



Эксперимент PROTON

PROJECT FOR PRECISION MEASUREMENT OF THE PROTON CHARGE RADIUS IN AN ELECTRON-PROTON SCATTERING EXPERIMENT

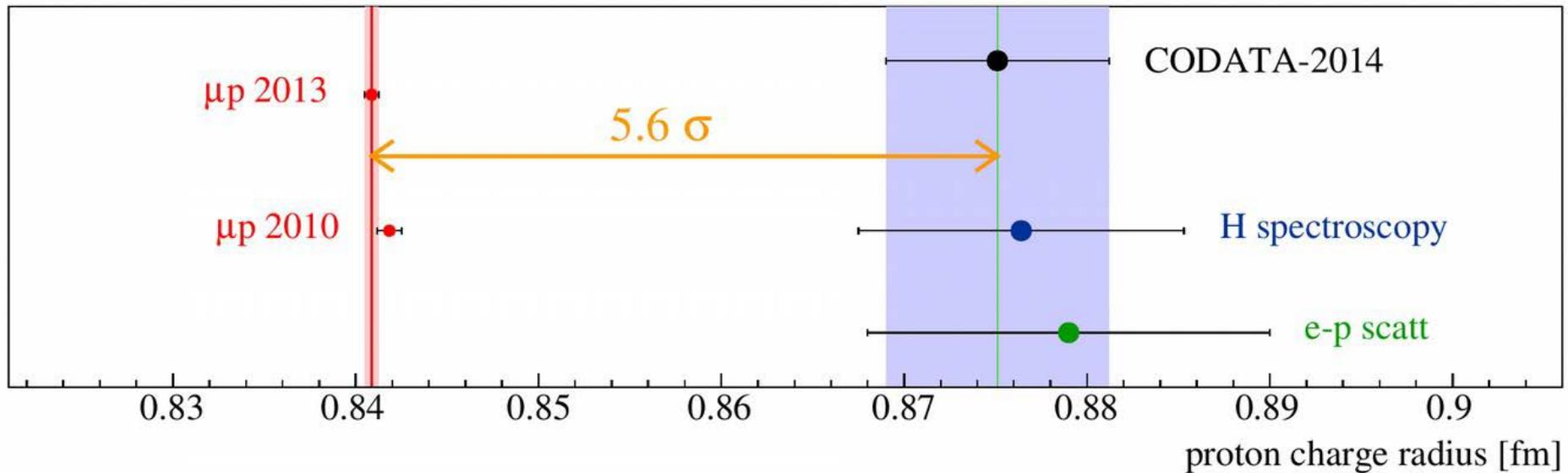
Прецизионное измерение зарядового радиуса протона при упругом рассеянии электрона на протоне

PROTON Collaboration

*Petersburg Nuclear Physics Institute, Russia;
Institute for Nuclear Physics, University of Mainz, Germany;
GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Germany;
Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia;
William and Mary College, USA;
Mount Allison University, Canada;
University of Regina, Canada;
Saint Mary's University, Canada*



Мотивация проекта «ПРОТОН»



Лэмбовский сдвиг в μ атомах
Коллаборация CREMA в PSI

$$R_p = 0.84184(87) \text{ fm}, R_p = 0.84087(39) \text{ fm}$$

Электрон-протонное (ep) упругое рассеяние
A1 collaboration at Mainz
Thomas Jefferson National Accelerator Facility

$$R_p = 0.879(5)_{\text{stat}}(6)_{\text{syst}} \text{ fm}$$
$$R_p = 0.875(10) \text{ fm}$$

Разница 4% или 5.6 σ !

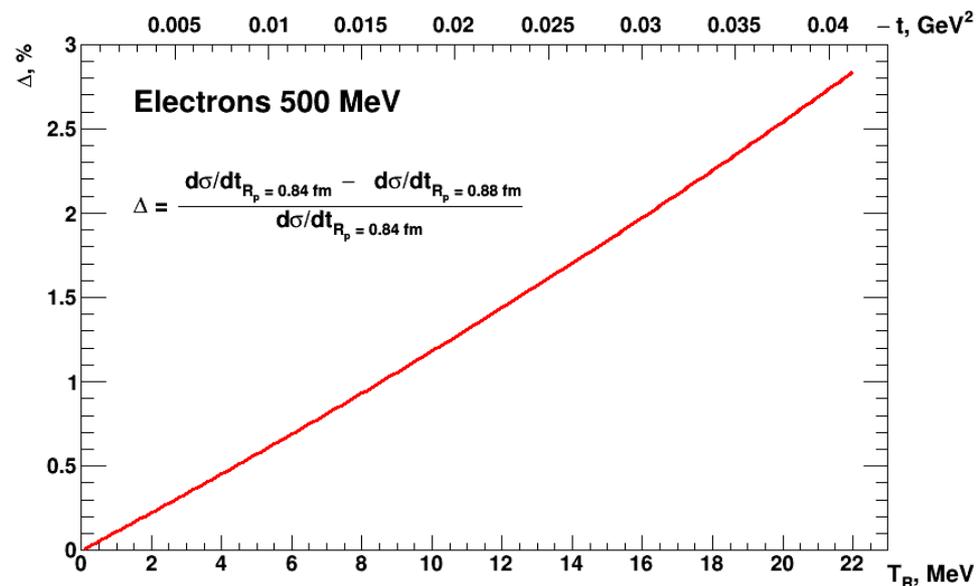
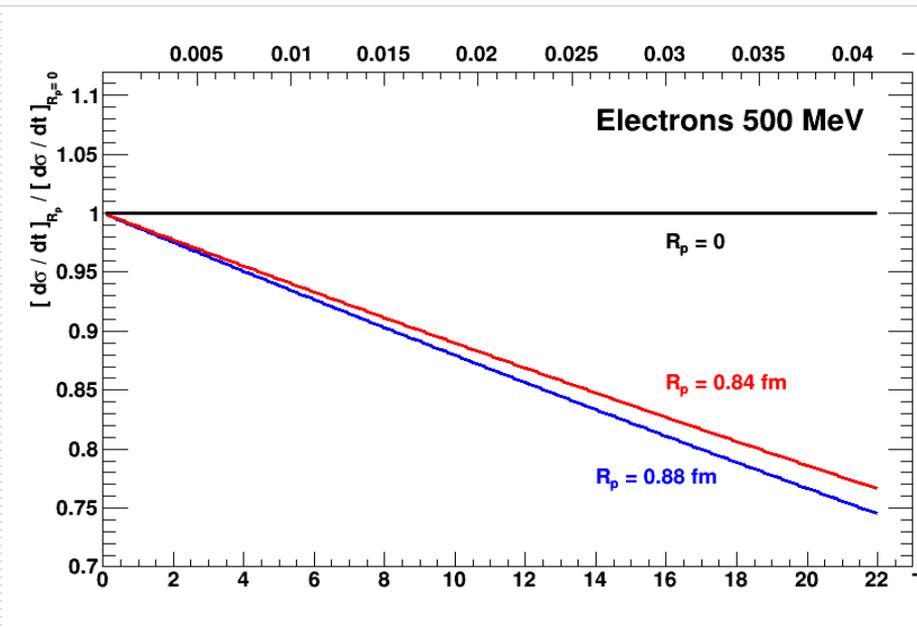


Цель проекта «ПРОТОН»

Измеряемой величиной в ер упругом рассеянии является дифференциальное сечение

Измерения будут выполнены при $\varepsilon_e = 720$ MeV в диапазоне переданного импульса Q^2 от 0.001 GeV² до 0.04 GeV².

