

Эксперимент AMBER (NA66, CERN) в 2023

А.А. Дзюба, Е.М. Маев, А.А. Васильев, А. Арутюнова

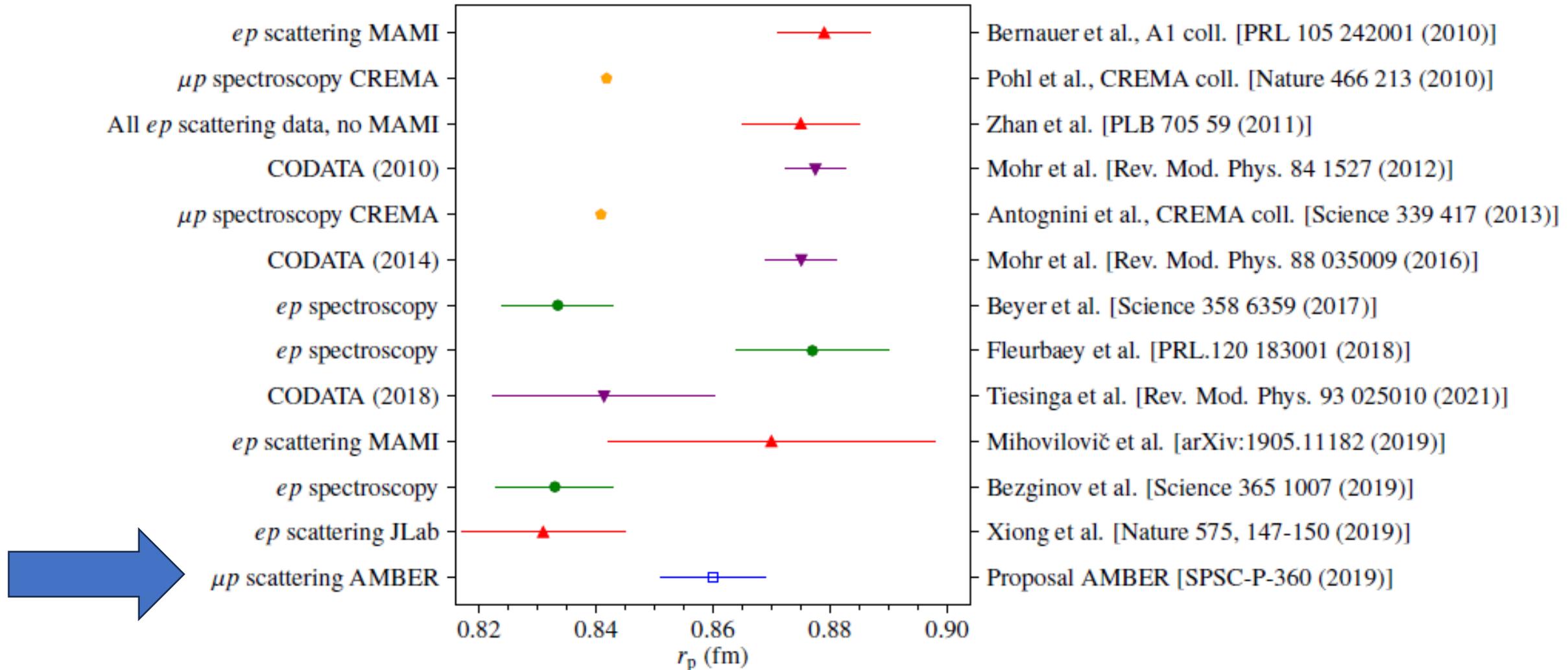
2023-12-27, НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ

Сессия УС ОФВЭ

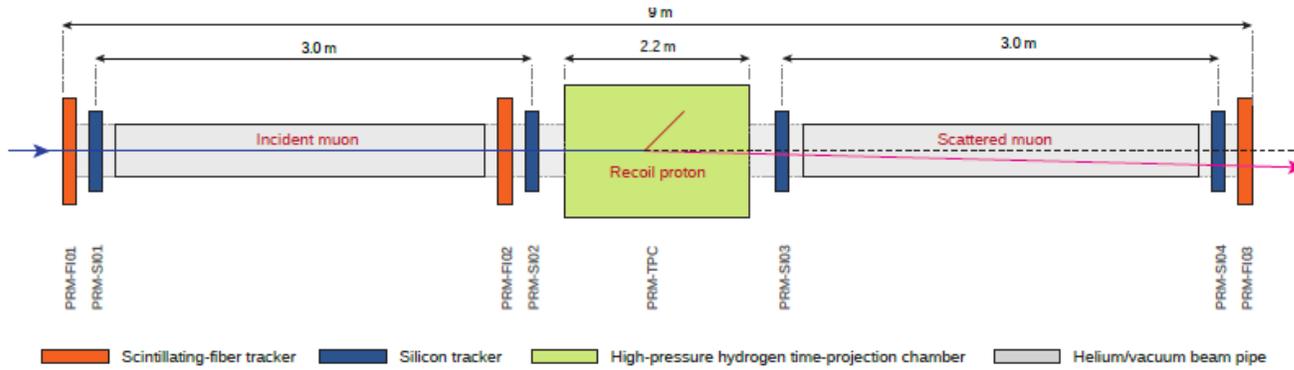
Физические задачи AMBER

- Прецизионное измерение упругого мюон-протонного рассеяния при энергии пучка 100 ГэВ для измерения формфактора протона при малой передаче импульса и, следовательно, **измерение зарядового радиуса протона**.
 - **Основная цель участия группы НИЦ КИ – ПИЯФ в эксперименте AMBER**
- Определение **сечений рождения антипротонов** в протон-протонных и протон-гелиевых столкновениях в диапазоне энергий 20–280 ГэВ как ценный вклад в поиск темной материи.
 - В 2023 году проведен экспериментальный сеанс (протон-гелий), а на 2024 год запланирован сеанс протон-протонных взаимодействий
- Исследование функций **партонных распределения в пионе** при рождении пар Дрелла-Яна с использованием пионного пучка с энергией 190 ГэВ. Параллельно с этими исследованиями будет записан большой набор данных по **рождению J/ψ** , что позволит сделать выводы о механизмах образования (глюон-глюонный синтез или аннигиляция кварка-антикварка)
 - **Идет подготовка / Вершинный детектор PHENIX будет использован в AMBER**

