

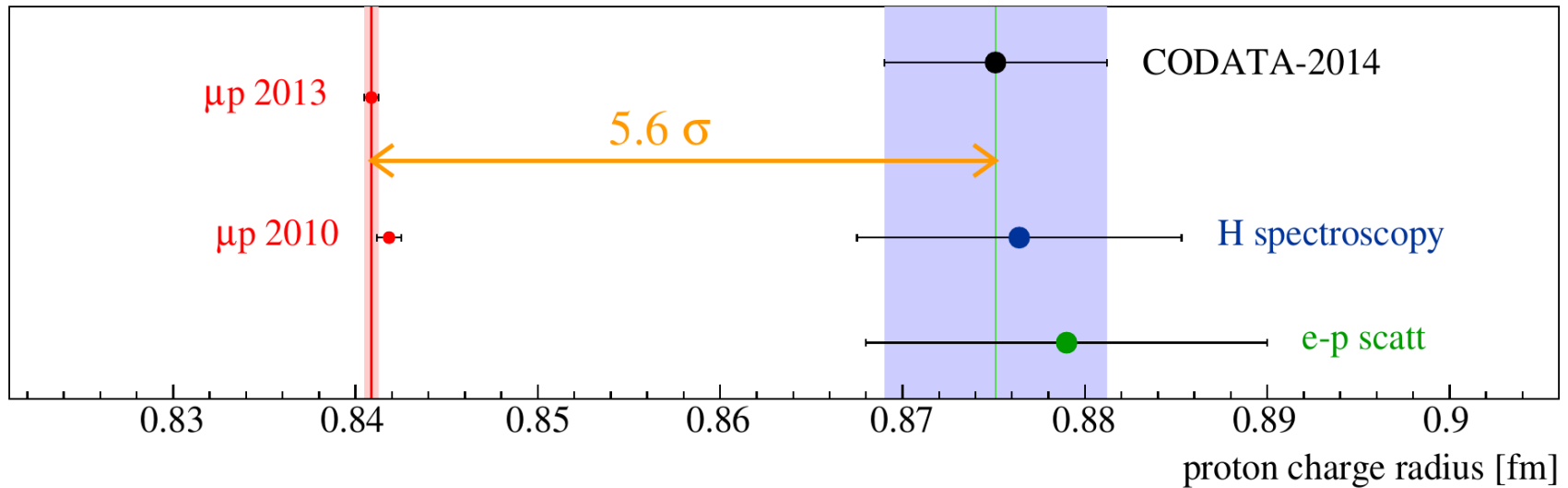


Проект PRM (Proton Radius Measurement) Эксперимент по μ p-рассеянию в ЦЕРНе

Е. Маев

26.12.2019 • Научная сессия ОФВЭ ПИЯФ НИЦ КИ

Загадка радиуса протона



CODATA: ер-рассеяние, Н- и D-спектросокопия

Rapid Progress

- The latest result published in Science on September 9, 2019 from H Lamb Shift: **0.833 +/- 0.010 fm**

