



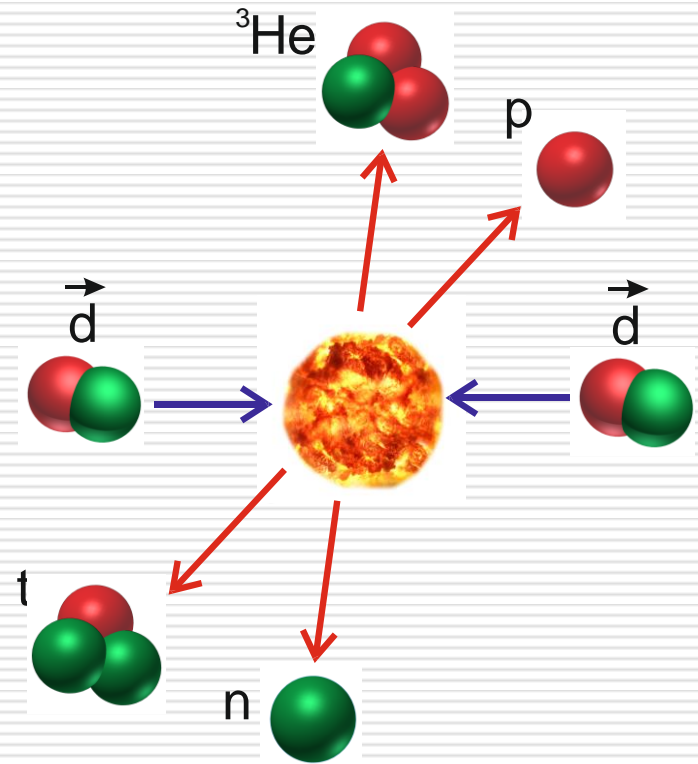
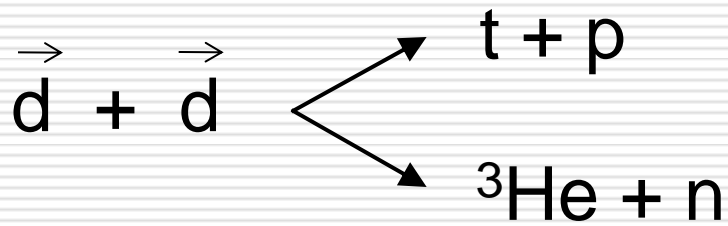
Эксперимент POLFUSION

П. Кравцов

коллаборация PolFusion



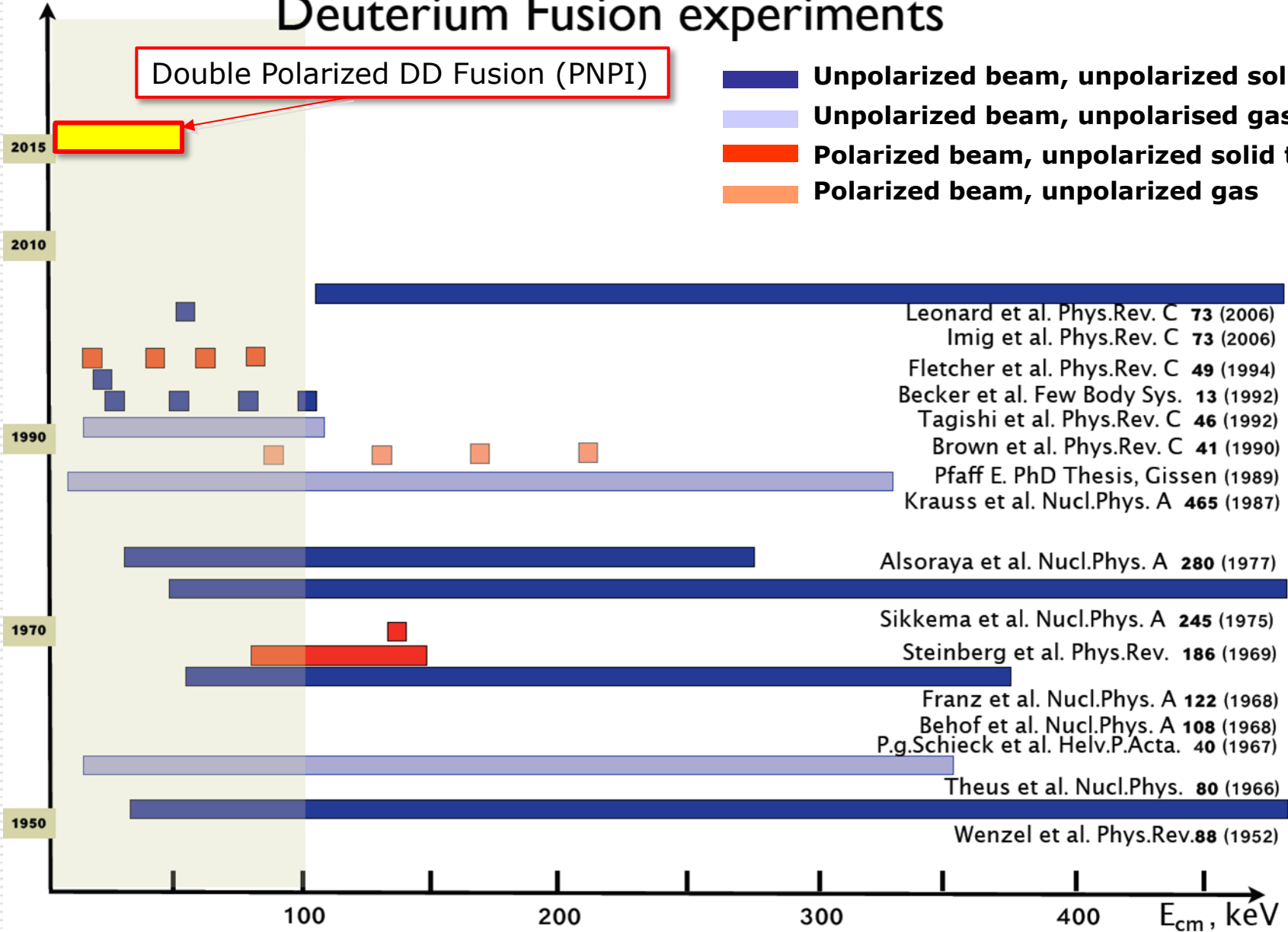
Исследование основной 4-нуклонной реакции с поляризацией **обеих** исходных частиц при энергиях 10-100кэВ.