Чувствительность $d\sigma/dt$ к радиусу протона для этого диапазона Q^2



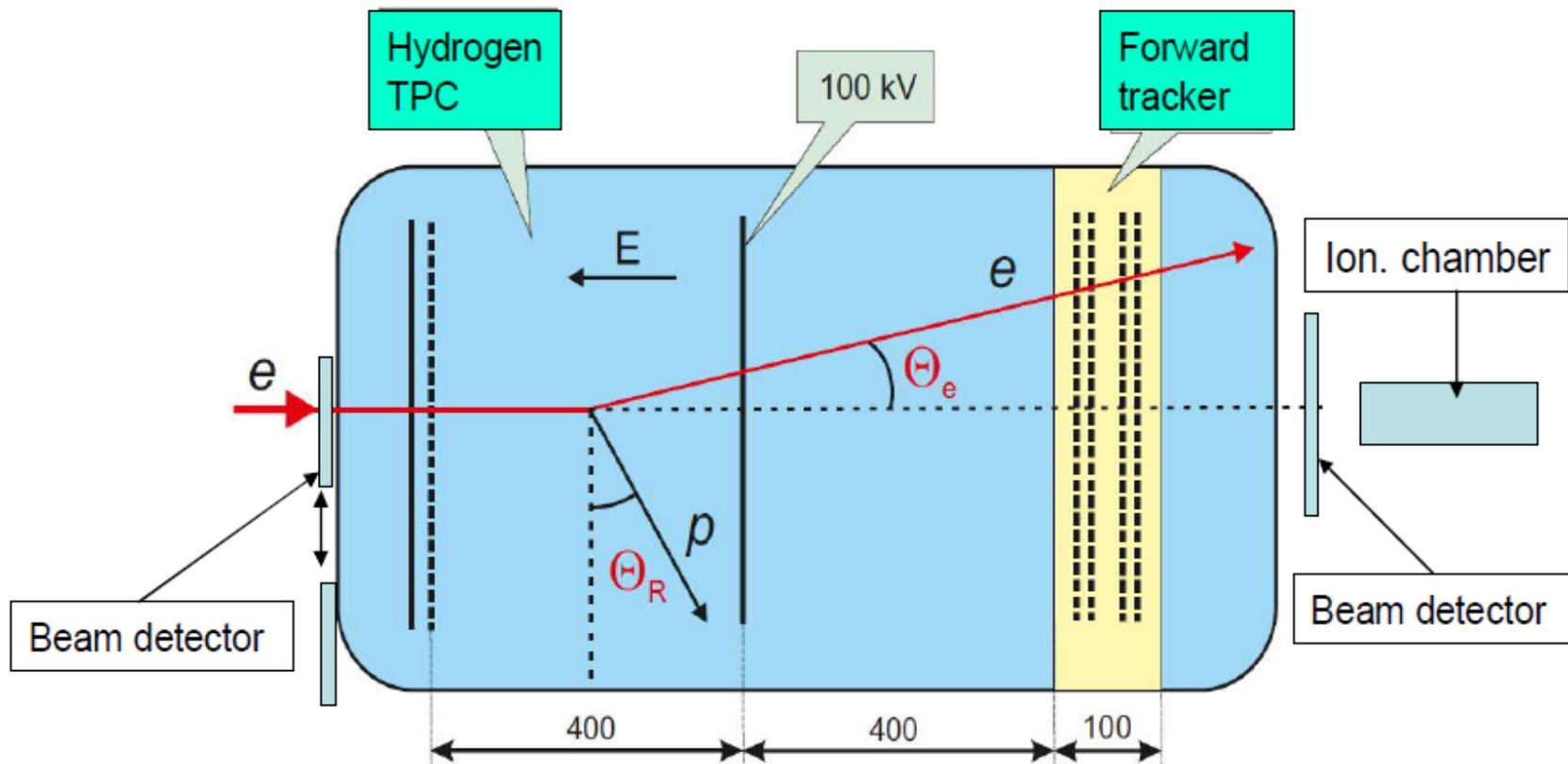
Сечения, соответствующее $R_p = 0.88$ fm и $R_p = 0.84$ fm отличаются на 1.3% при $Q^2 = 0.02$ GeV².

В эксперименте дифференциальное сечение должно быть измерено не хуже чем с 0.1% относительной и 0.2% абсолютной точностью.



Особенности проекта «ПРОТОН»

Впервые будут выполнены измерения не только траектории электрона, но и характеристики протона отдачи



Измеряемые величины эксперимента:

- θ_R - угол вылета протона отдачи
- θ_e - угол рассеяния электрона
- Z - координата точки рассеяния электрона
- T_r - энергия протона отдачи

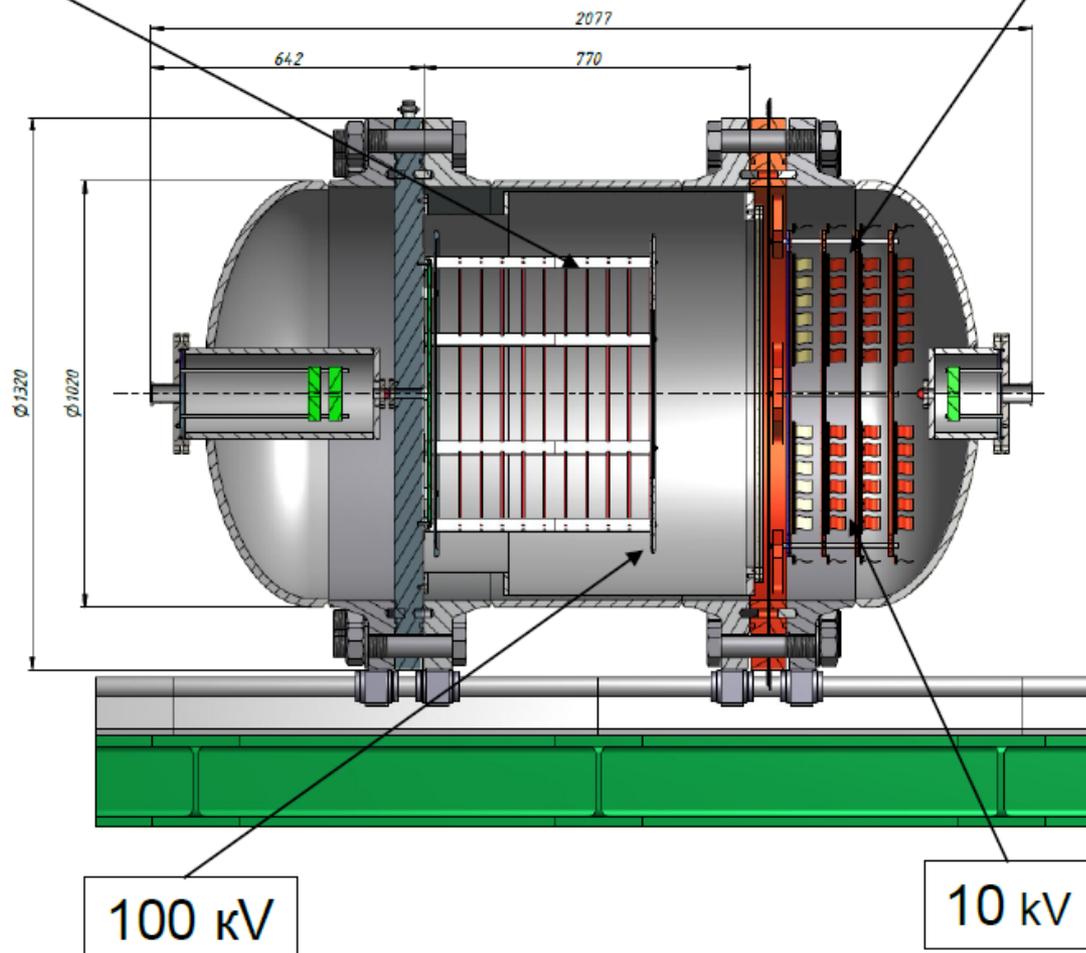
Величины, известные априори:

- X, Y - координаты точки рассеяния
- T_e - энергия электрона



20 bar H₂ TPC
Gas purity 10⁻⁸

Ar + CH₄ 20 атм



100 kV

10 kV

Forward tracker составлен из 2-х или 3-х пар катодных стриповых камер X_1/Y_1 , X_2/Y_2 и (X_3/Y_3 ?) с 3 mm дрейфовым промежутком между анодом и катодом. Камера работает при 20 bar Ar/CH₄ смеси

Рабочая область камеры имеет $\varnothing 600$ mm.