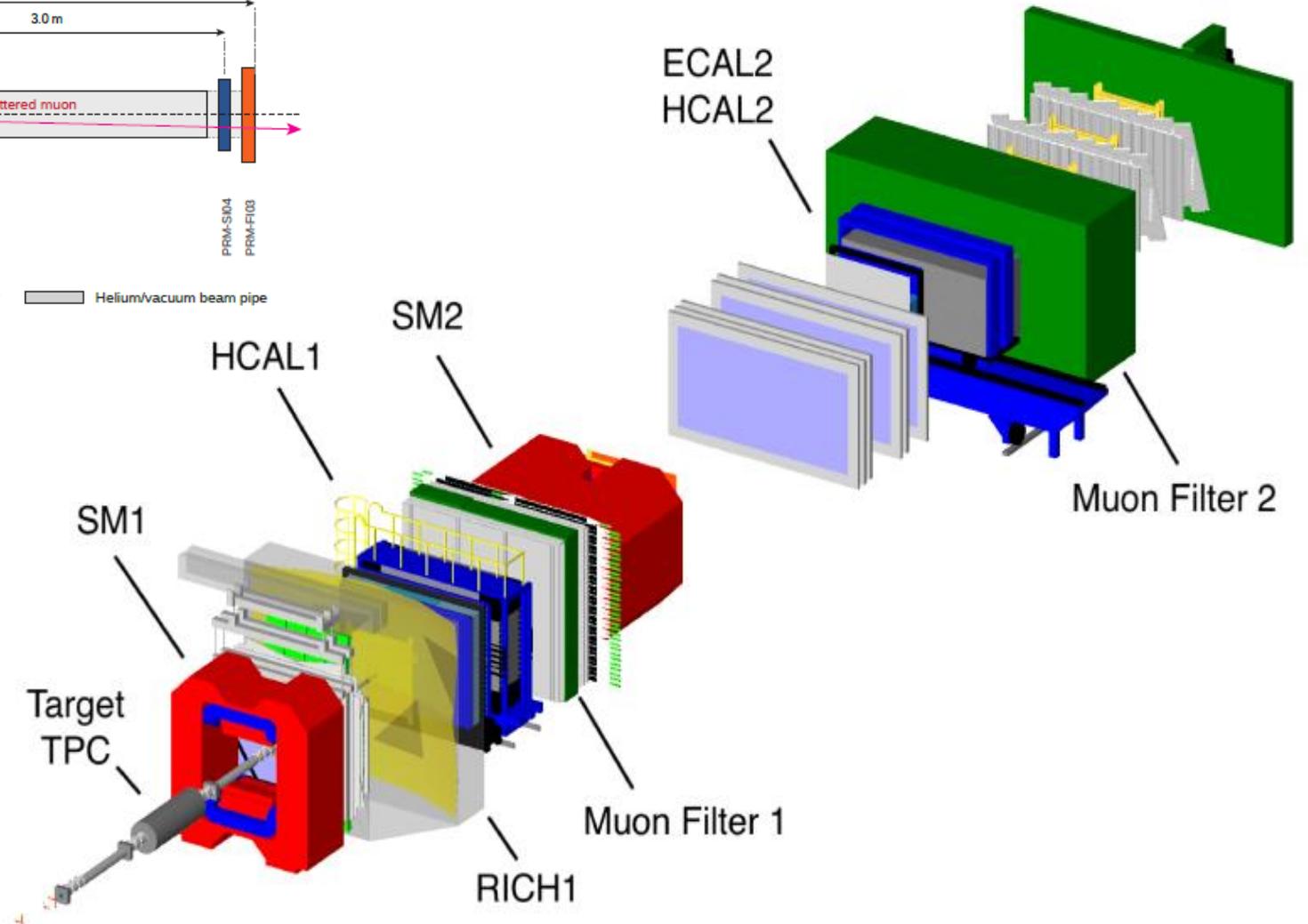
Измерение зарядового радиуса протона



Планируемая установка для измерения радиуса протона



- 4-cell active-target TPC
 - 4x 400 mm drift
- Combined tracking station: ALPIDEs + Sci-Fis
 - Active area: ALPIDE (9x9 cm²), Sci-Fis (8x8 cm²)
- Helium filled beam tubes