Deuterium Fusion experiments

Double Polarized DD Fusion (PNPI)



- Unpolarized beam, unpolarized solid target**
- Unpolarized beam, unpolarised gas target**
- Polarized beam, unpolarized solid target**
- Polarized beam, unpolarized gas**

Leonard et al. Phys.Rev. C **73** (2006)
 Imig et al. Phys.Rev. C **73** (2006)
 Fletcher et al. Phys.Rev. C **49** (1994)
 Becker et al. Few Body Sys. **13** (1992)
 Tagishi et al. Phys.Rev. C **46** (1992)
 Brown et al. Phys.Rev. C **41** (1990)
 Pfaff E. PhD Thesis, Gissen (1989)
 Krauss et al. Nucl.Phys. A **465** (1987)

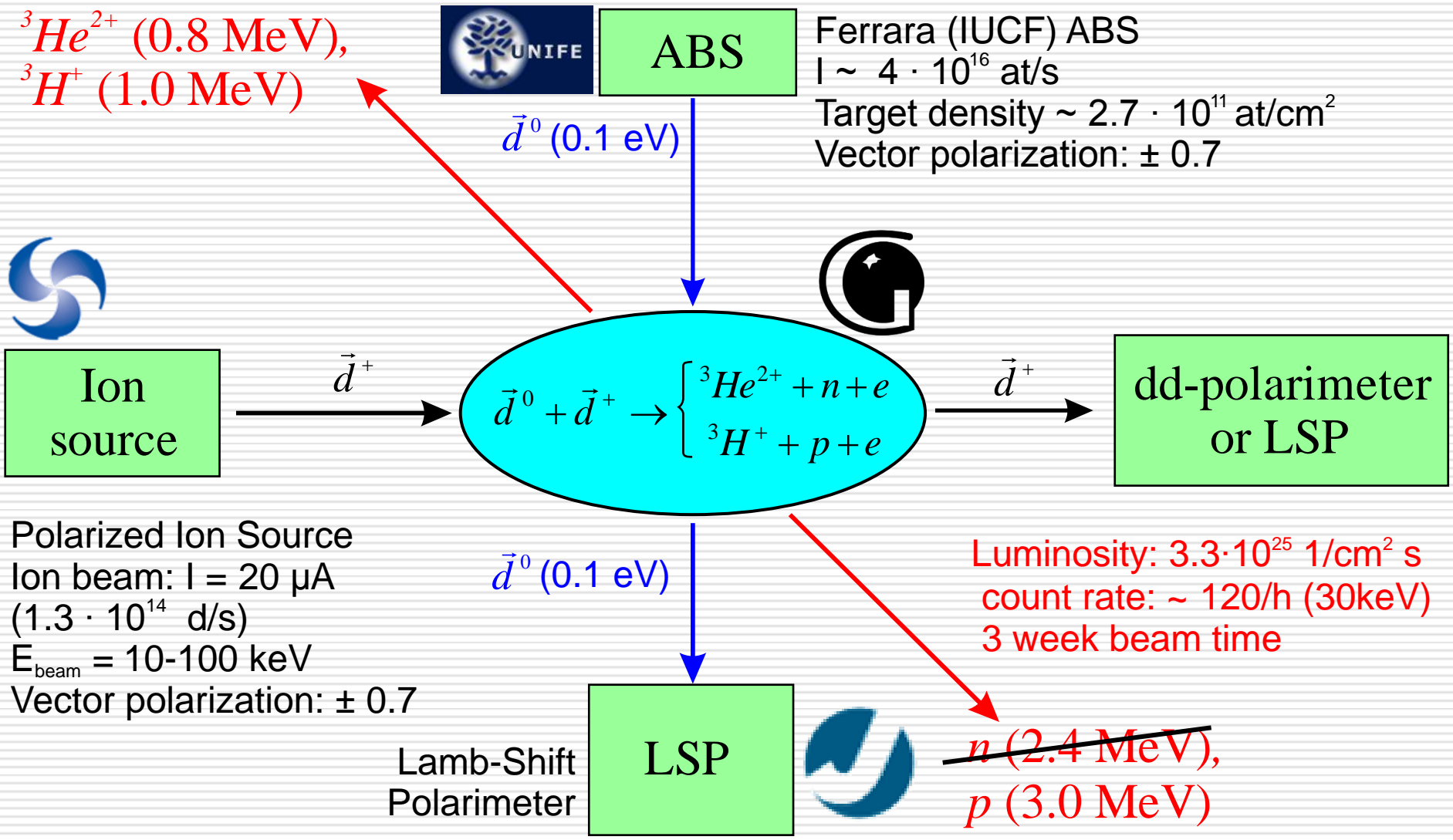
Alsoraya et al. Nucl.Phys. A **280** (1977)