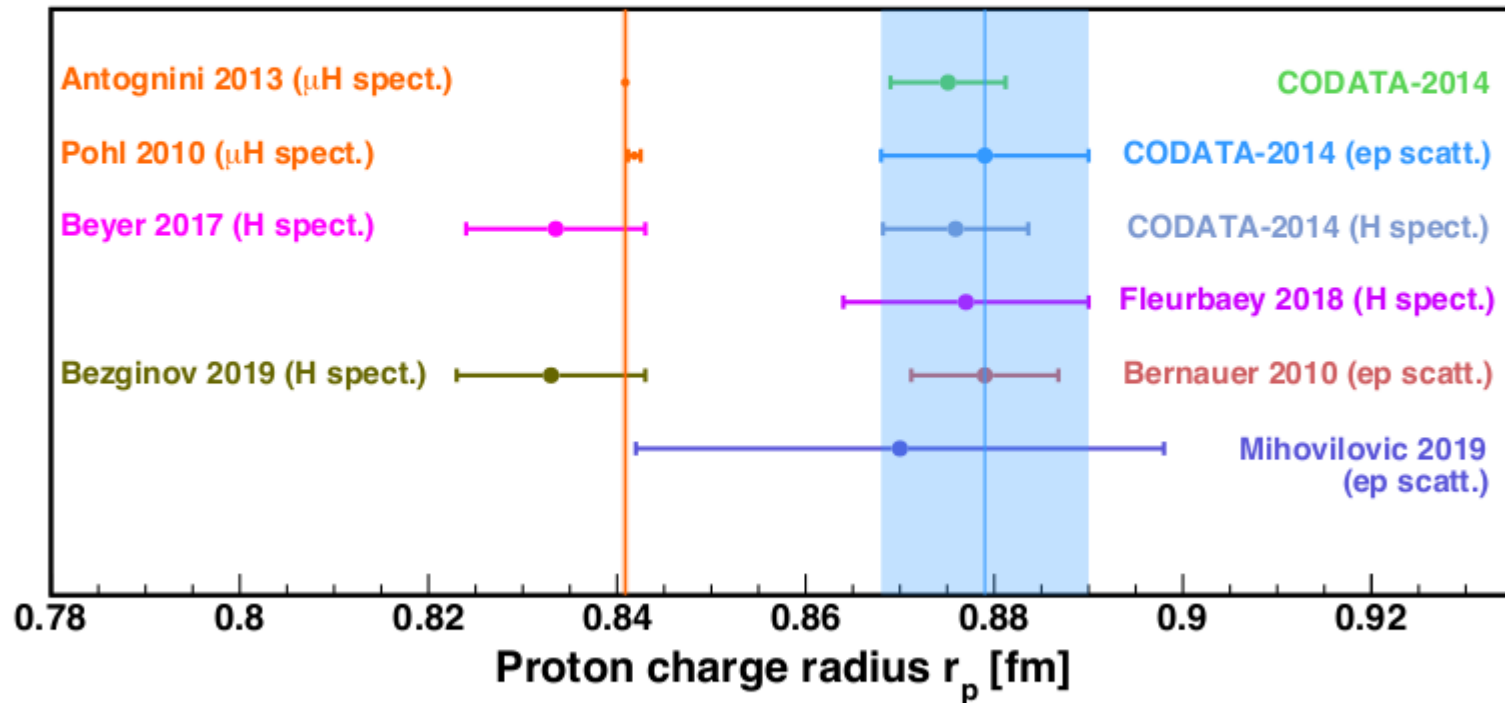
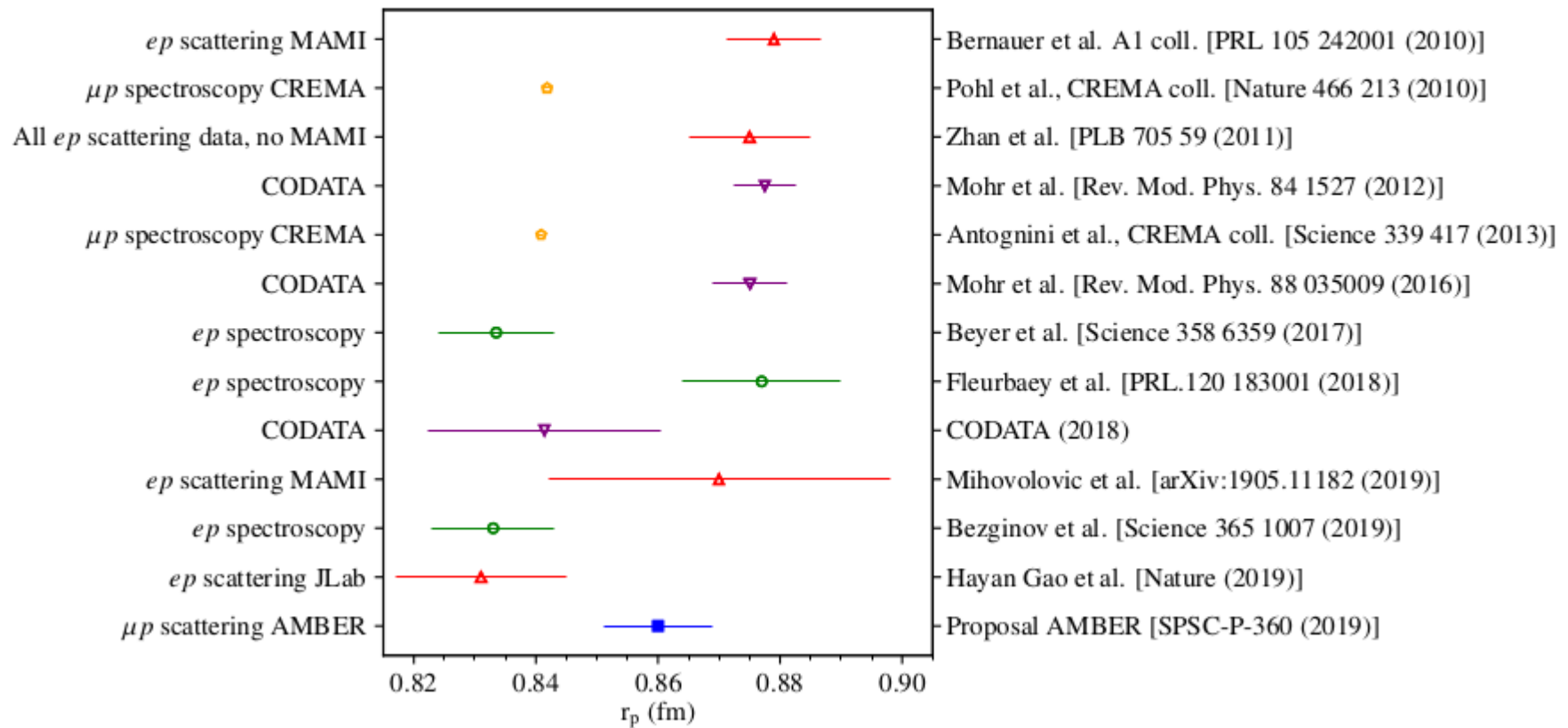


Figure Credit: Weizhi Xiong

Bezginov *et al.*, *Science* **365**, 1007-1012 (2019)

Proton Radius Measurements



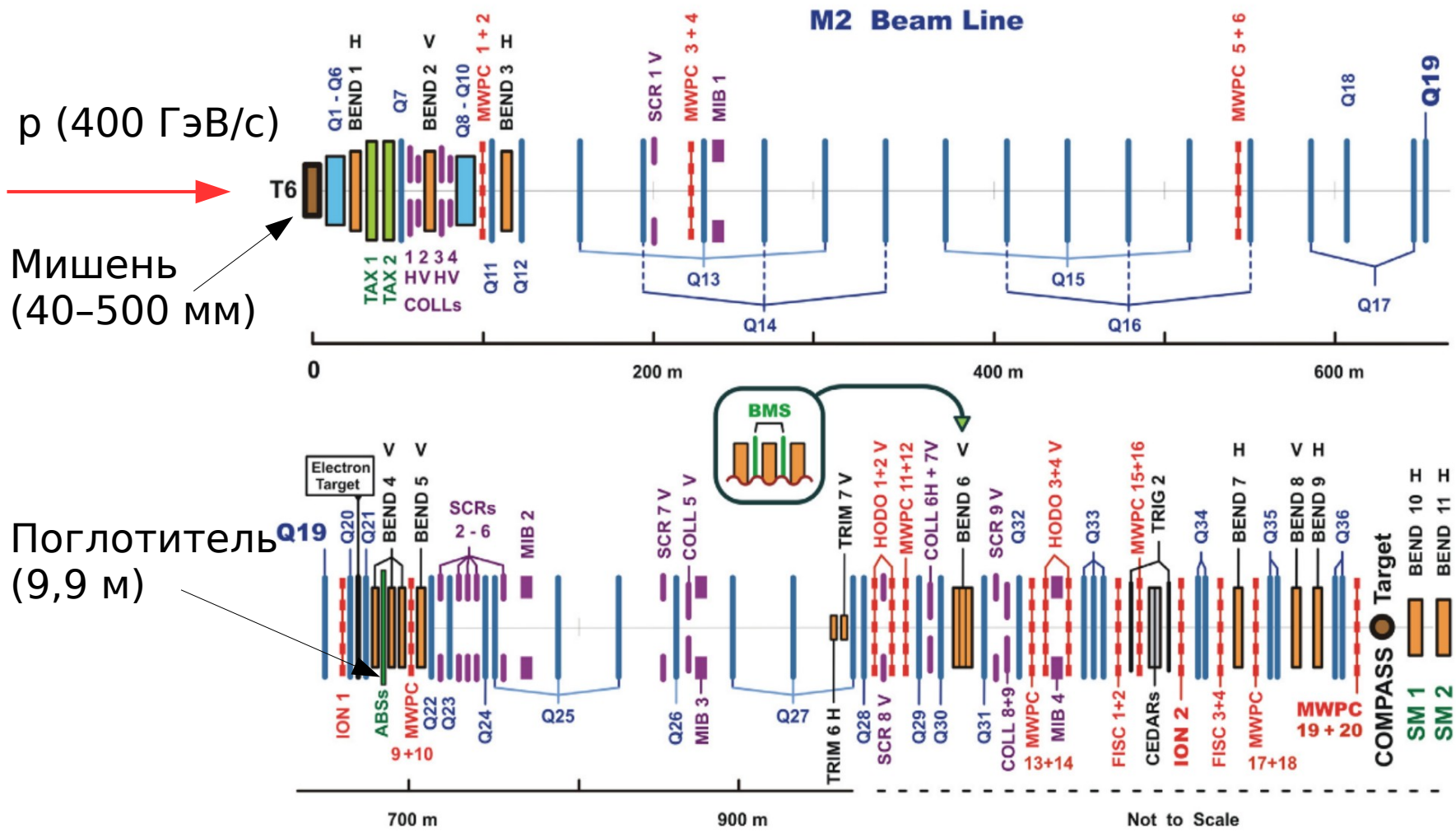
Эксперименты с активной мишенью по упругому ер- и μ р-рассеянию