Считывание сигналов осуществляется с обеих катодных плоскостей (50 μm W/Re проволоки с шагом 0.5 mm)

Проволоки одной катодной плоскости перпендикулярны анодным проволокам.

Проволоки второй катодной плоскости наклонены на 45 градусов по отношению к анодным и объединены в 10 мм стрипы.

Анодная плоскость под напряжением 6-7 kV (30 μm W/Re проволоки с шагом 3 mm)

Основным в FD является катодная плоскость с проволоками перпендикулярными анодным. Они объединены в стрипы по 2.5 мм.

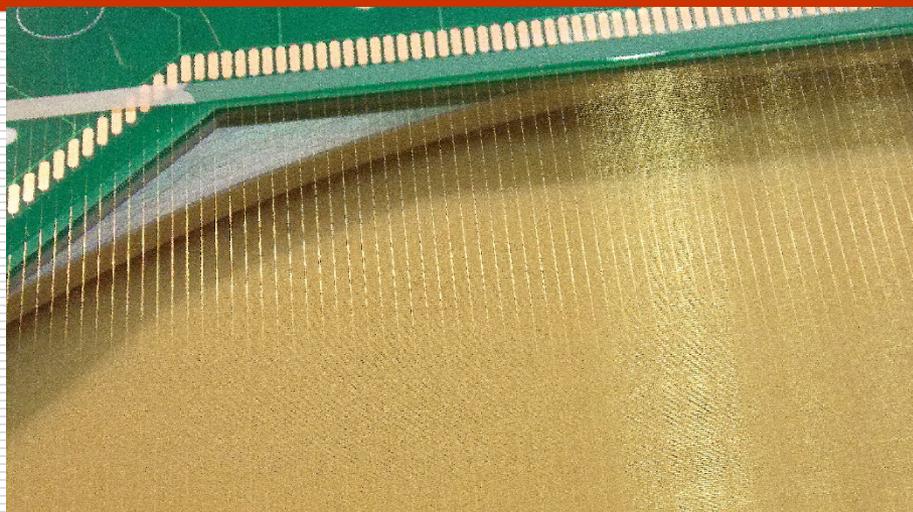
Требуется разрешение ~ 30 μm при обеспечении абсолютной линейной шкалы на базе 600 мм 0.02% (0.12 mm погрешности на всей шкале)



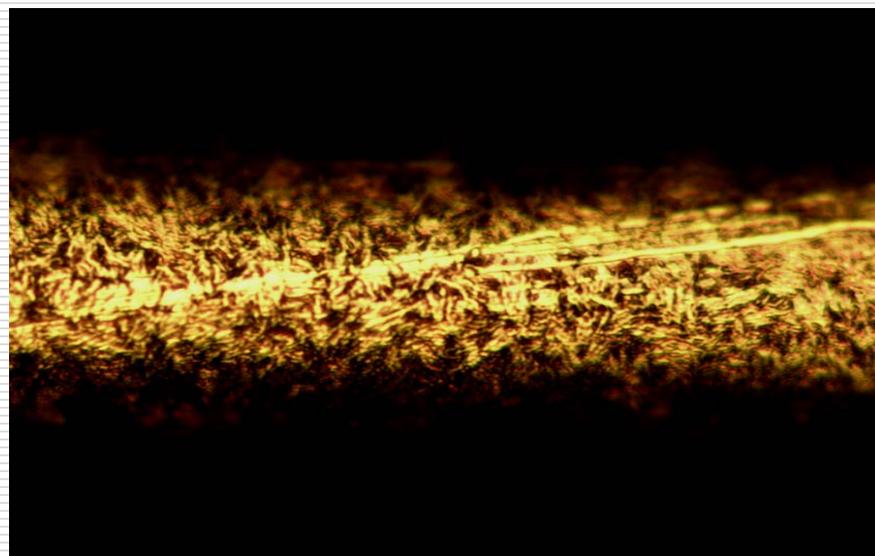
Элементы пропорциональной камеры



Анодная плоскость. Просвет 600 мм. W/Re 30 μm проволока, шаг 3 мм. Бочин Б.В.



Катодная проволока W/Re 50 μm . Нарращивание золота на центральной части 50 μm \rightarrow 80 μm . Увеличение 100. Сорока М.А. Гаврилов Г. Е.



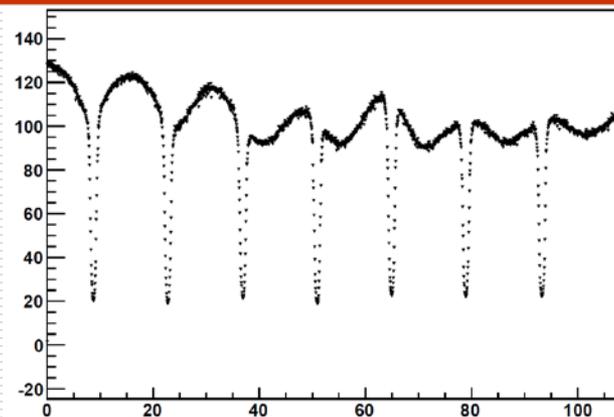
Катодная проволока W/Re с дополнительным золотым покрытием 50 μm \rightarrow 80 μm . Увеличение 400. Сорока М.А. Гаврилов Г. Е.



Проверка линейности шкалы катодных проволок



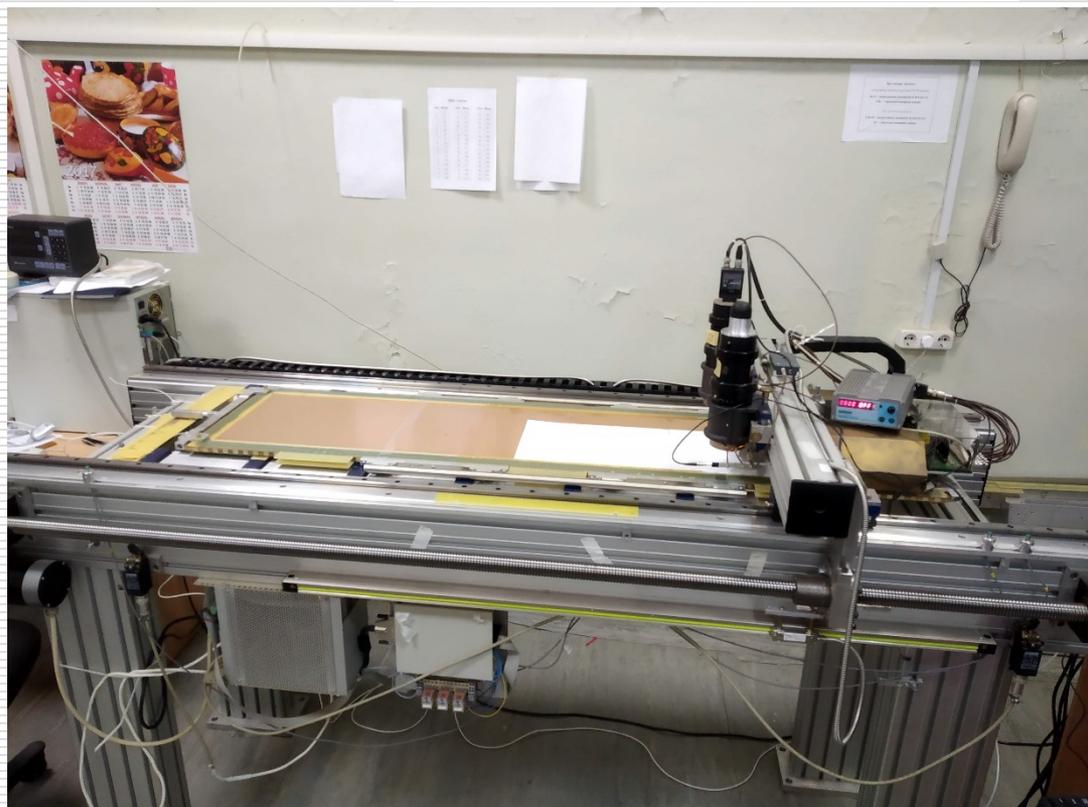
Фотография катодных
50 μm W/Re проволок.
Шаг 0.5 мм.