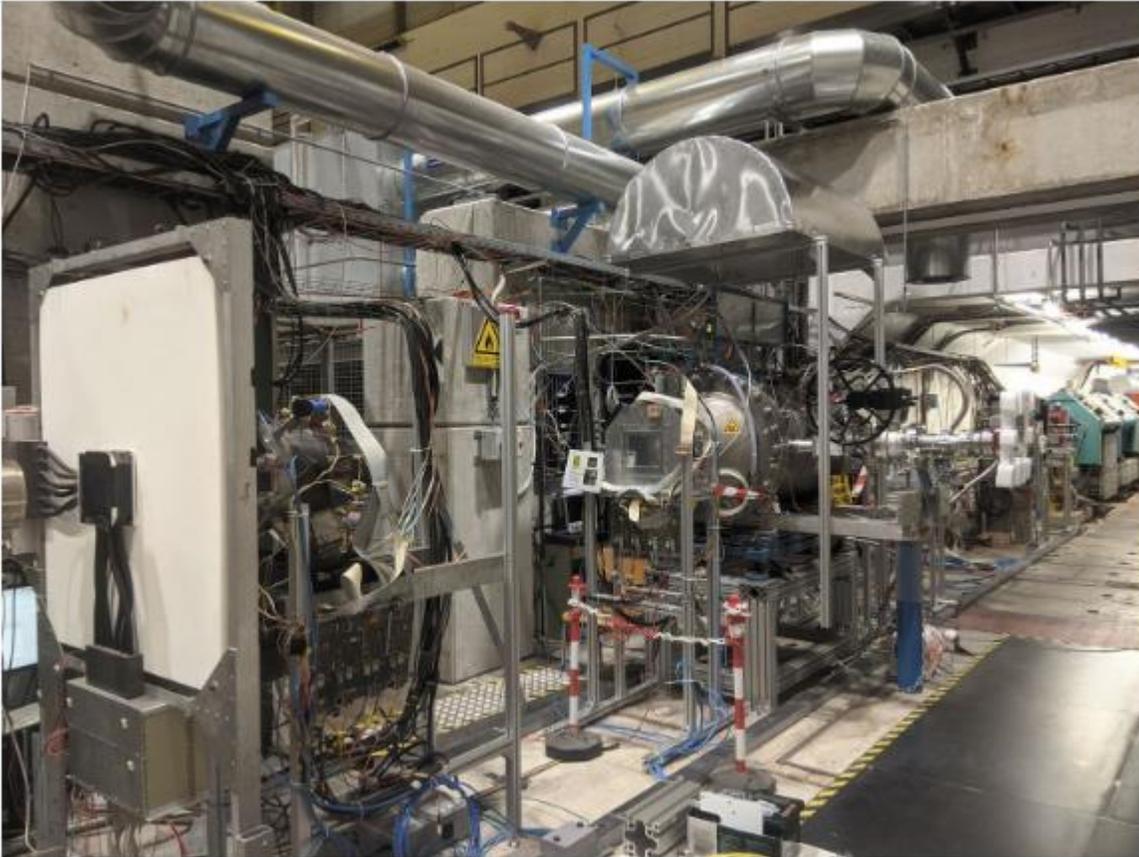


AMBER PRM Beam time 2021 with IKAR



- Preparation started by S. Levorato, O. Maev and A. Granik
- Close to the final TPC design
- Anode \varnothing 400 mm
- Drift space: 372 mm
- A-G space: 10 mm
- Field shaping rings

Параметры модернизированного детектора ИКАР



- Pressure: 8 bar max
- Tested at 12.5 bar
- Inner diameter: 740 mm
- Length: 1600 mm
- Volume: 0.55 m³
- 0.5 mm beryllium windows
- New feedthroughs
- New gas flow & vacuum systems

Обработка данных сеанса 2021

- ▶ Using calibration values, energies adjusted for attachment
- Run/Time dependent correction useful/needed?
- To be repeated with trigger selection

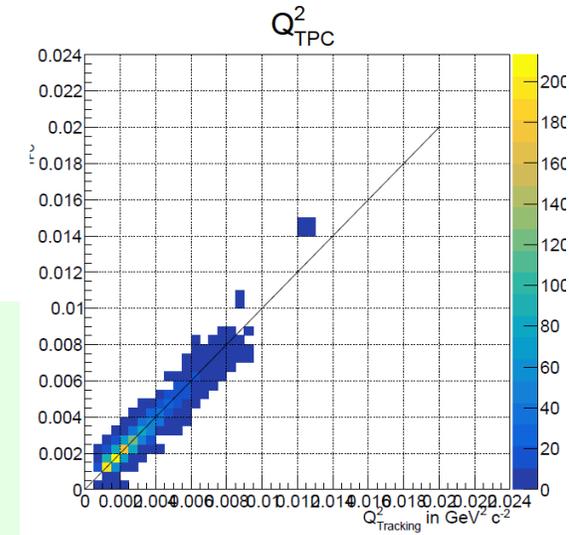
▶ Expectations for number of events coincide but only about a quarter of the events are found: Beam trigger and Q^2 -dependence dependence (possible track reconstruction and matching (Data sets, TRLO))

- Check number of events with next production (improved track reconstruction?). What are the necessary steps for a new production?

▶ Pad Plane layout is corrected

▶ Extracted parameters: drift velocity ($\rightarrow z_{\text{Drift}}(\Delta t)$), φ , θ_p , Energy (from TPC track and dE/dx), Q^2

- Improve cuts / values (parallel to MC)



Подготовка к сеансу 2023 в чистой комнате AMBER

- Подготовка начата зарубежными коллегами в июне 2023
- А.Дзюба и Е.Маев в первые две недели августа прибыли в ЦЕРН и подготовили ИКАР к работе
- 12 августа – первое наполнение (гелий)
- А.Васильев, К.Ившин и А.Соловьев прибыли в ЦЕРН середине августа и включились в работу (борьба с шумами, газовая система).





Переезд на пучок (18 августа)

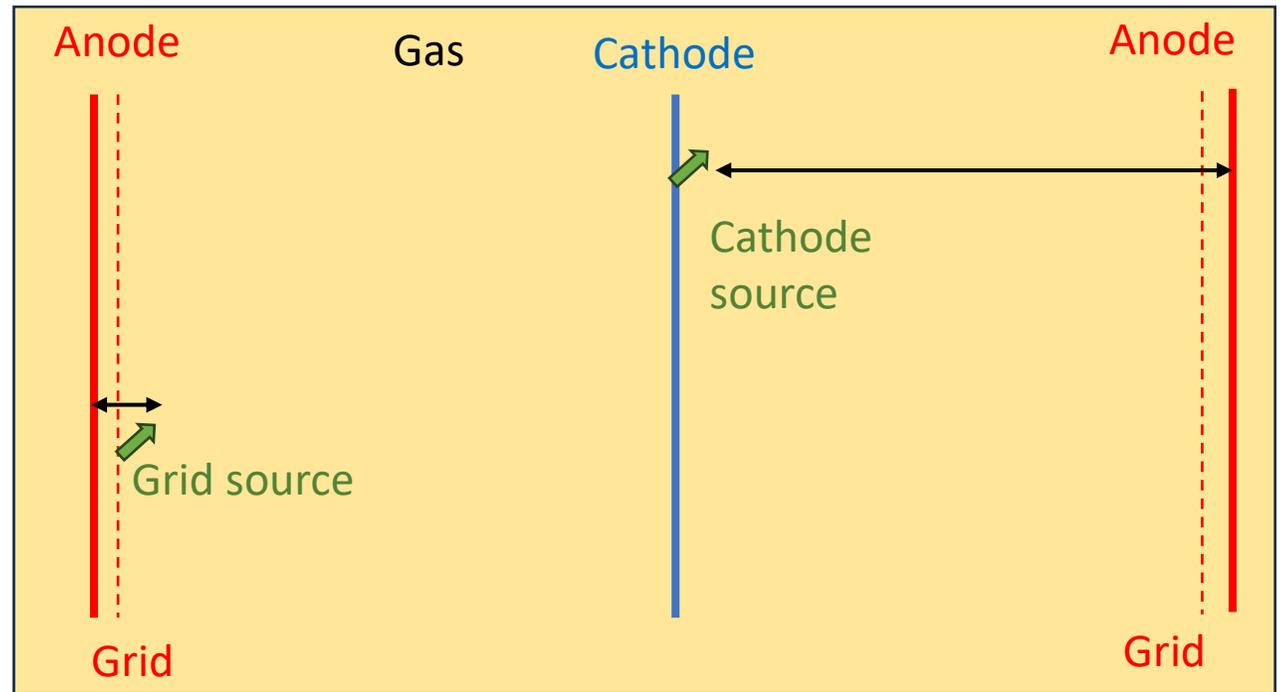
IKAR на пучке

- К сожалению, большая часть фотографий утеряна ☹️
- В августе 2023
 - Проведена калибровка предусилителей
 - Запущена система сбора данных
 - Мониторинг чистоты газа при помощи альфа-источника
 - Измерение шумов
- В сентябре 2023
 - Запущена газовая система (на продув, установка модуля очистки водорода, борьба с течами)
 - Получено разрешение на работу с водородом (18 сентября)
 - Набор данных вечер 22 сентября – утро 28 сентября