- Пучок: e^- (МАМІ, Майнц)
- $E = 720$ МэВ
- H_2 , $p = 20$ атм
- 0,5–20 МэВ
($-t = 0,001—0,04$ ГэВ²/с²)
- 40–260 мрад
- Пучок: μ (ЦЕРН)
- $E = 100$ ГэВ
- H_2 , $p = 20$ атм
- 0,5–20 МэВ
($-t = 0,001—0,04$ ГэВ²/с²)
- 0,3–2 мрад

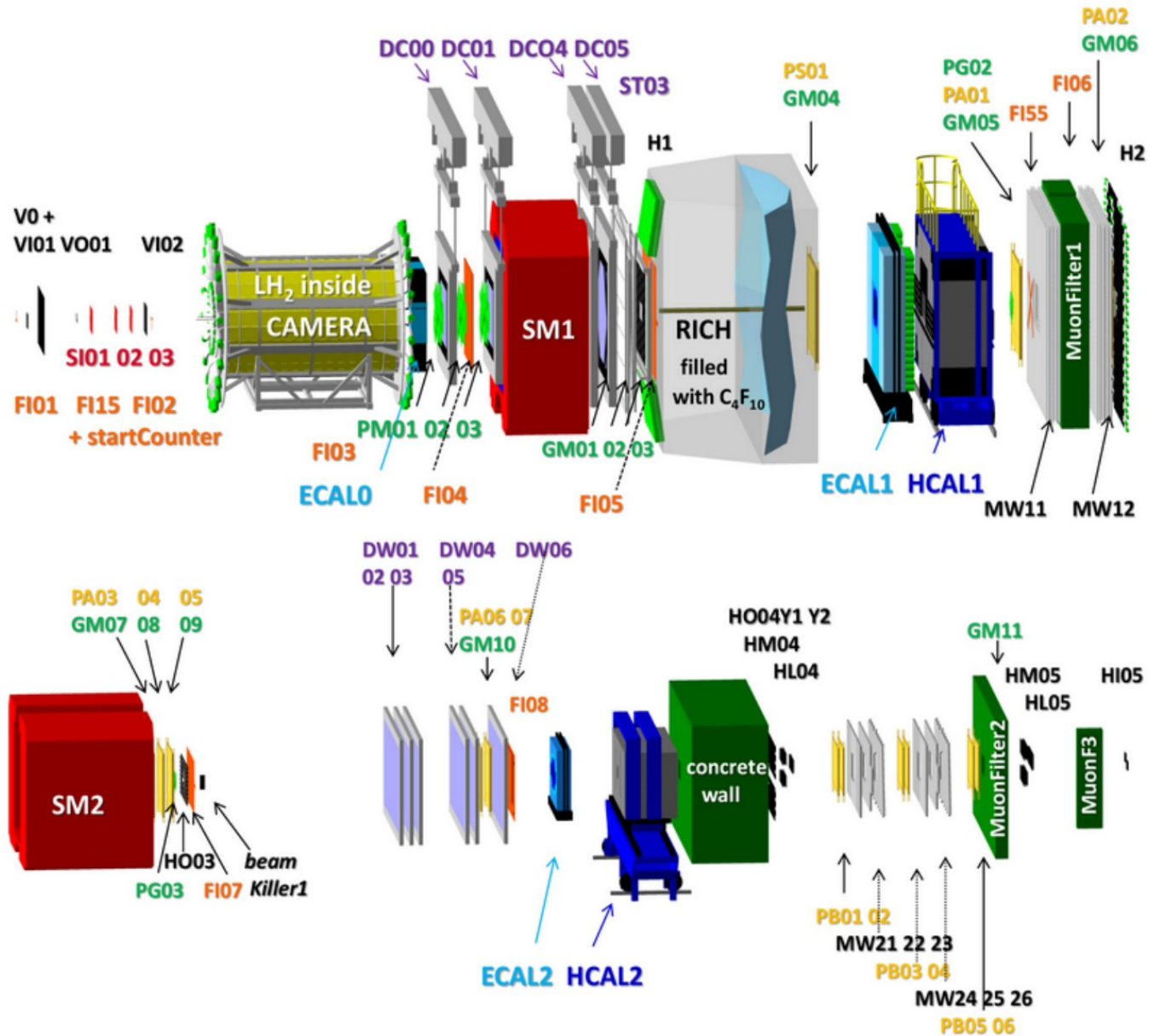
Преимущества активной мишени:

- активная мишень — регистрация протонов отдачи малой энергии, прямое измерение переданного импульса
- малые радиационные поправки в сечение упругого рассеяния
- абсолютные измерения сечений

Распадный канал M2 на ускорителе SPS



NA58 (COMPASS)