Оцифрованное
изображение проволок

Установка для измерения положения проволок
Бочин Б.В., Микиртычьянц С.М. и др.

Требуется обеспечение абсолютной линейной
шкалы на базе 600 мм с погрешностью не более
0.02% (0.12 мм погрешности на всей шкале)

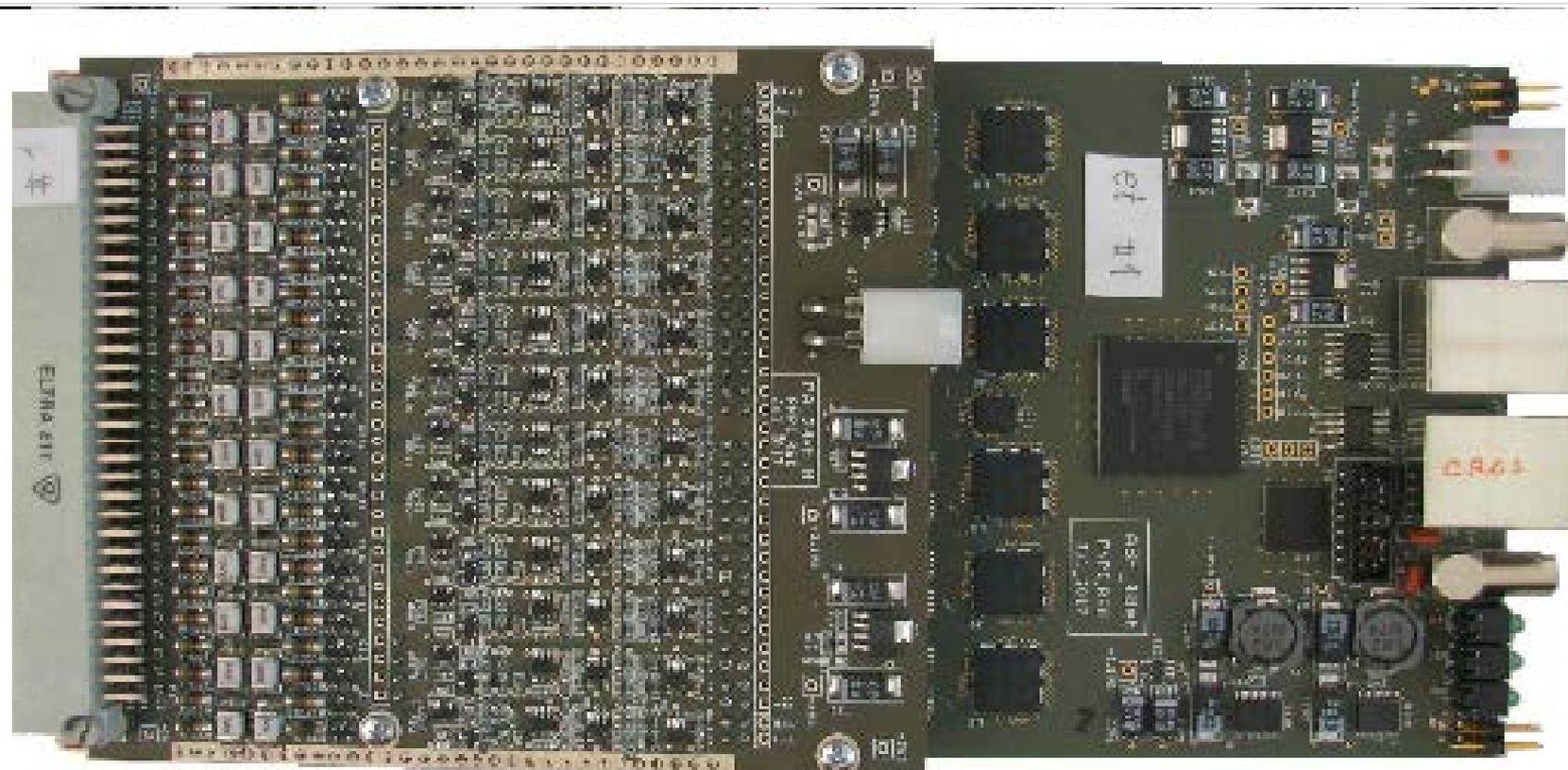




Карта чтения FD - ASF48et

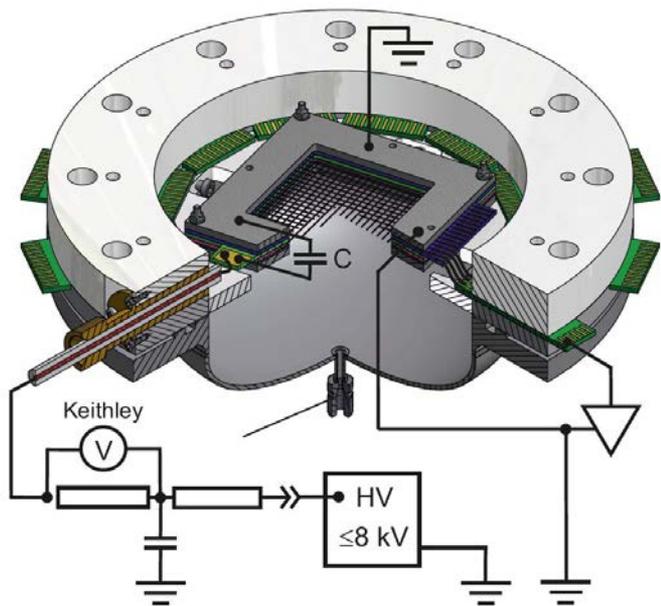
48-КАНАЛЬНАЯ КАРТА СБОРА АНАЛОГОВОЙ ИНФОРМАЦИИ, ВЫПОЛНЕННАЯ НА ОСНОВЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ Flash-ADC И ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКИ

*В.Л. Головцов, Н.В. Грузинский, П.А.Кравцов, А.В. Надточий,
П.В.Неустроев, Э.М. Спириденков, Л.Н.Уваров, С.Л. Уваров,
В.И. Яцюра*