Sikkema et al. Nucl.Phys. A **245** (1975)
 Steinberg et al. Phys.Rev. **186** (1969)
 Franz et al. Nucl.Phys. A **122** (1968)
 Behof et al. Nucl.Phys. A **108** (1968)
 P.g.Schieck et al. Helv.P.Acta. **40** (1967)

Theus et al. Nucl.Phys. **80** (1966)
 Wenzel et al. Phys.Rev. **88** (1952)

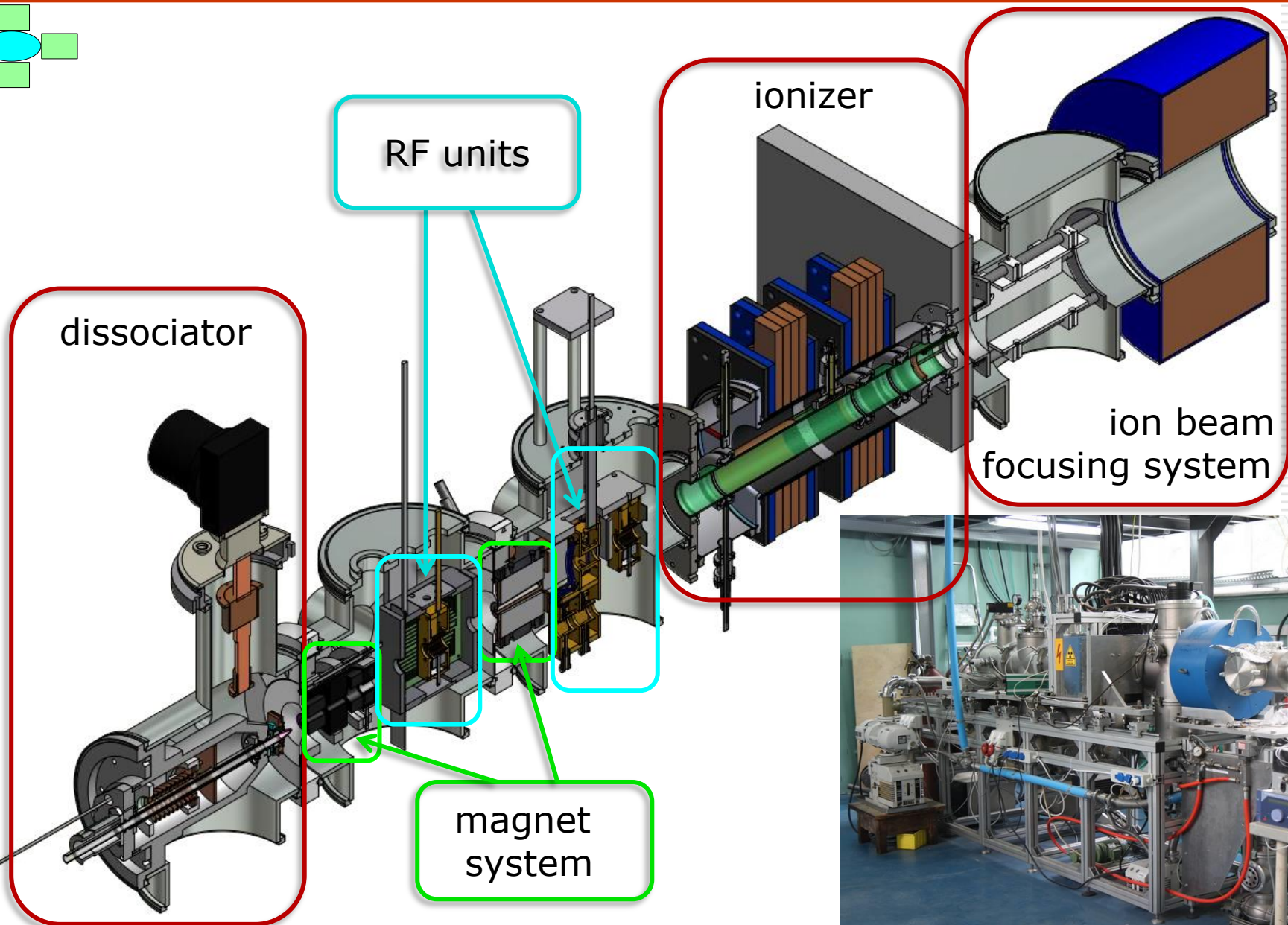
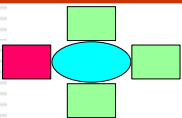