Proton Radius Measurement

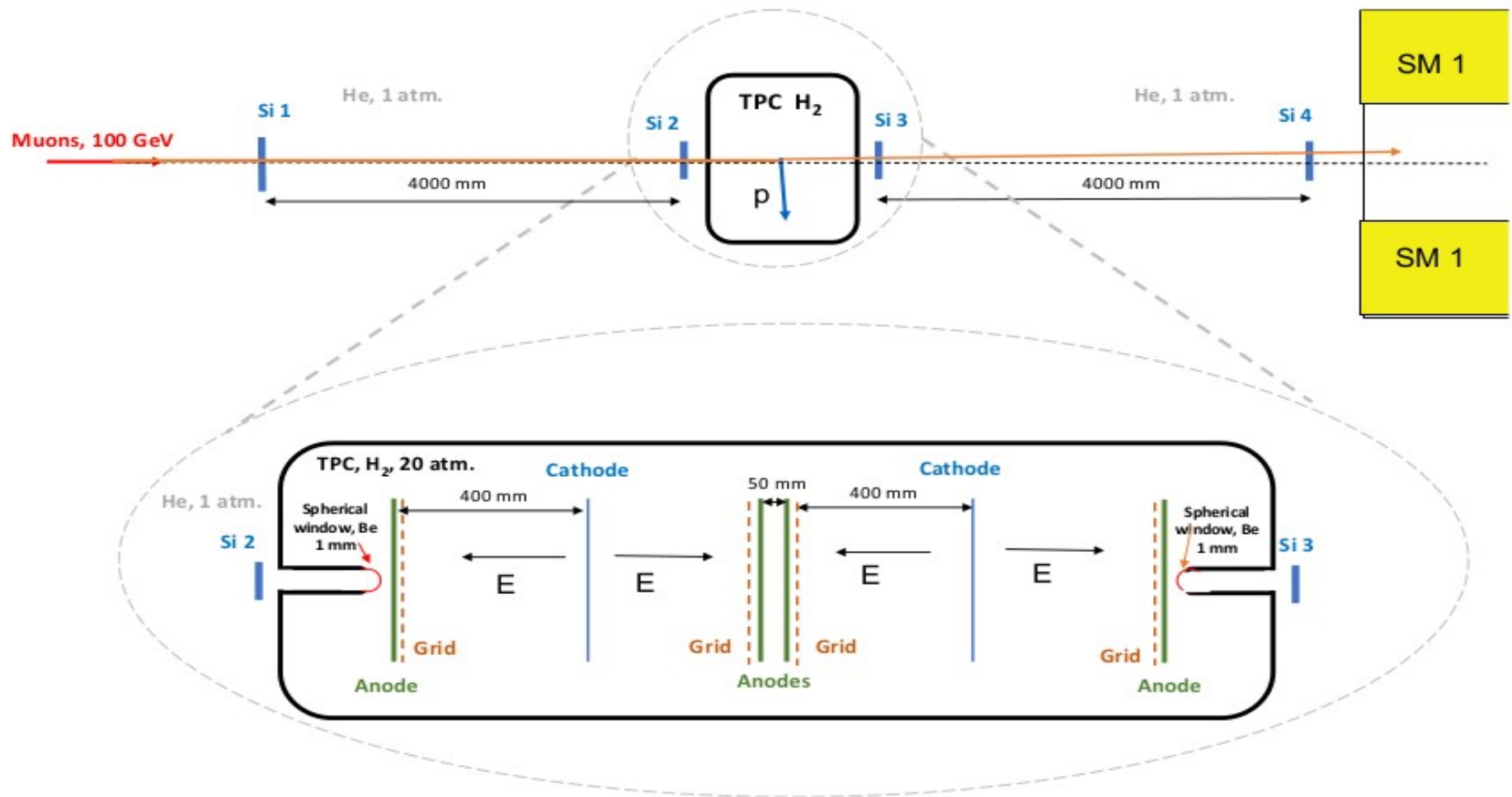
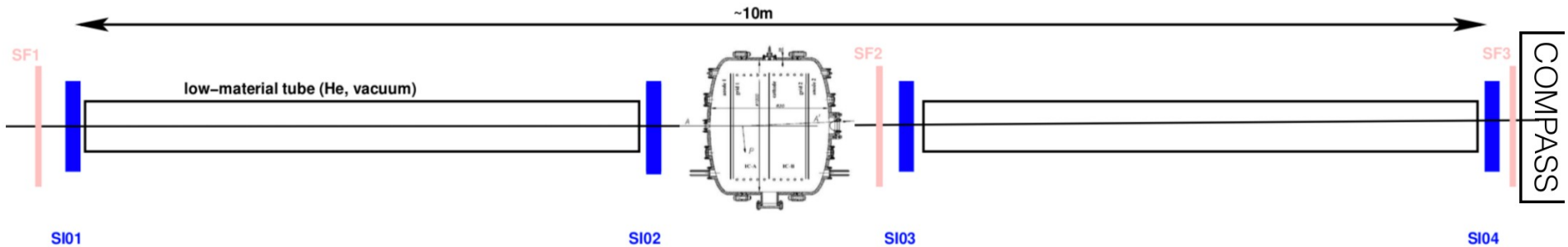


Figure 59: Schematic layout of the planned TPC with four drift cells. The TPC operates in ionisation chamber mode. The cathode grid space determines 400 mm drift zones.

Proton Radius Measurement



- Размер пучка: $\sigma \approx 8$ мм
- Энергия пучка: 100 ГэВ
- Углы рассеяния мюонов: 0.3–2 мрад ($Q^2 = 0.001\text{--}0.04$ ГэВ²/c²)
- База: 4 метров — отклонение на 1.5–10 мм
- Кремниевые детекторы с разрешением $\Delta x < 10$ мкм ($\Delta\theta < 2$ мкрад на 5 м)
- Новая быстрая электроника для чтения кремниевых детекторов
- Триггер от рассеянной частицы («kink trigger» — SciFi)
- Активная мишень: диаметр — 800 мм, 20 атм Н₂
- Интенсивность пучка: $2 \cdot 10^6$ $\mu\text{/с}$ — 1 год (2022-2023 г.)