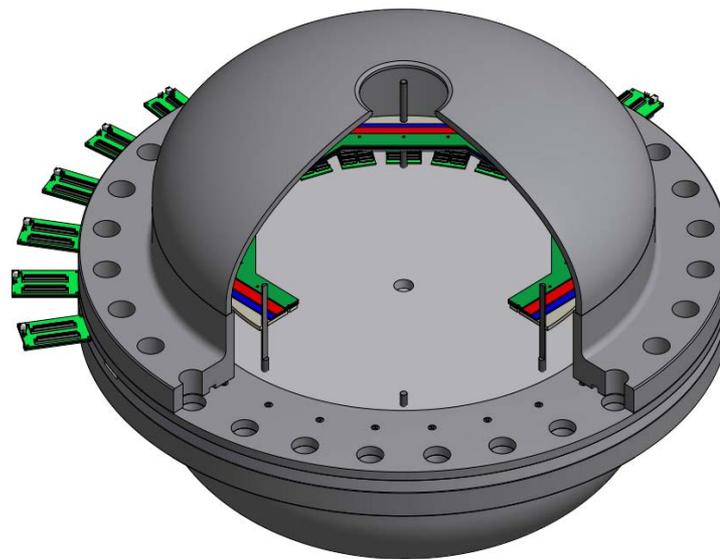




Тестирование прототипов



200 мм камера для теста прототипа



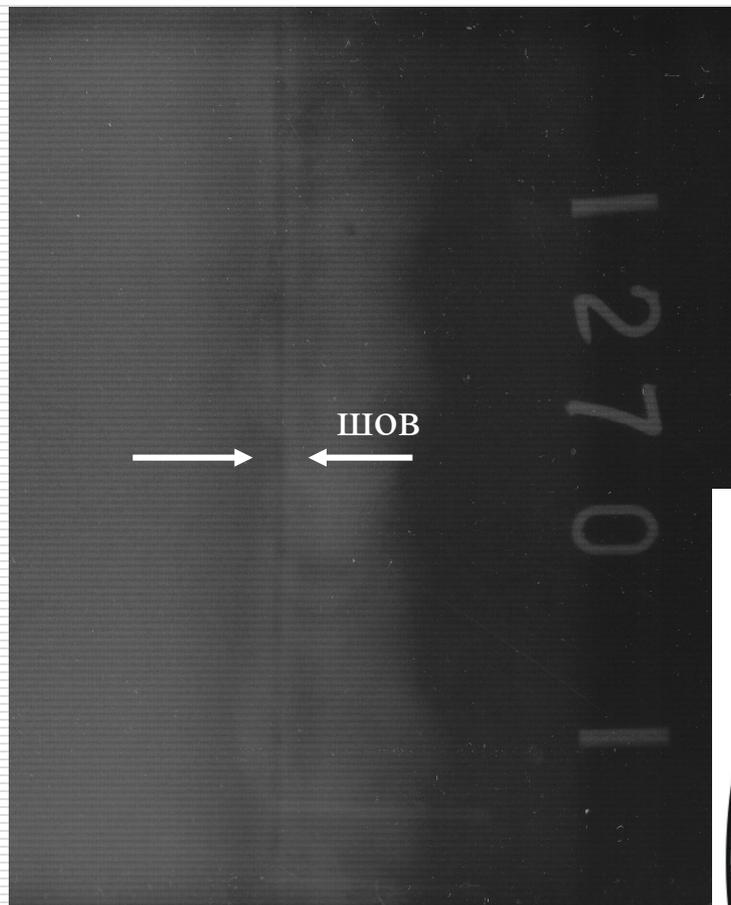
1000 мм камера для тестов на протонном пучке в ПИЯФ при 20 bar



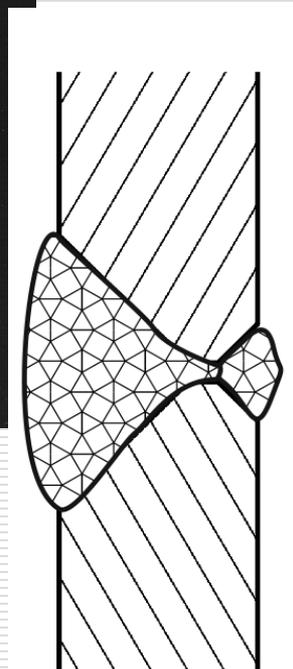
1000 мм камера для тестов на Ar/CH₄ смеси при атмосферном давлении



Подготовка доньшка для рентгеноскопии сварного шва



Фотография сварного шва.
Шов полностью забракован.
Осуществляется переделка.



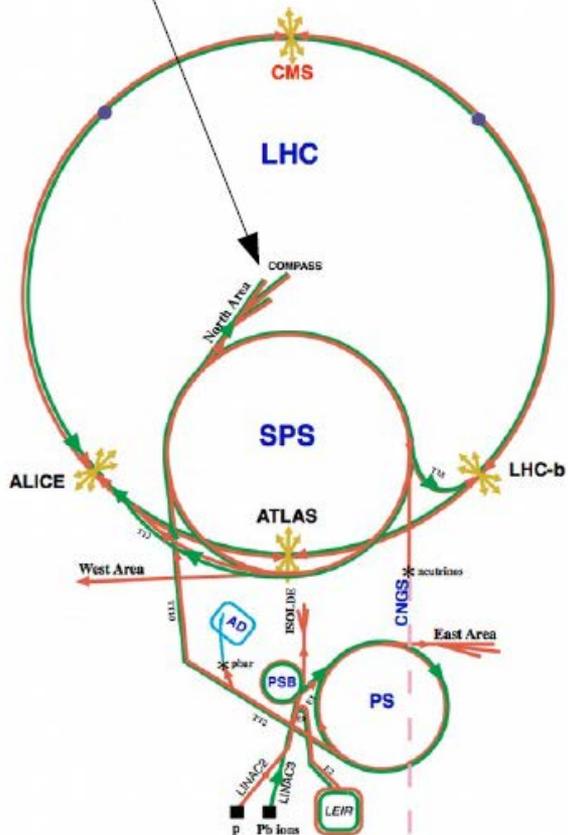


Тестовый эксперимент по μ p-рассеянию в ЦЕРНе

Руководитель эксперимента Маев Е.М.