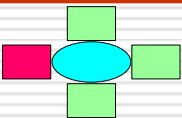
Схема эксперимента



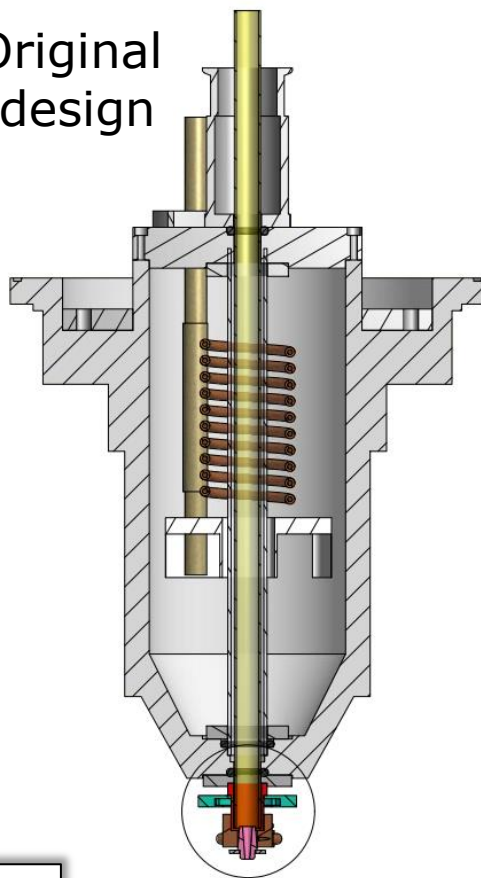


Поляризованный ионный источник (POLIS)

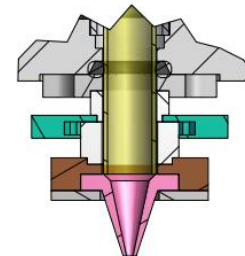
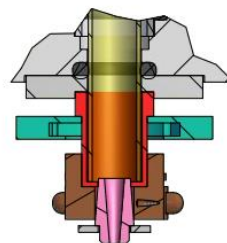
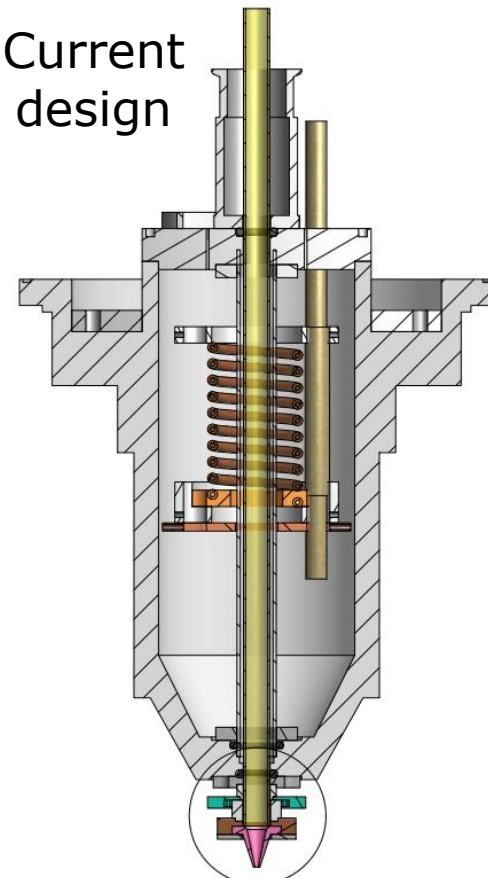