Proton Radius Measurement

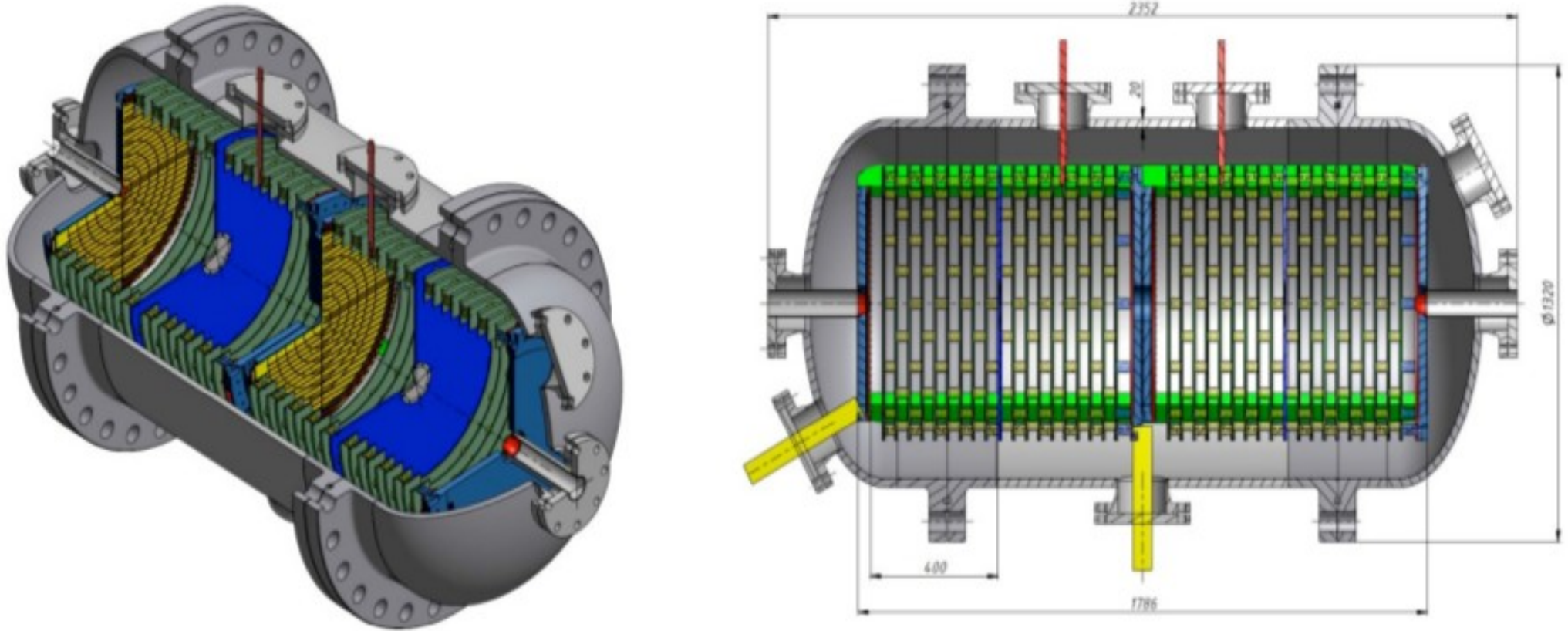


Figure 62: Engineering design for the four-cell hydrogen TPC.

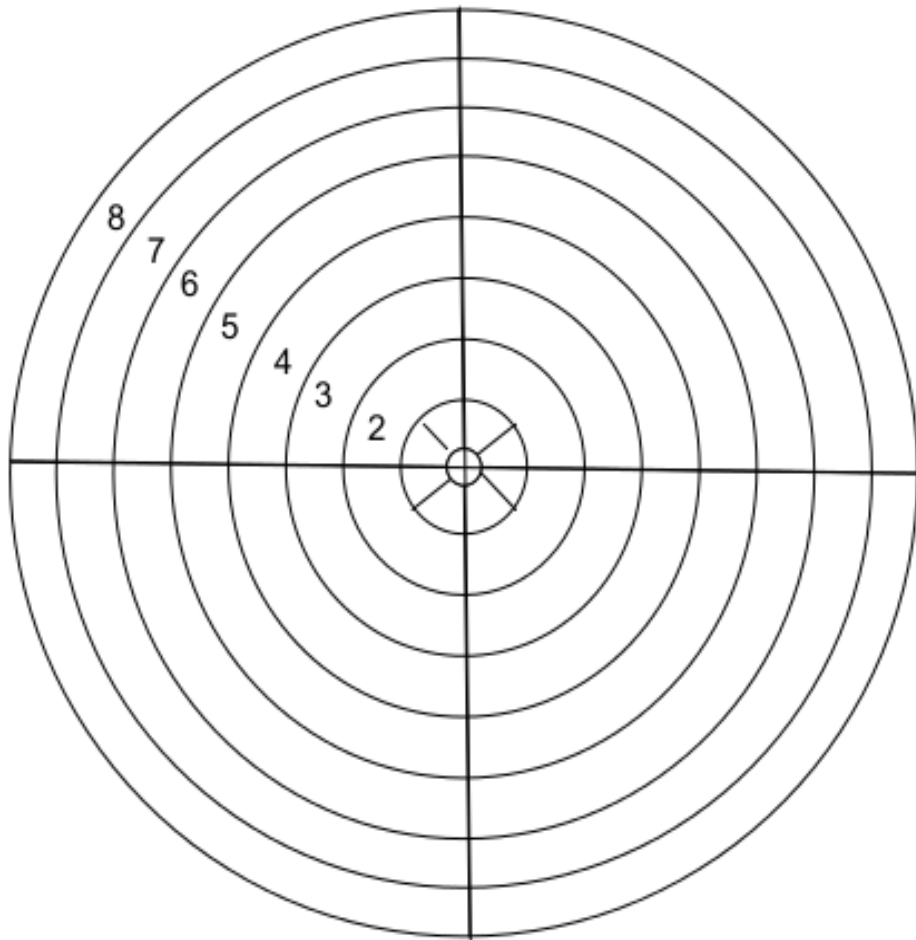
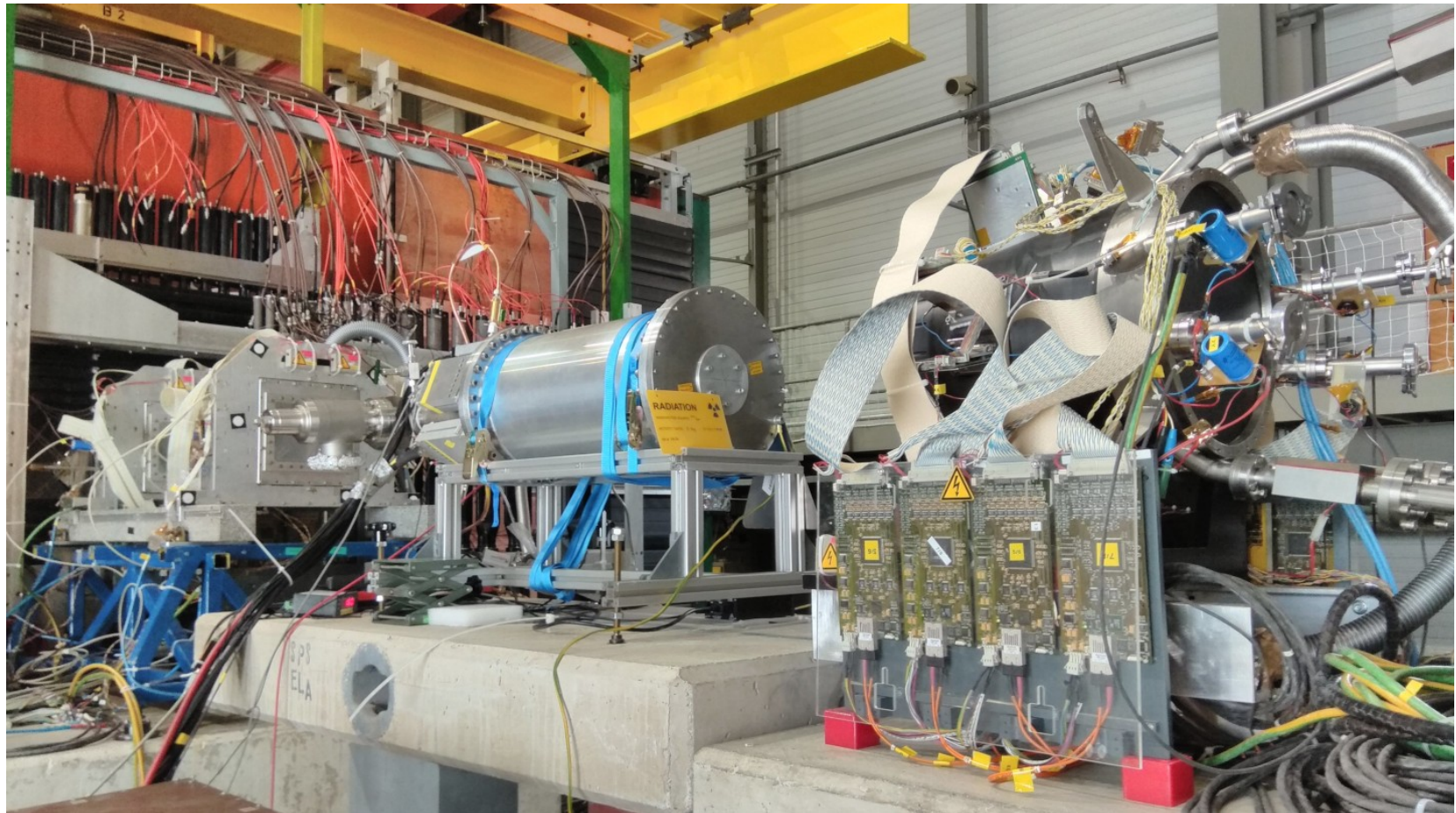