А. Инглесси 18.12.2018 Семинар ОФВЭ ПИЯФ НИЦ КИ

SPS North Area
Превессен
зд. 888

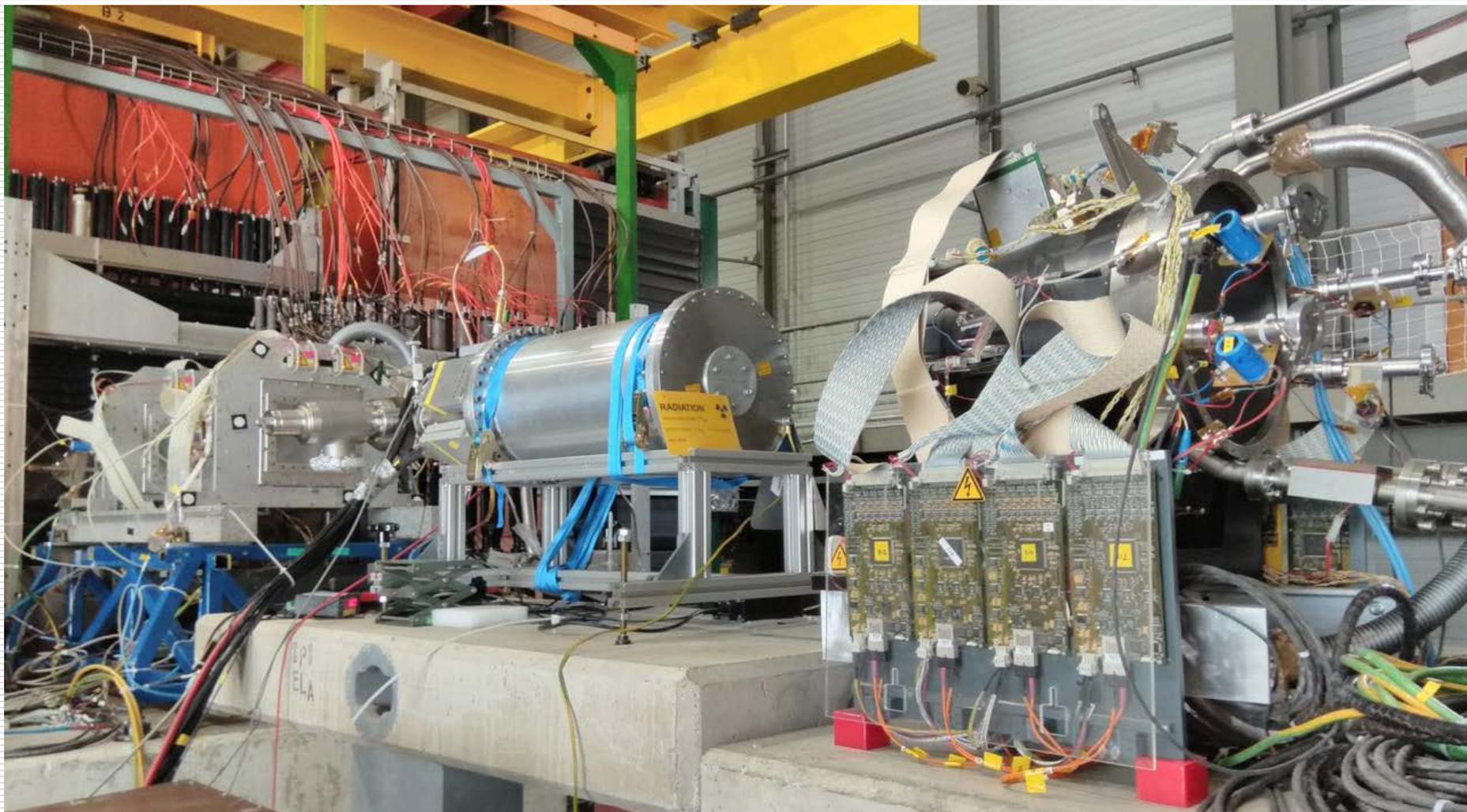


Работа на пучке: 9 апреля – 15 мая



Руководитель эксперимента Маев Е.М.

А. Инглесси 18.12.2018 Семинар ОФВЭ ПИЯФ НИЦ КИ





- Проведен эксперимент по рассеянию мюонов на водородной активной мишени
- Коллаборация COMPASS внесла предложение о проведении эксперимента по измерению радиуса протона в μp упругом рассеянии с использованием активной мишени

Непосредственно для eP эксперимента

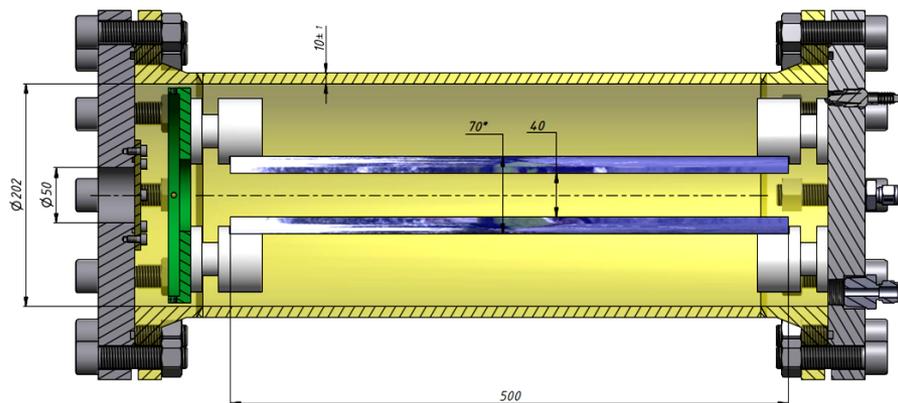
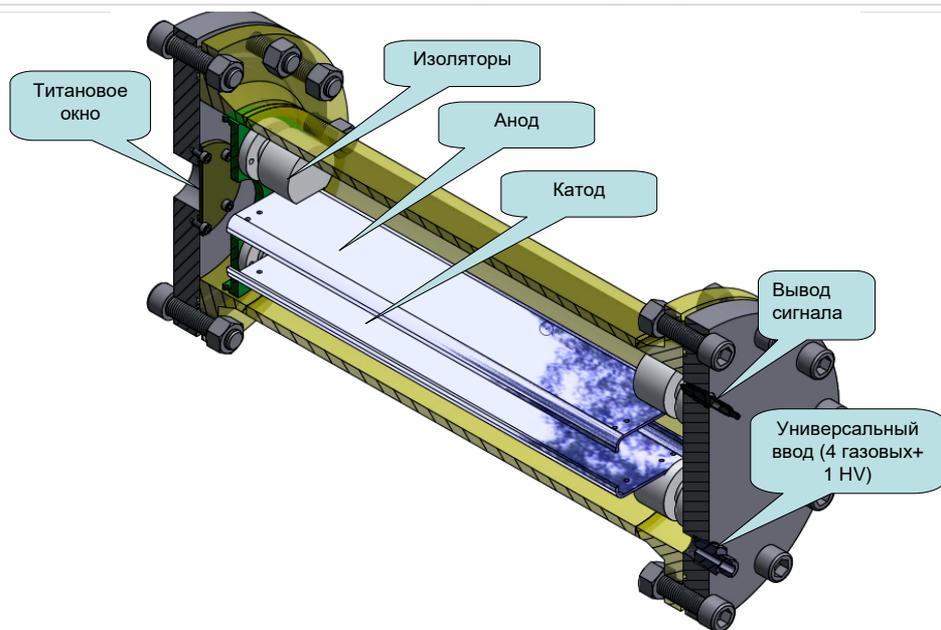
- Измерено энергетическое разрешение TRC на пучке, получены первые энергетические распределения
- Успешно протестировано совмещение событий с помощью временной метки
- Опыт работы...



Для определения полного сечения упругого ер рассеяния необходимо измерение полного числа электронов пучка с точностью 0.1%

При средней частоте электронов 2×10^6 Hz (500 ns) и разрешении сцинтилляционных счетчиков 5 ns просчет будет составлять 1%