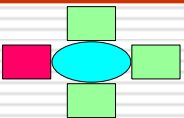
Original design



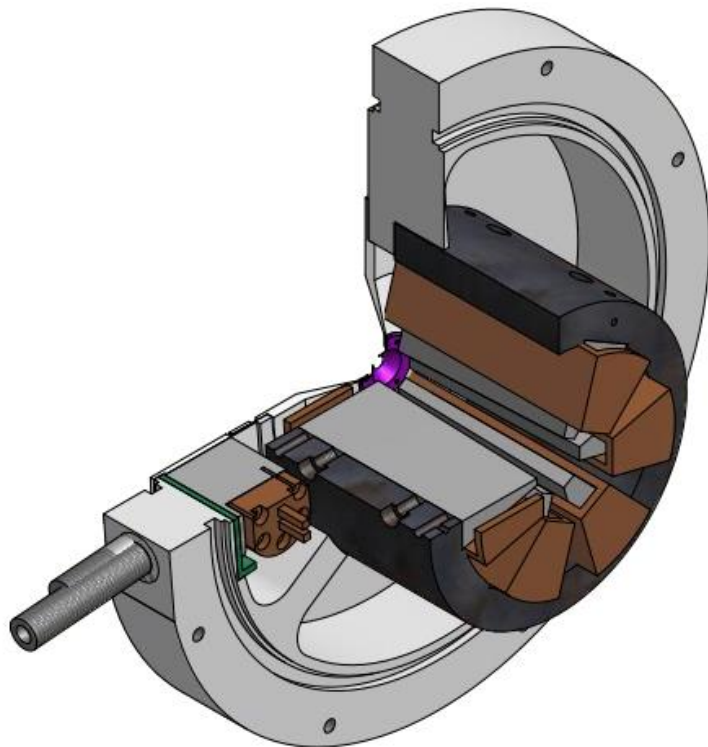
Current design



- ✓ Оптимизация электрической схемы ($P=200W$, $P_{ref}=12W$)
- ✓ Замена сопла
- ✓ Оптимизация конструкции (перехват тепла)