Alpha line studies

- Контроль чистоты газа путем измерения энергии альфа частиц из источников, расположенных на сетке и на катоде
 - Альфа линия для сеточного источника стабильна
 - Электроны образованные альфа-частицами катодного источника поглощаются примесями пока дрейфуют
- Несколько измерений на гелии и водороде



После каждого наполнения гелием наблюдался «эффект самоочистки»

Энергия альфа частиц с катодного источника увеличивалась в течении 24 часов после наполнения

Цели на сеанс 2023

- Заполнение водородом (использование модуля очистки)
- Считывание Ethernet / сопряжение двух DAQ
- Набор данных для планируемой формы пучка
- TPC как монитор пучка
 - Фокусированный, нефокусированный и параллельный пучки
 - Определение положения пучка
- Адронные пучки: протоны и пионы

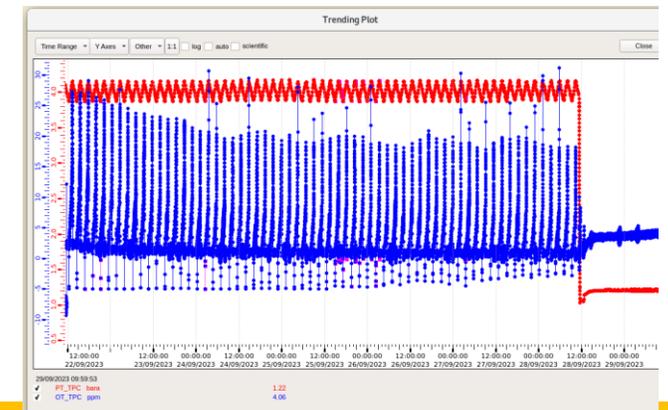
- ? Протоны отдачи (обработка)

- ✗ Корреляции трекинговой системой (её не было)

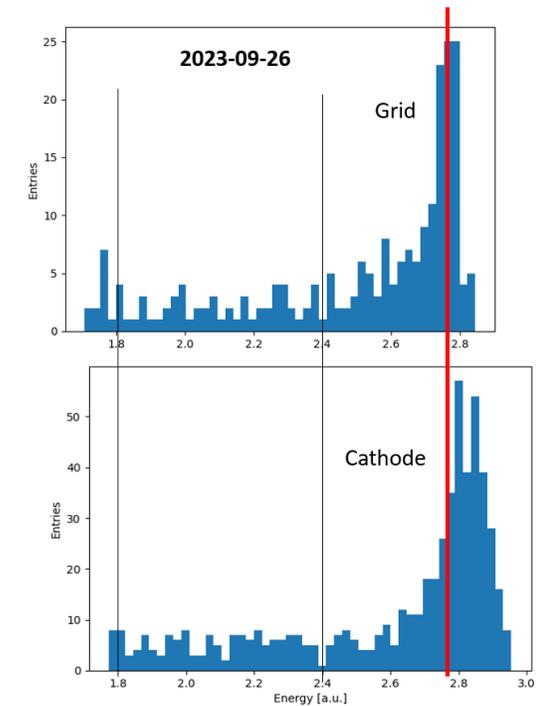
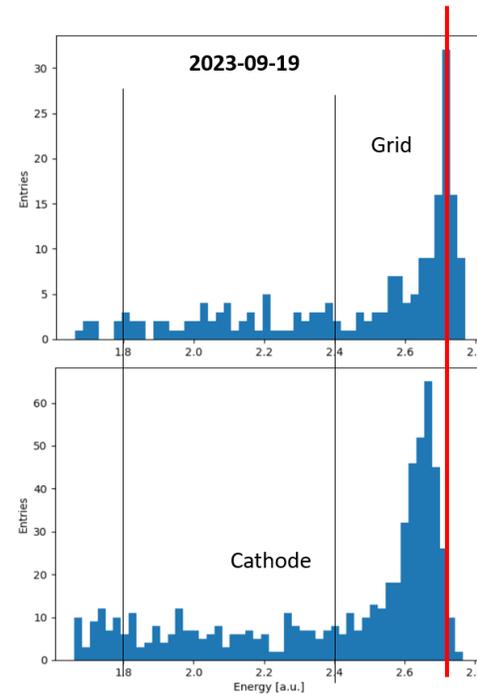
Газовая система (☑)