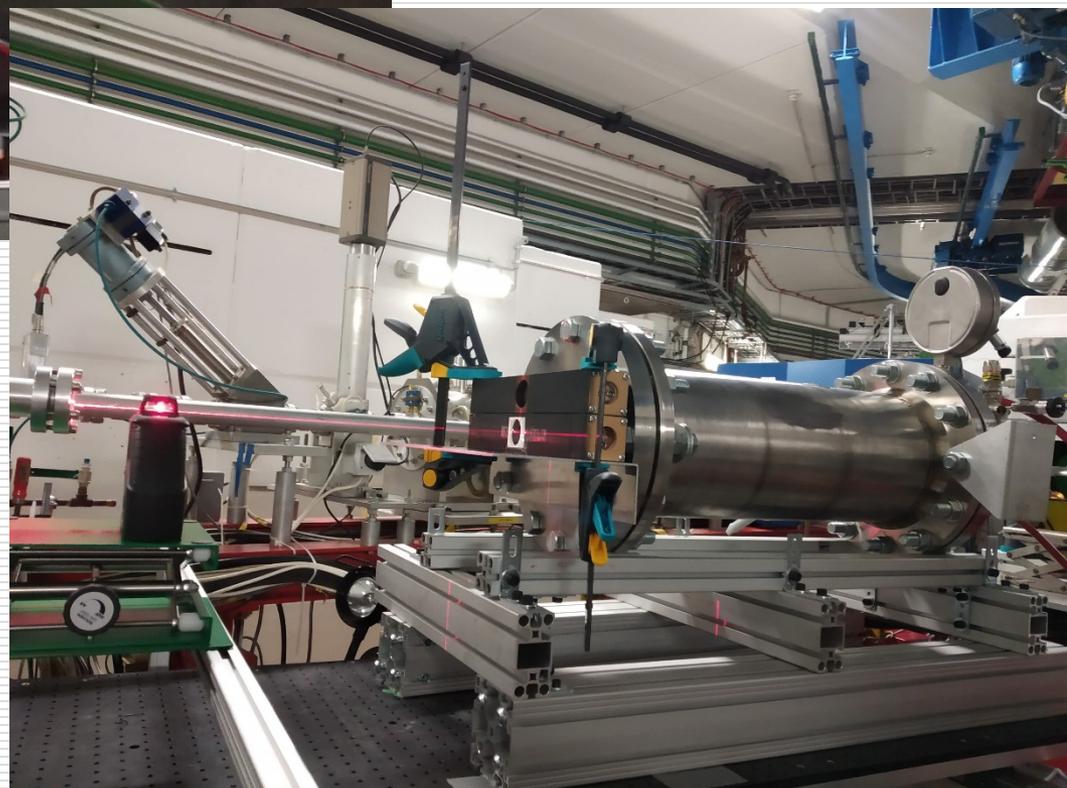
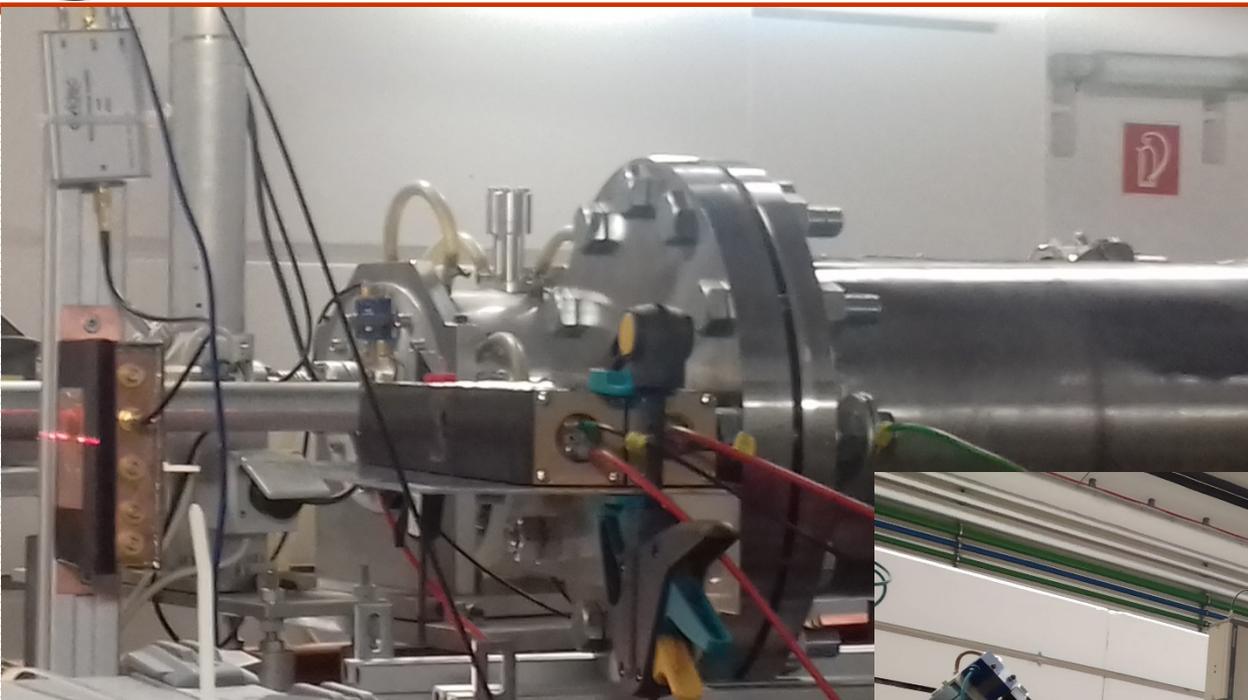
Для измерений разработана и изготовлена ионизационная камера



При 20 bar Ar и пучке 2×10^6 Hz ток ионизационной камеры составляет 40 nA
Требуется получить абсолютную точность измерения тока 4 pA



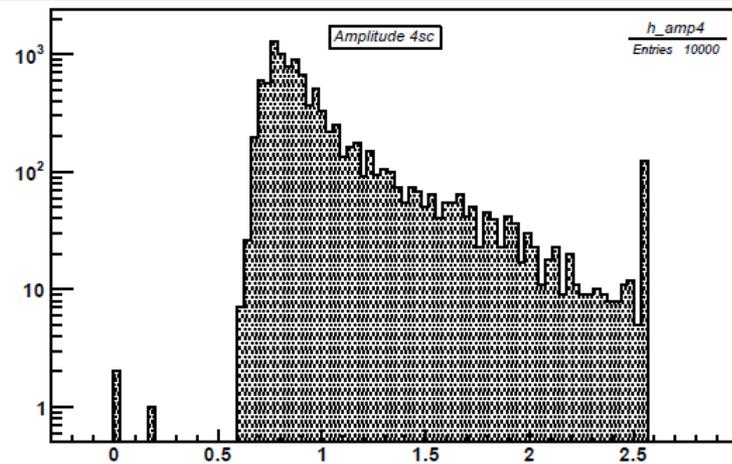
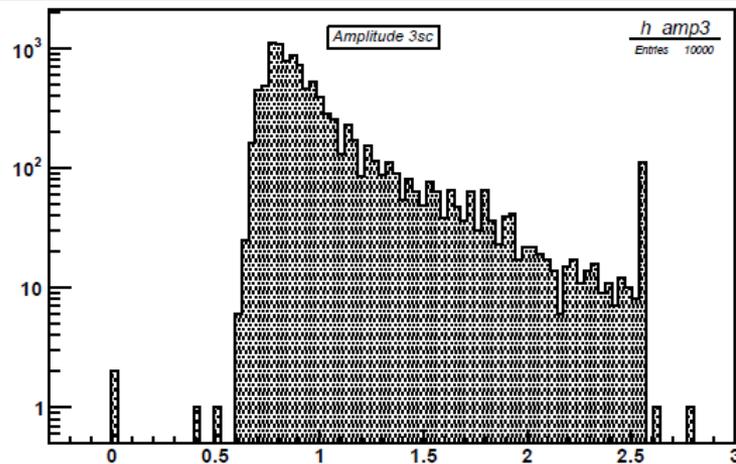
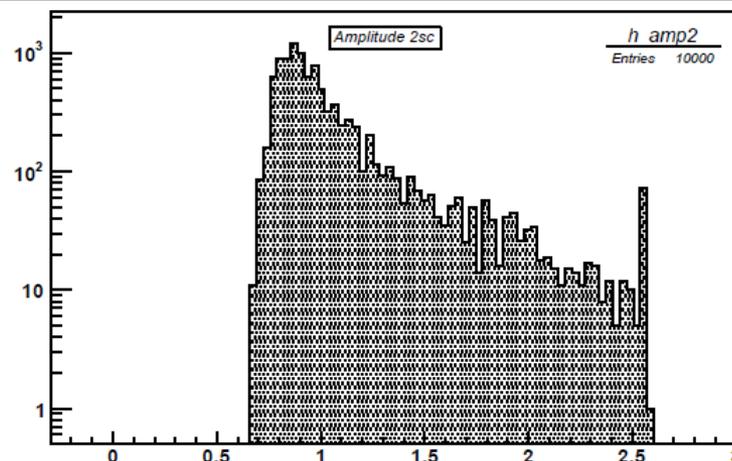
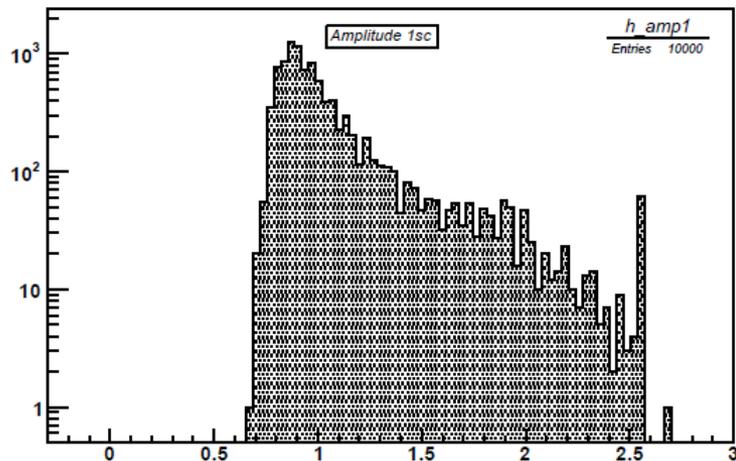
Экспериментальная установка