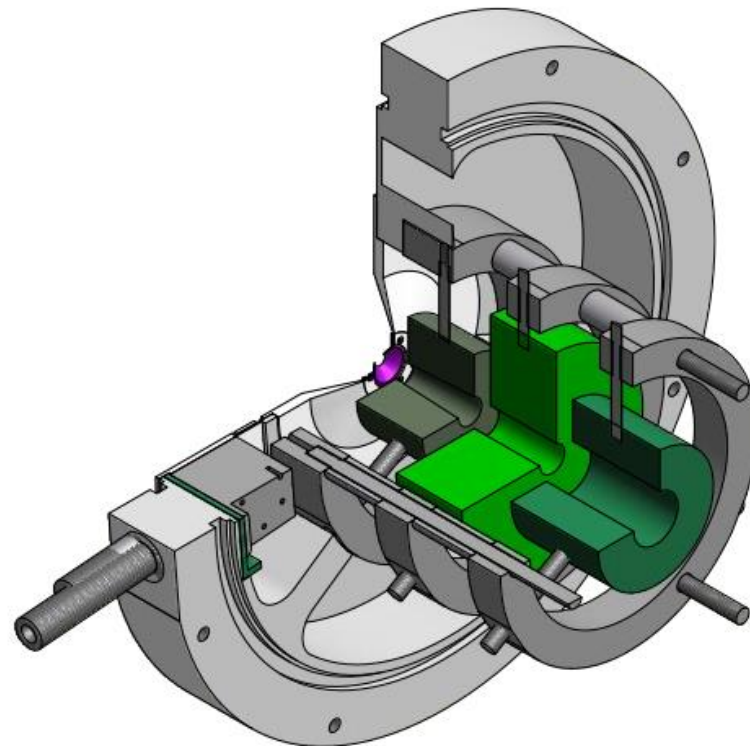


Electro magnets



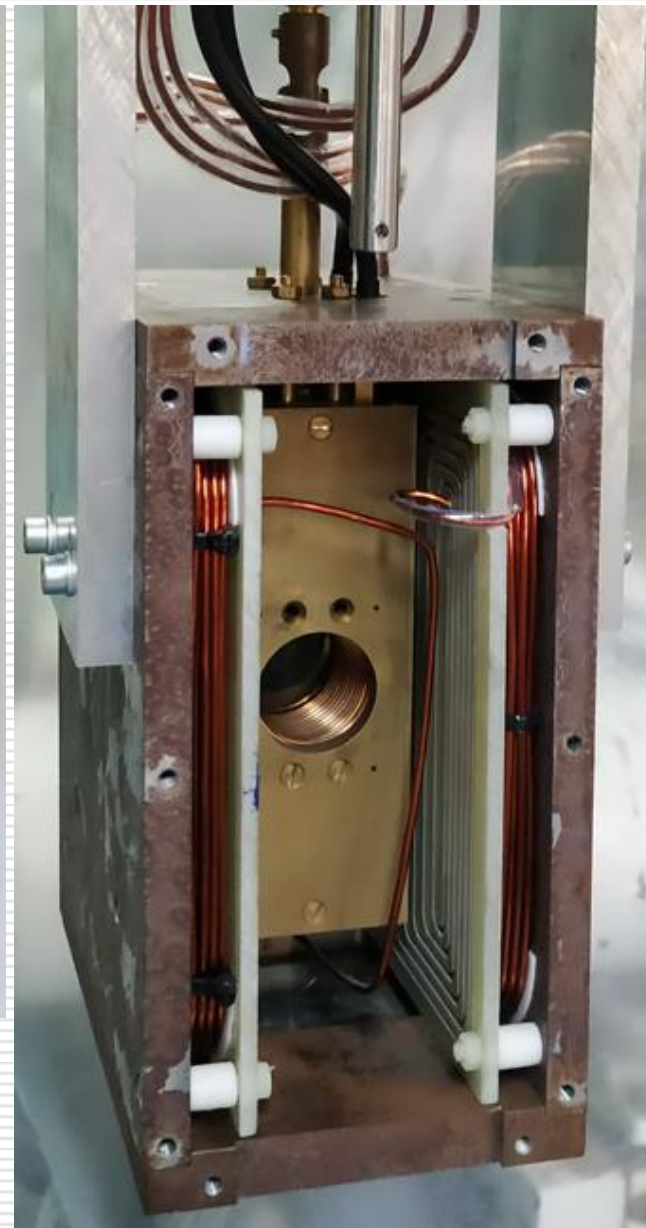
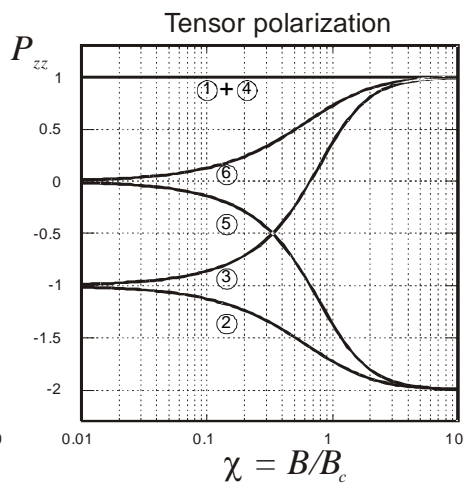
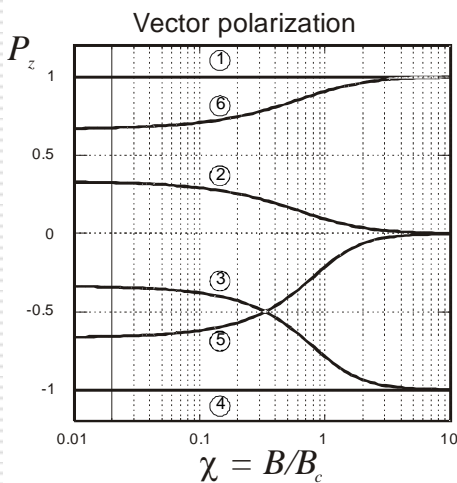
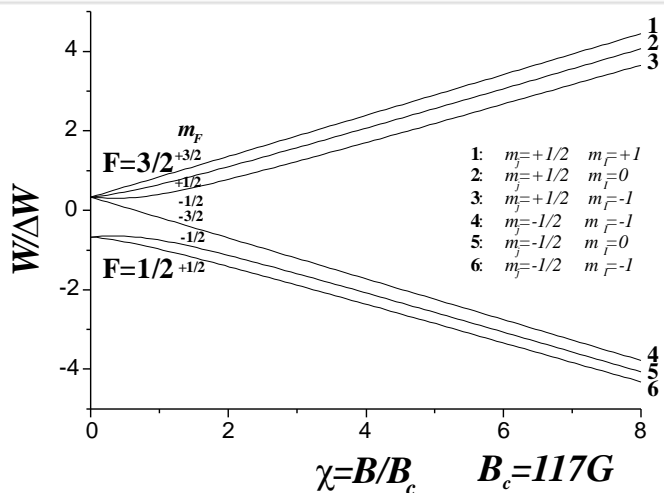
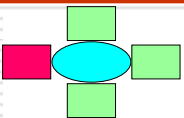
0.5 T at 200 A