Pressure in TPC

O₂ sensor

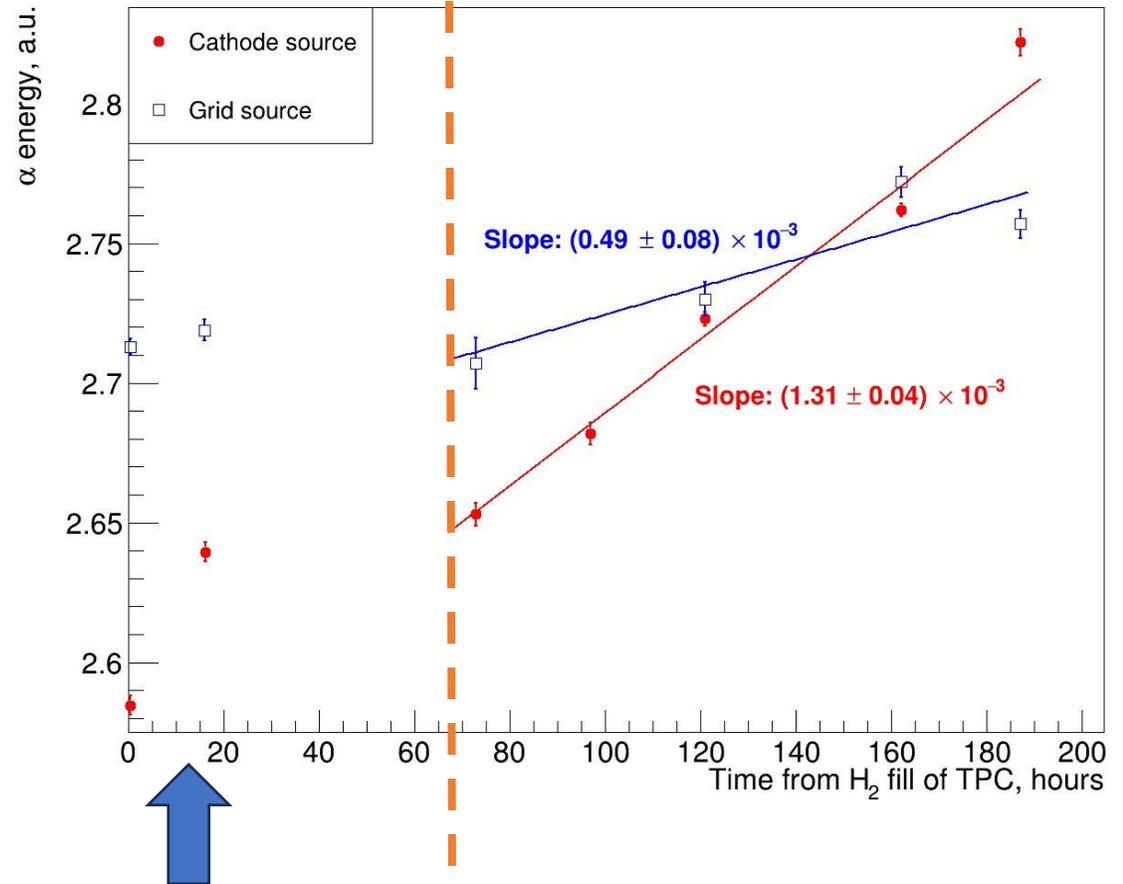


- Работала без сбоев в течении сеанса
- Осцилляции давления из-за особенности построения системы
- Обнаружен «эффект самоочистки» на водороде
- Успешный тест модуля очистки газа



Анализ энергии альфа-частиц

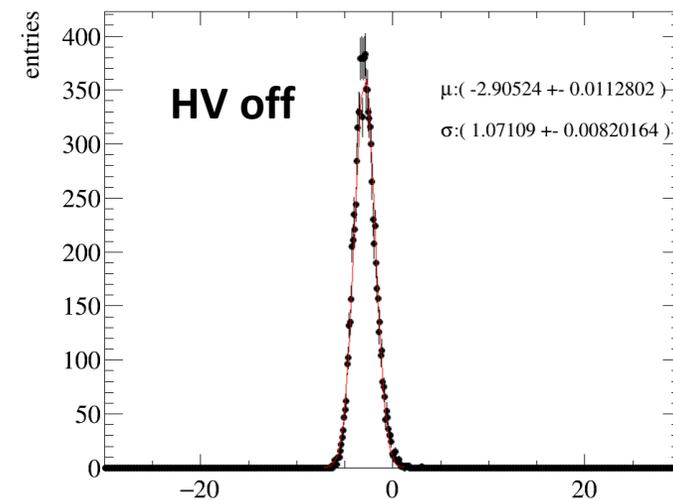
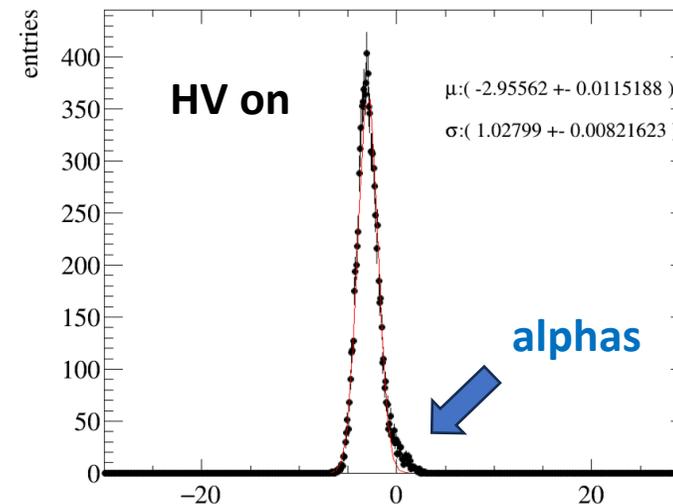
- Анализ выполнен А.Арутюновой
- Подтверждается эффект «самоочищения»
- Качества газа стало улучшаться, после включения модуля очистки (**впервые для ИКАРа**)
- Два независимых от времени эффекта, которые еще нужно будет учесть:
 - Индивидуальный учет коэффициентов усиления сигналов на разных анодных падах (~3-5 %)
 - Прозрачность сетки для поля от ионов (3.8%)



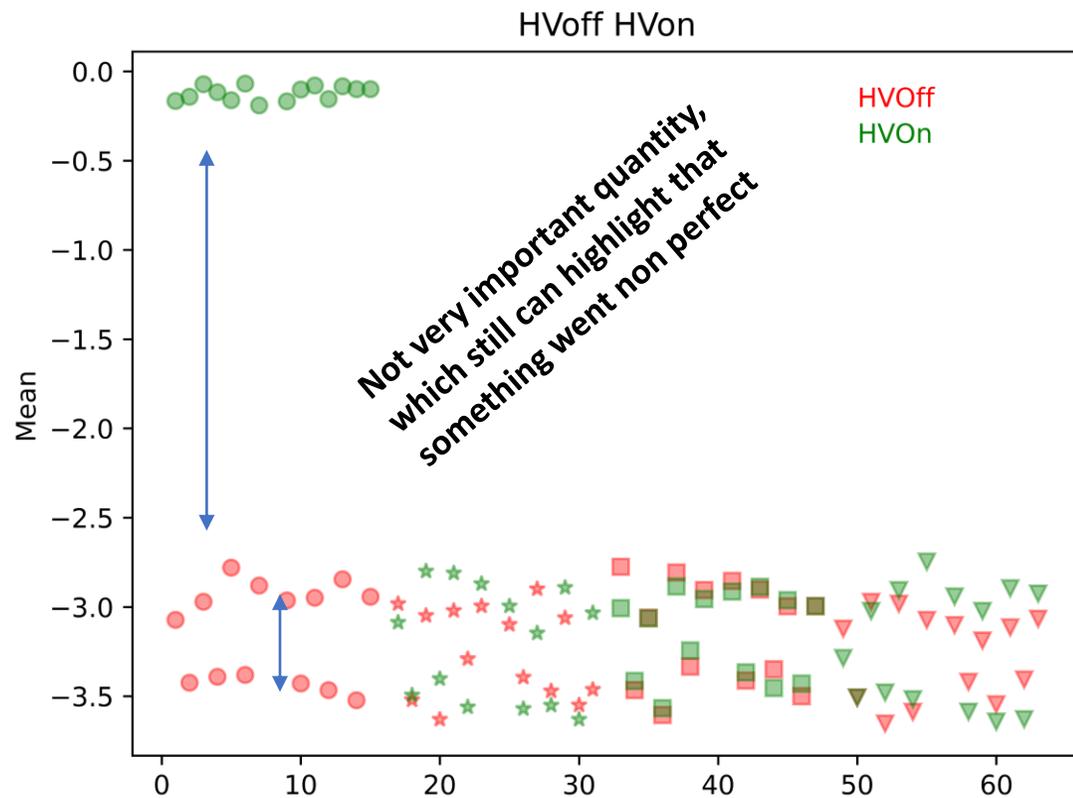
Эффект «самоочищения»

