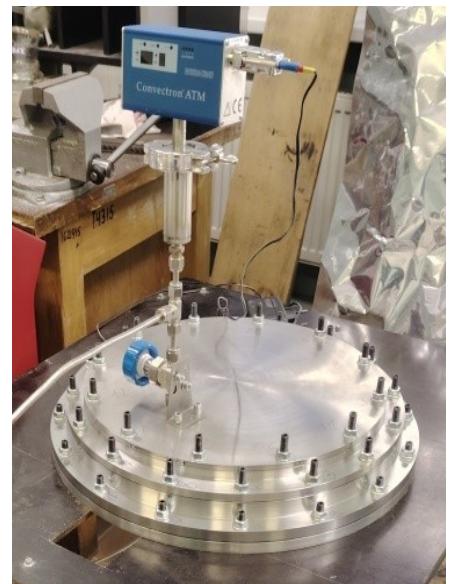
- Дрейфовые камеры для эксперимента СТАСЧАРМ (ИФВЭ, Протвино)

❑ Нейтронные детекторы с газовым конвертером Не-3:

- детектор УХН для измерения времени жизни нейтрана (А.П. Серебров, РК ПИК)
- детекторы УХН детекторы установки поиска ЭДМ нейтрана (А.П. Серебров, РК ПИК)

❑ Детекторы с тонкопленочным В4С-конвертером:

- монитор для установки спин-эхо SEM на РК ПИК





# Заключение



- Сохранение международного сотрудничества в области научных исследований по физике частиц и ядерной физике остается чрезвычайно важным для развития отделения. Особенно сотрудничество с ЦЕРН.
- Одно из направлений международного сотрудничества, поддержанное Минобр - КНР.
- Тем не менее, в связи с известными процессами происходящими в мире становится важным наше участие в экспериментах на коллайдере NICA, на ускорителе У-70 (ИФВЭ) и других научных центрах РФ (ОИЯИ, ИЯФ Новосибирск, НЦФМ Саров и т.д.)
- Предлагаемые эксперименты должны быть тщательно проработаны с точки зрения физических задач, конструкции экспериментальной установки, оценки затрат и план-графика реализации.
- Одним из приоритетов нашей деятельности становятся эксперименты РК ПИК (ИРИНА, ПИТРАП).
- К сожалению, по прежнему не просматриваются источники финансирования исследовательских работ в области физики частиц.

С НАСТУПАЮЩИМ 2025 ГОДОМ



Все приглашаются на фуршет  
в Малый конференц-зал