Permanent magnets



1.2, 1.8 and 0.8 T

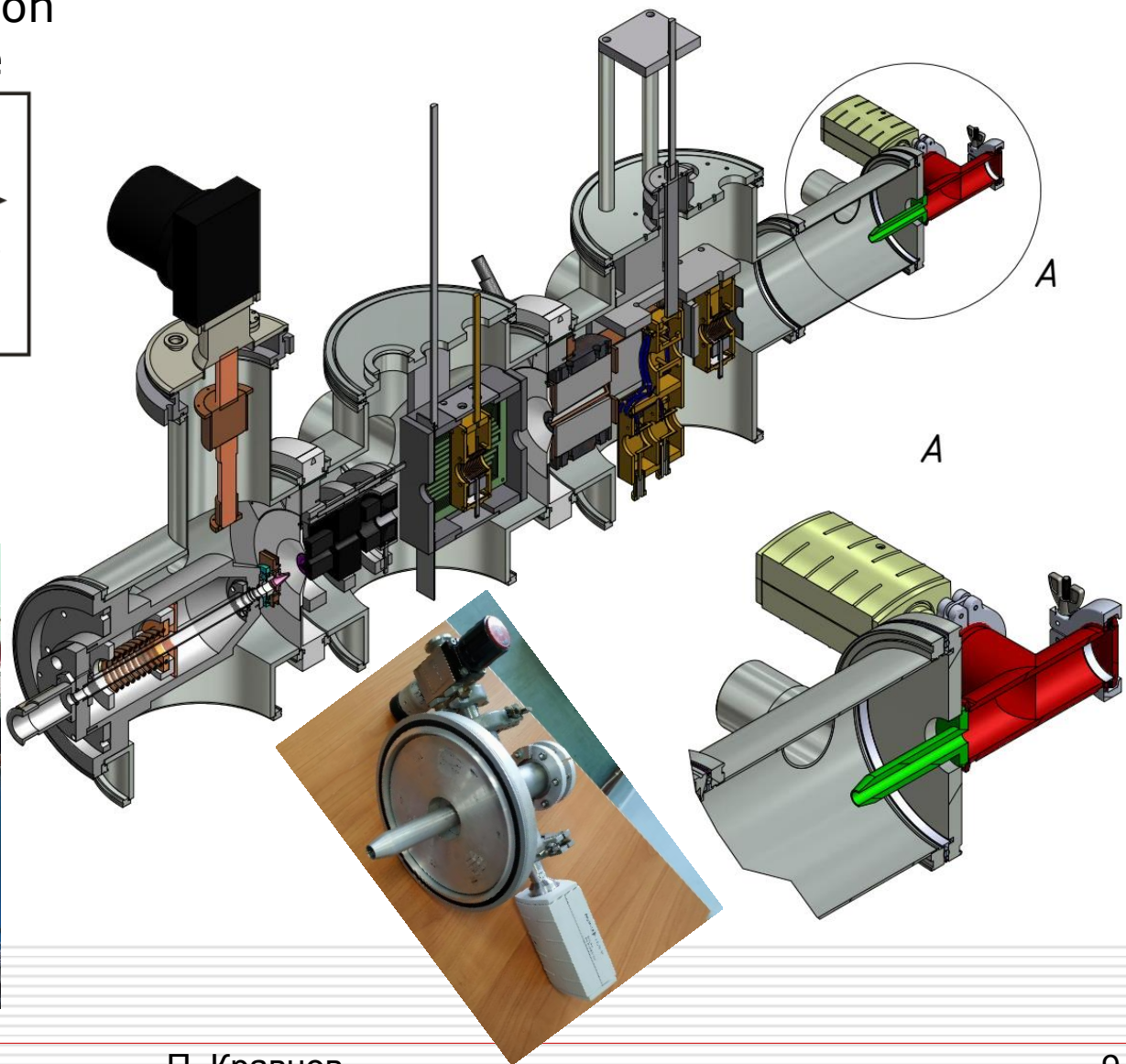
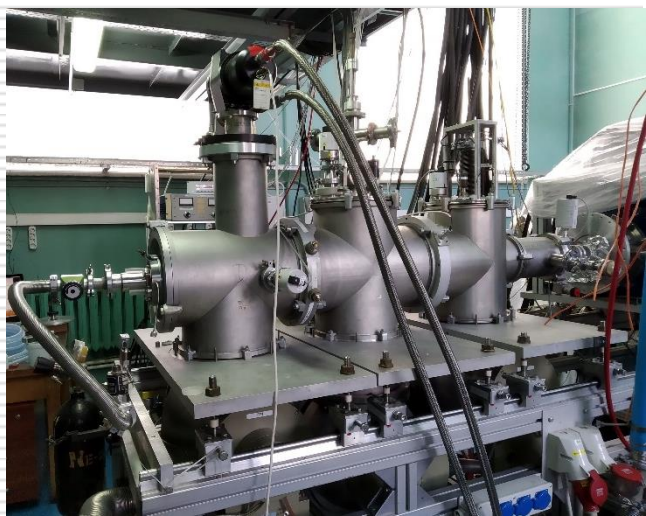
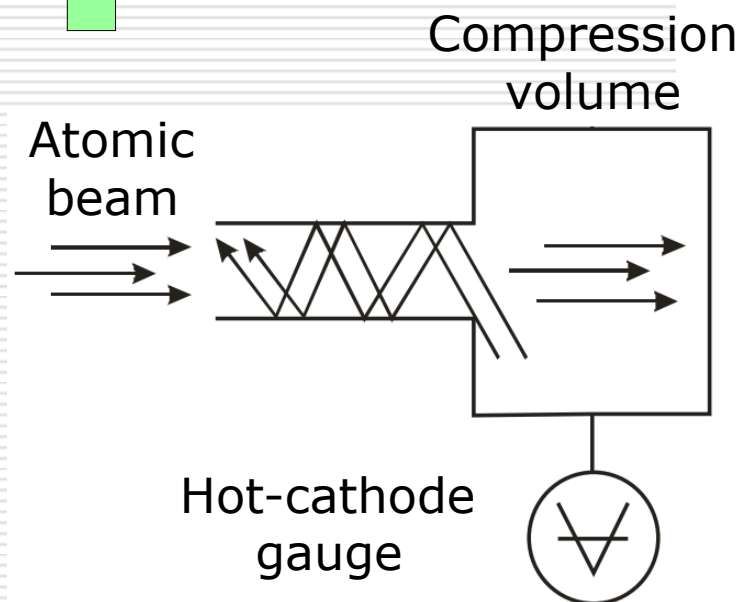
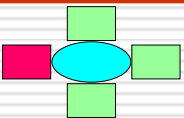
- ✓ Улучшена фокусировка
- ✓ Улучшены вакуумные условия
- ✓ Нет водяного охлаждения