Шумы (☑)

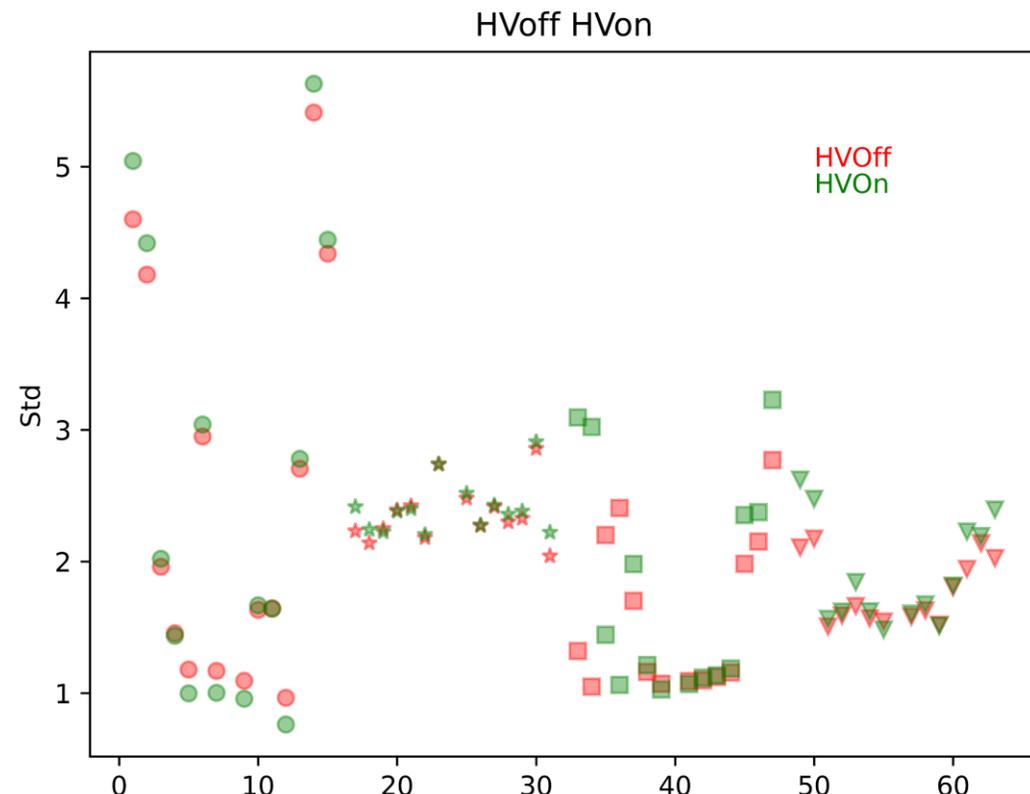
- Анализ шумов при помощи PicoScope
- HV off / HV on
 - Видно присутствие альфа-источника
- Шум = сумма в интервале 4.8мкс
- Матчинг с данными DAQ