Эффективность сцинтилляционных счетчиков

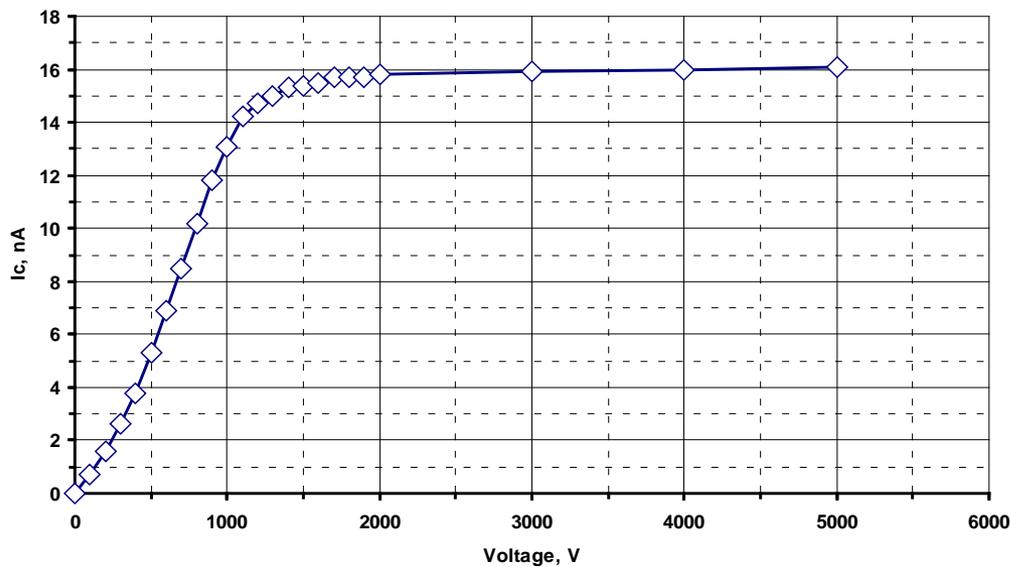
супер-быстрые пластиковые сцинтилляторы BC-420 размером $40 \times 40 \times 20$ мм³, которые просматриваются с двух сторон фотоумножителями R4998 производства Hamamatsu Photonics Ltd



Триггер по первому счетчику. Порог 250 mV. Общая статистика 20 000 электронов.



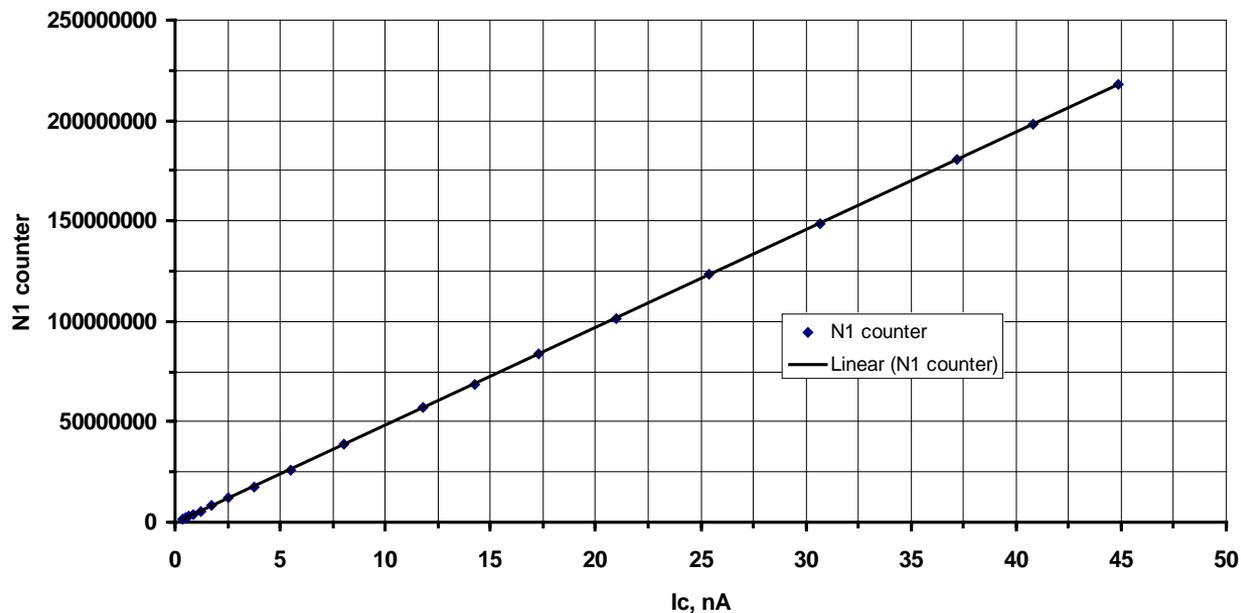
Ионизационная камера



Ток ионизационной камеры при 0.8 MHz электронном пучке от HV. Ar 99.99%, 20 bar

N1 счетчик от тока ионизационной камеры

Цель – измерение полного числа электронов с точностью 0.1% пока не достигнута! (0.5%)
В планах 2019 продолжение работ с токовым монитором и оптимизация характеристик пучка в месте расположения основного детектора.
Сеанс в марте 2019 года





2019

- Изготовление корпуса основного детектора и всех механических элементов
- Изготовление всех элементов ионизационной камеры
- Изготовление первой станции (одна координата) FD
- Тестирование одной станции FD при атмосферном давлении
- Тестирование одной станции FD при давлении 20 bar на космике и (?) на протонном пучке в ПИЯФ
- Сборка элементов газовой системы детектора. Испытания.
- Изготовление и сборка элементов FD.
- Изготовление элементов электроники.

Конец 2019 или начало 2020. Транспортировка в Майнц готовых элементов детектора

2020

- Сборка и испытание (включая TÜV) основного корпуса детектора (Майнц)
- Сборка и испытания 3-х контурной газовой системы (Майнц)
- Изготовление FD, транспортировка в Майнц
- Изготовление электроники, транспортировка в Майнц

Конец 2020 или начало 2021. Полная сборка детектора.

2021

Первый тестовый сеанс на электронном пучке в Манце.