Fig.1. TPC anode structure.

The TPC anode plane consists of eight rings around a 1 cm in diameter central pad. The width of each ring, except the outer ring, is 40.0 mm with 0.1 mm gap between the rings. The width of the outer ring is 24 mm. The anode rings are fabricated with 50 μm precision in the radii of the rings. As an example, the radius of the border between Ring 7 and Ring 8 is $\rho_{7/8} = 285.75 \pm 0.05$ mm. The rings 5-8 can be subdivided in two sectors to reduce capacitance.

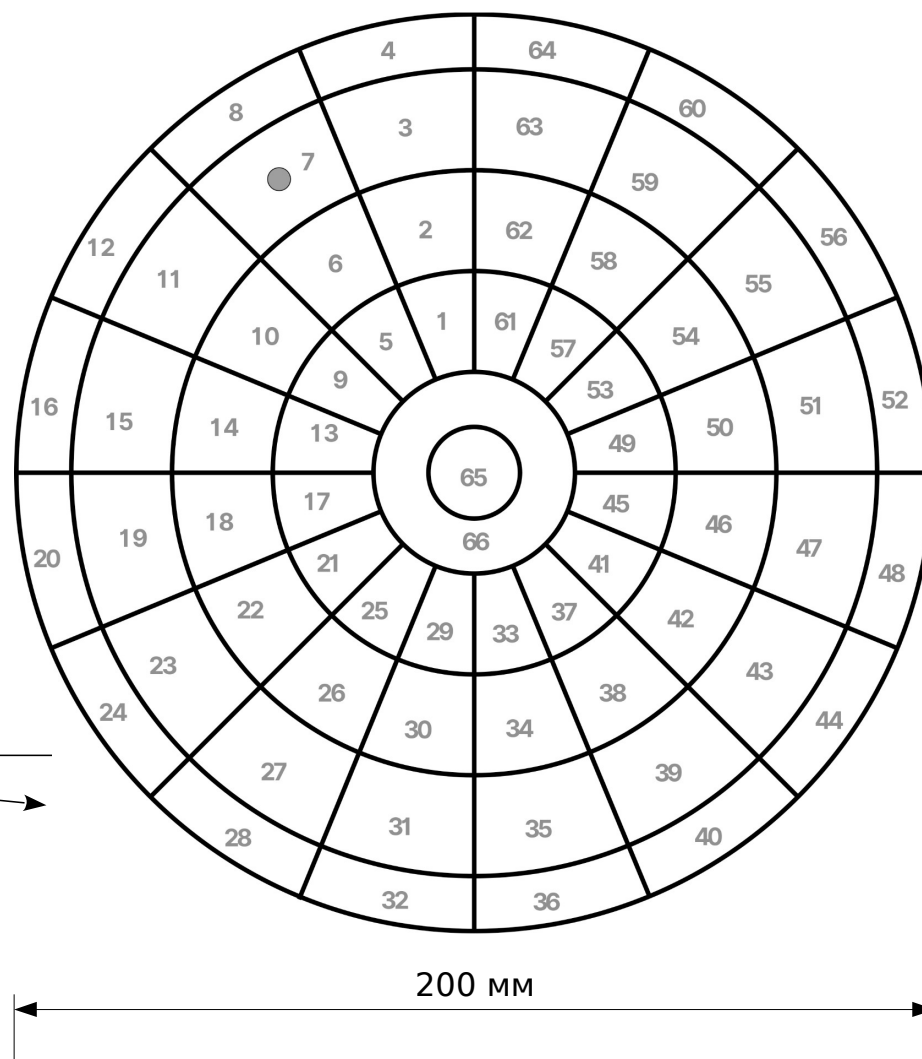
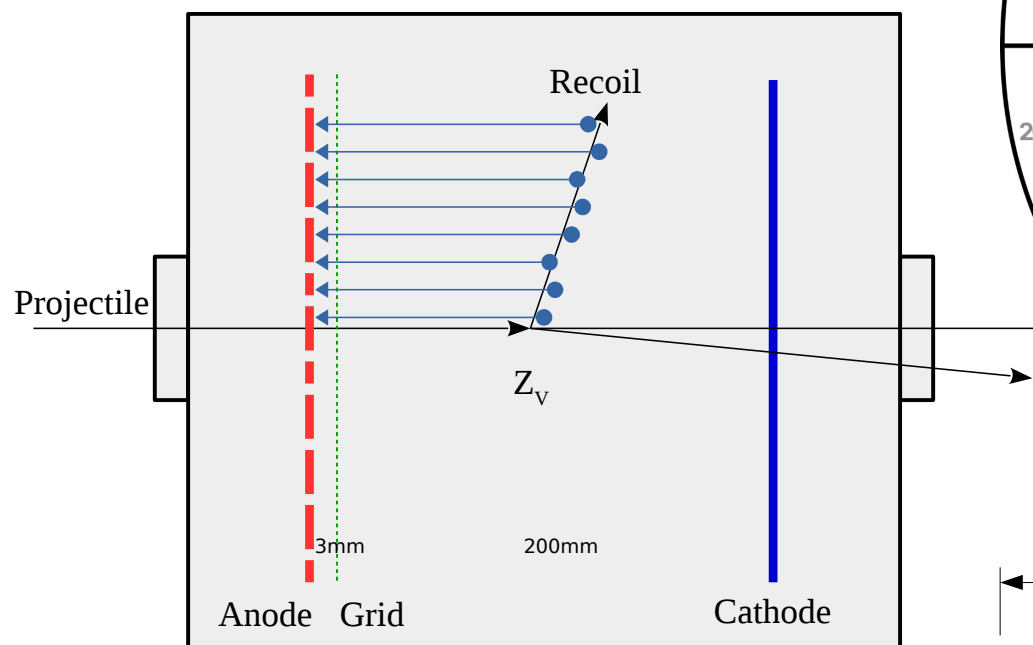
All the anode pads have independent readout channels with 20 keV (σ) energy resolution, the preamps being outside the TPC volume.