Влияние HV на шумы мало



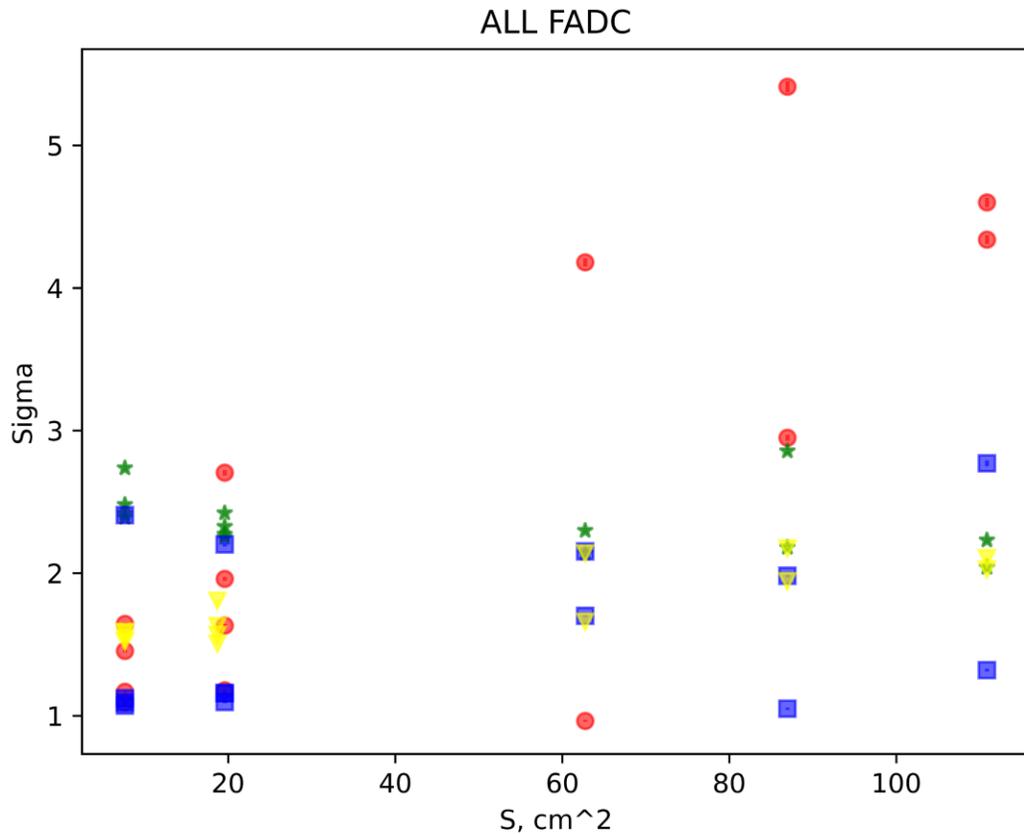
Среднее значение гауссианы



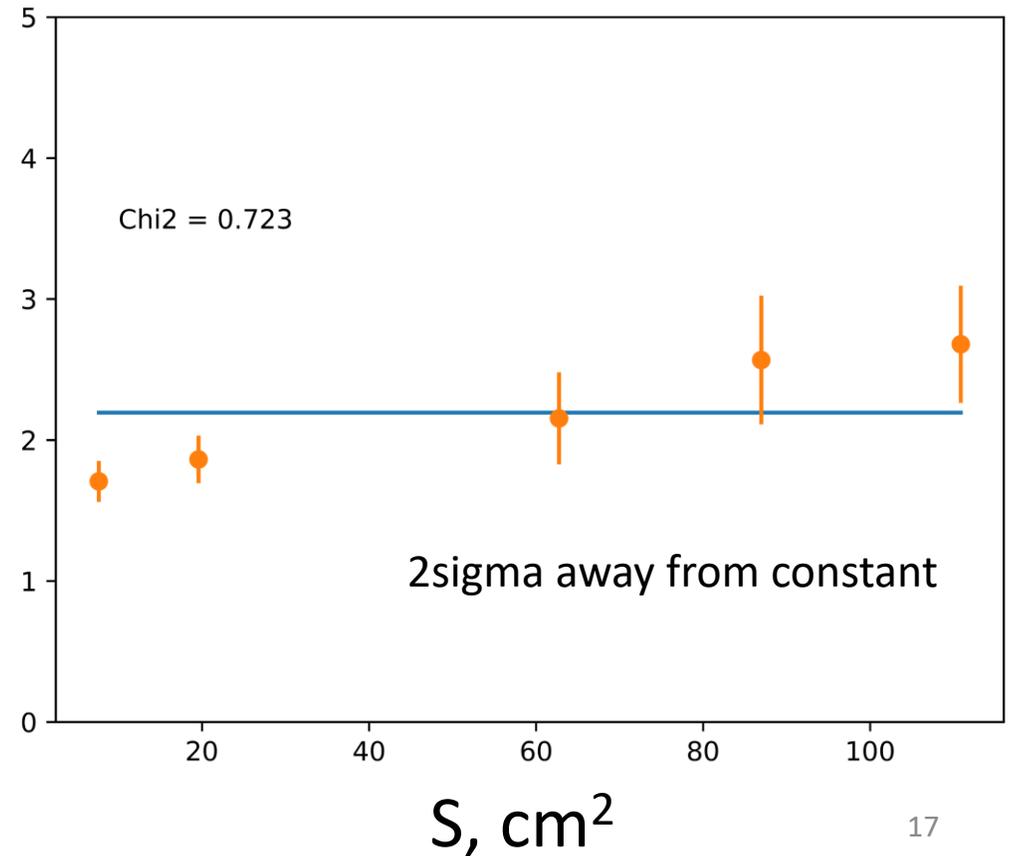
Ширина (sigma) гауссианы

Electronic noise vs pad area

- Mean value of noise demonstrative an evidence of non-constant behavior
- Still 2nd order effect
- Next steps:
 - check at DAQ data (started)
 - Fourier analysis

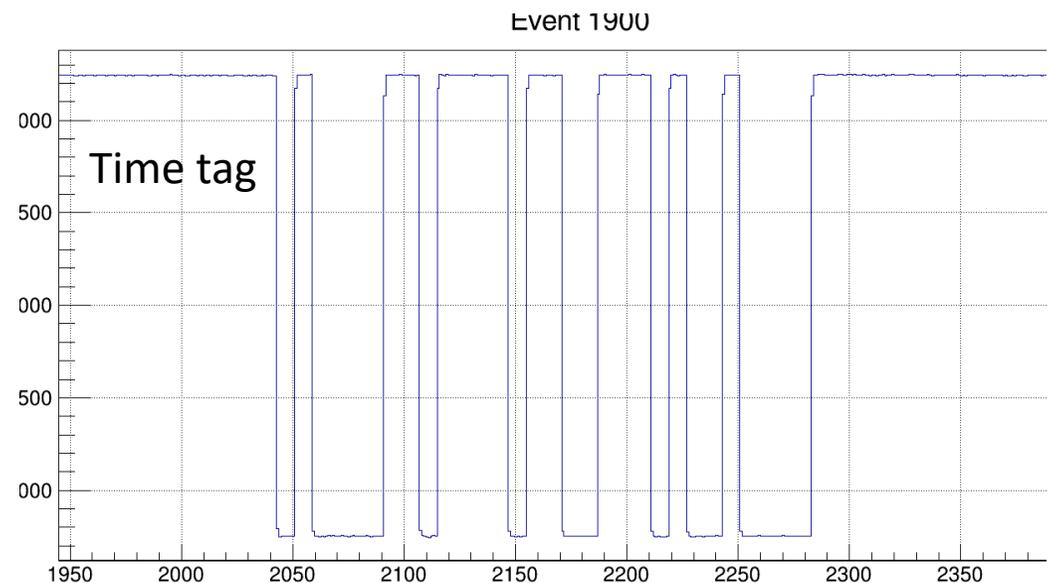


Mean of noise, a.u.