Экспериментальная установка(Апрель 2018)

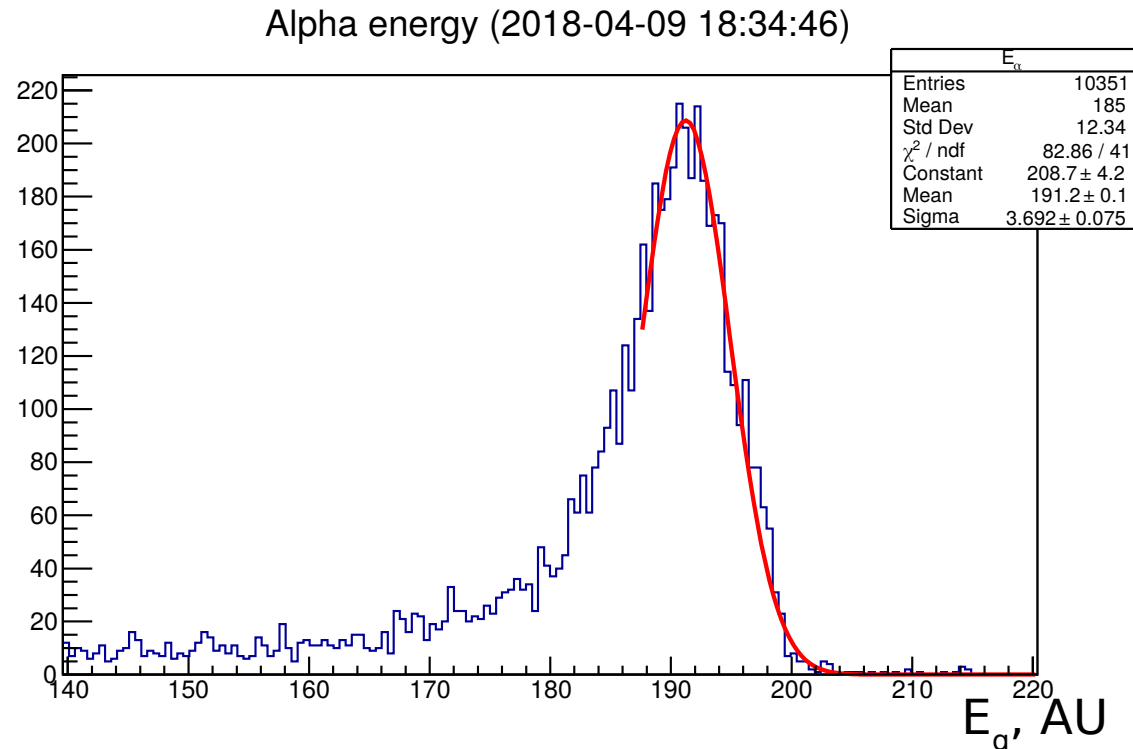


Активная мишень (ТРС)

- Газ: H_2
- $p = 8$ атм
- $L_{CG} = 220$ мм
- $V_C = 18$ кВ
- $V_G = 1$ кВ
- $t_{CG} \approx 60$ мкс