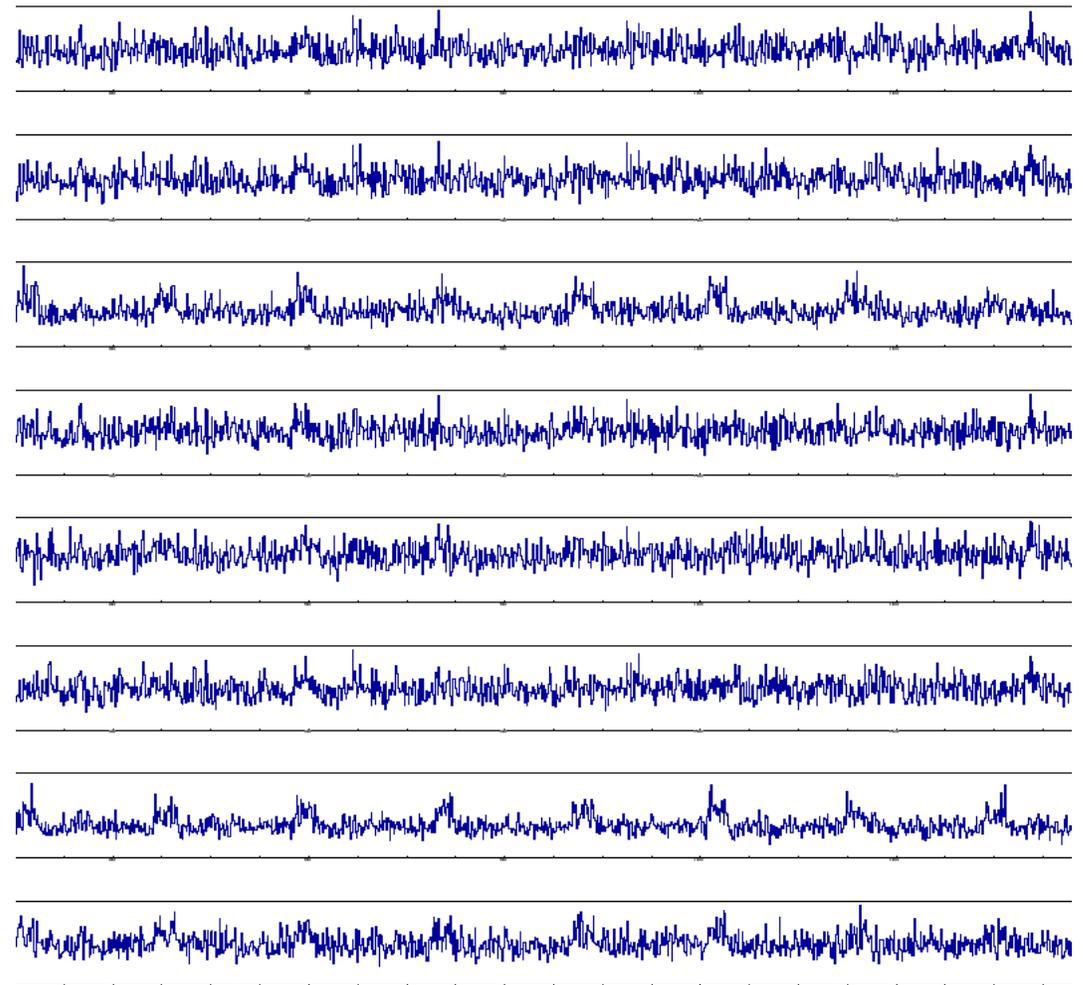
DAQ / пороги / mapping / etc. (☑)

- **Считывание через Ethernet**
- Система сбора данных была передана для записи полезных событий только на 5 дней
 - **Наладка заняла три дня! Так работать нельзя!**
 - **Нельзя жить на чужом DAQ**
- Карта соответствия каналов нарушена
 - Перепутаны четные и нечетные каналы по сравнению с сеансом 2021 (1 \leftrightarrow 2, 3 \leftrightarrow 4, и т.д.)
- Сломанные каналы (FADC 2 и 4)
 - Замена модулей не помогла
- **TPC time tag записан и реконструирован**



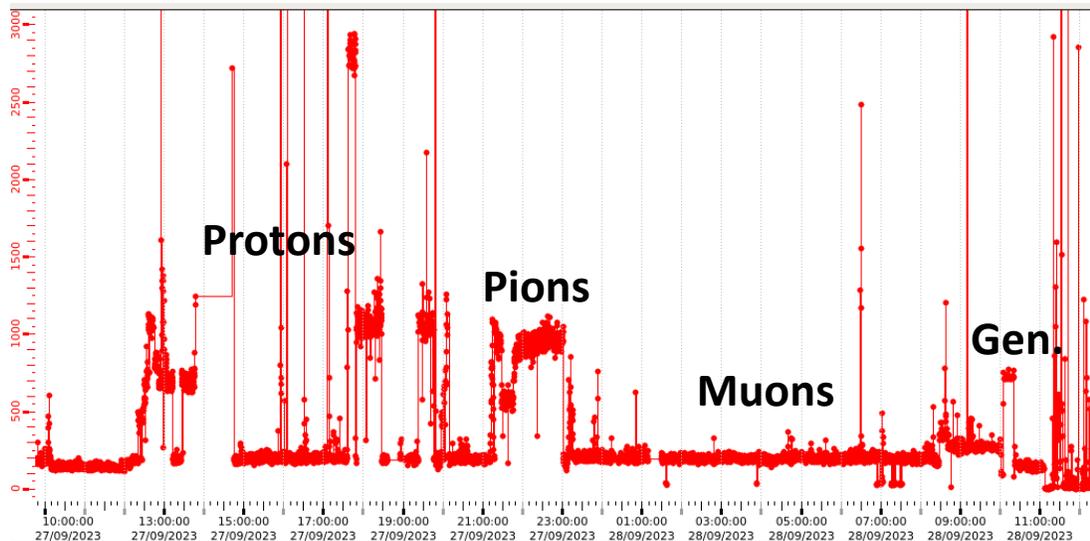
Мониторинг пучка (☑)

- ТРС может использоваться как самостоятельный монитор пучка (измерение шумов с триггером от генератора)
- **Временная структура сброса пучка видна в распределении шумов в индивидуальных событиях**
- Наборы данных для различных положений пучка ($\pm 1\text{см}$) позволят определить пространственное разрешение



Time

IKAR TPC Trigger rate



Протонные, пионные и мюонные пучки(☑)

- Протоны и отрицательно заряженные пионы
- Большое сечение → больше триггеров
 - Больше длино-пробежных протонов отдачи
- **Сравнение сечений?**

Заключение

- **Анализ данных 2021 и 2023 продолжается**
- IKAR TPC готов к работе
- Новая камера в процессе изготовления
- Существенные задержки с трекинговой системой
- Достаточно материала для методической статьи
 - High pressure hydrogen TPC in high intensity beams
- **Вопрос целесообразности дальнейшего участия группы ОФВЭ ПИЯФ прорабатывается**



С наступающим Новым Годом!