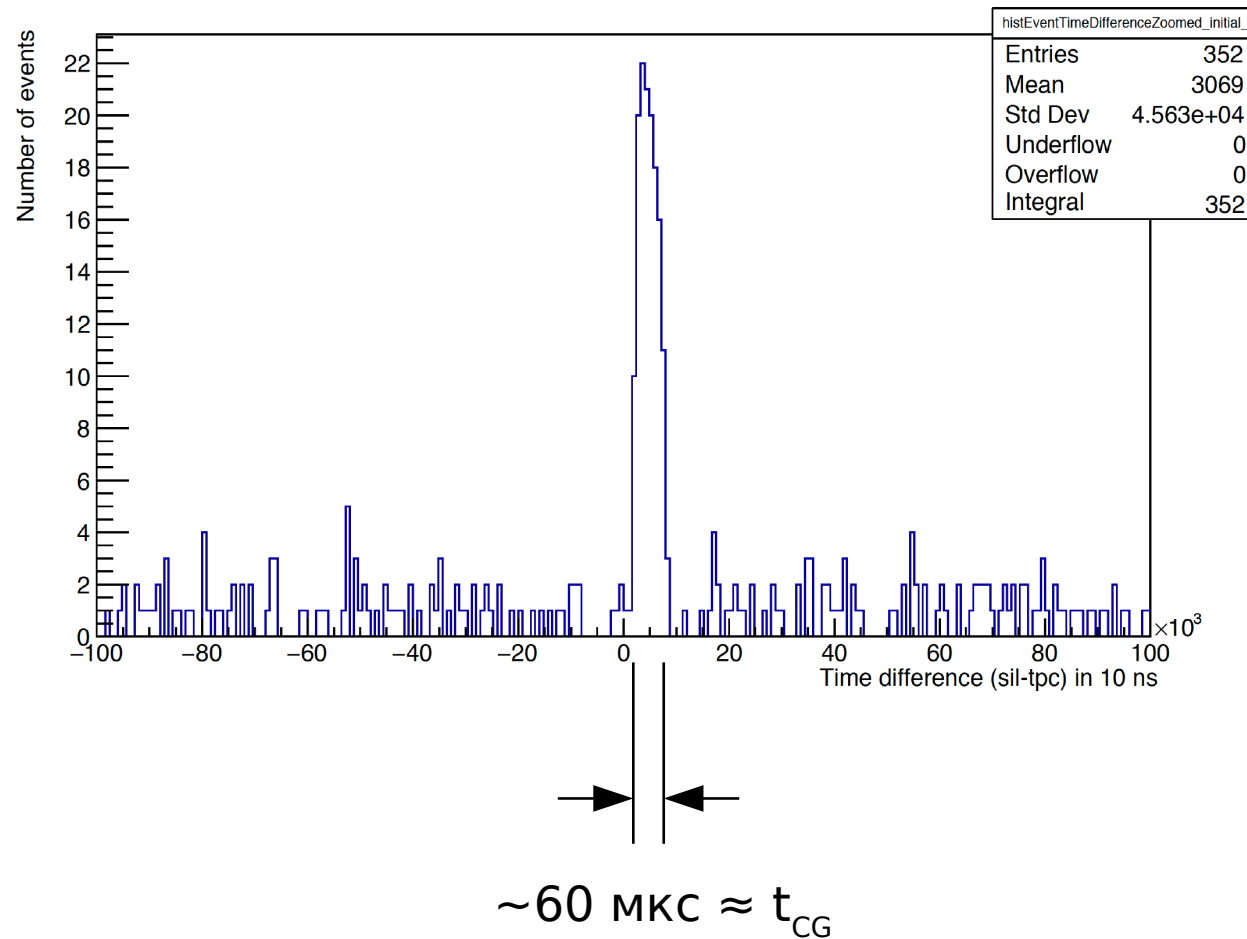


Суммарный спектр энергии альфа-частицы

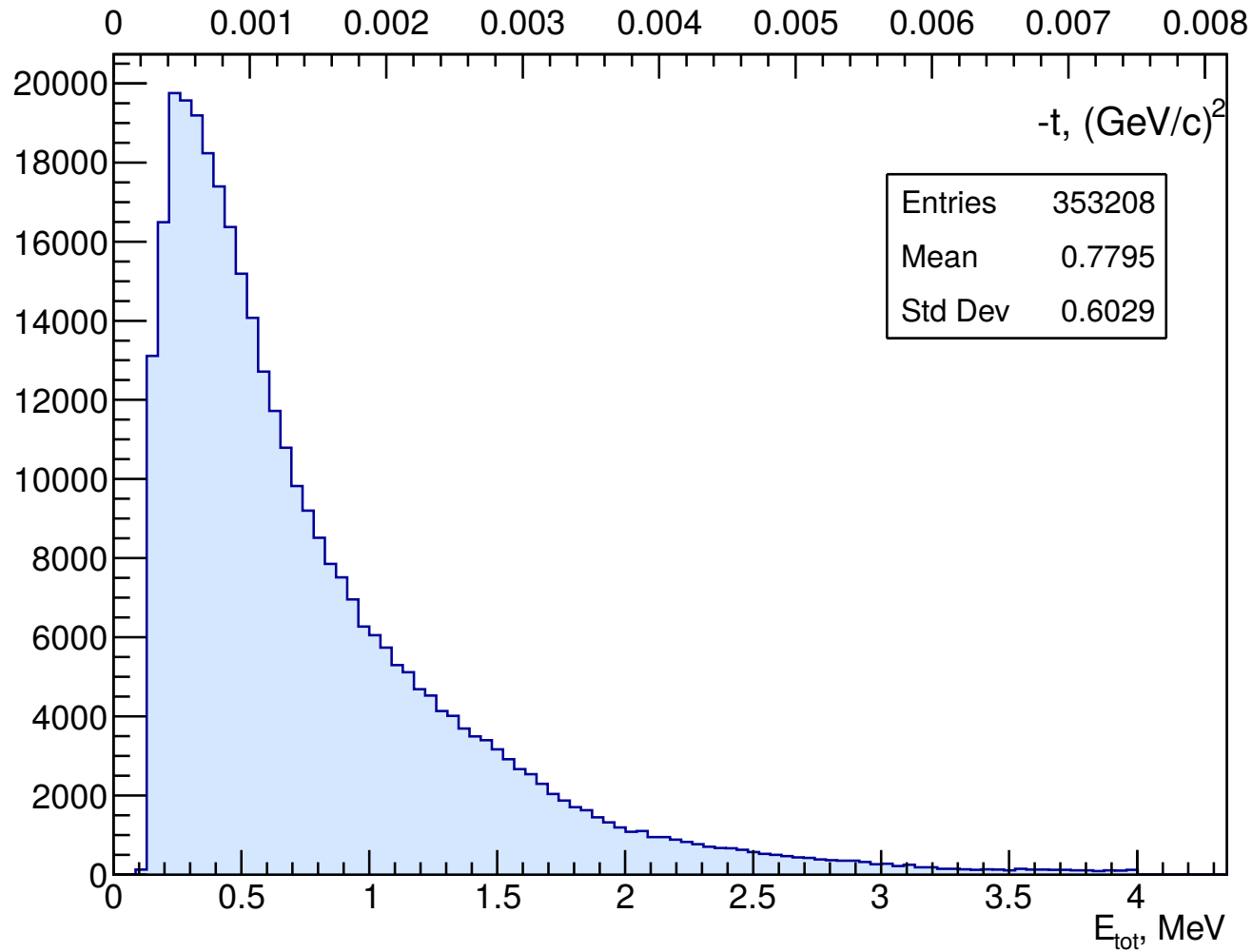


- Измерялся регулярно на протяжении эксперимента
- Сдвиг α -линии $\sim 1\%$ /день
(~ 1 ppm O₂)
- Переполнение — раз в неделю

Совмещение событий ТРС и трекера



Энергетический спектр



Полная энергия протона отдачи, $E_{R4} = 0$