Weak field transition unit

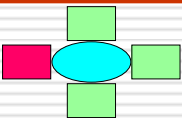


POLIS. Измерение интенсивности атомарного пучка

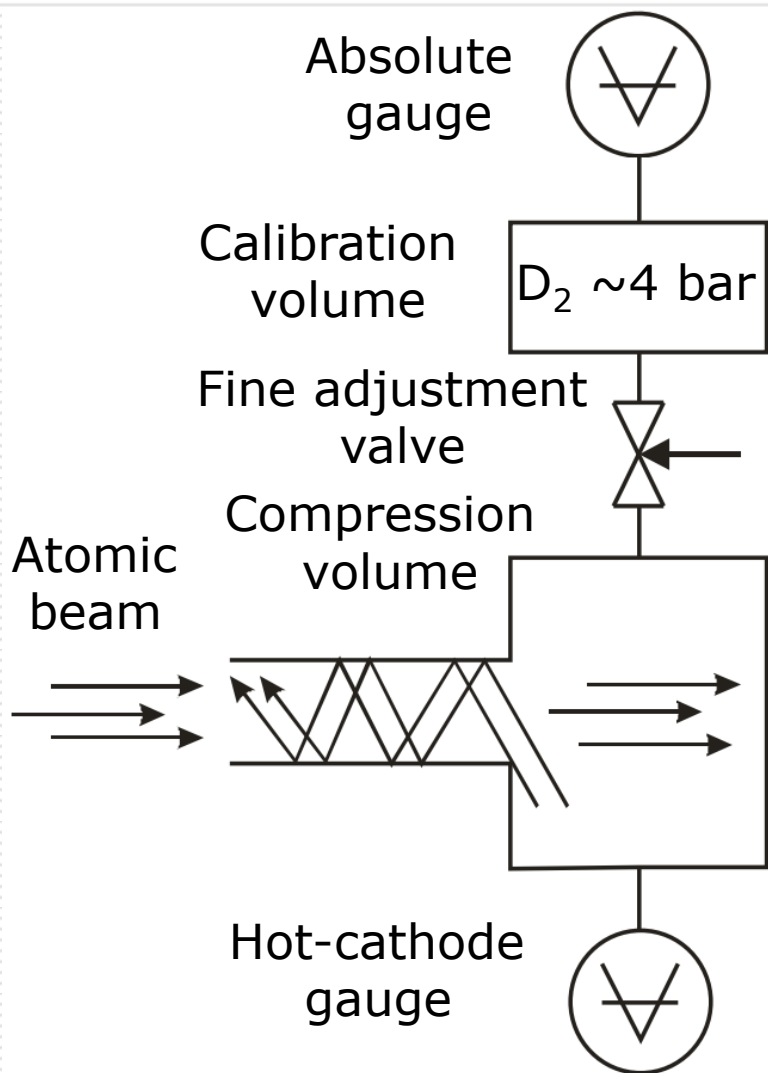




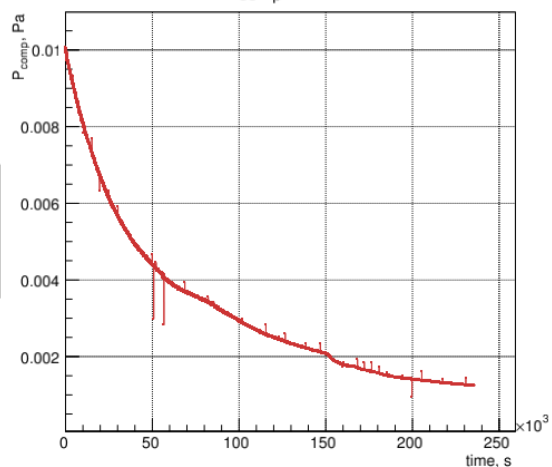
POLIS. Калибровка компрессионной трубки



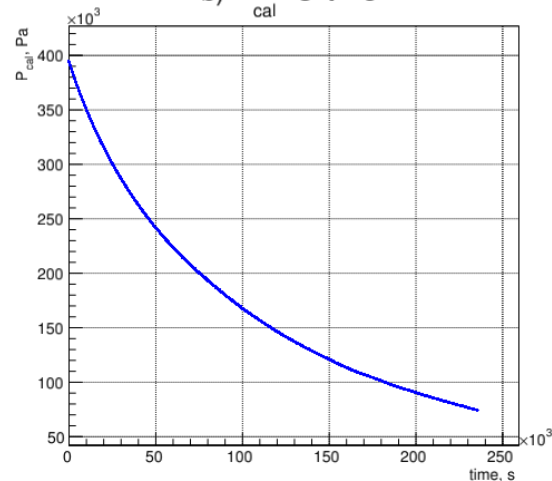
$$\frac{\partial N_{D_2}}{\partial t} = \frac{V_{cal} \cdot \mu_{D_2}}{m_{D_2} \cdot R \cdot T_{cal}} \cdot \frac{\partial P_{cal}}{\partial t}$$



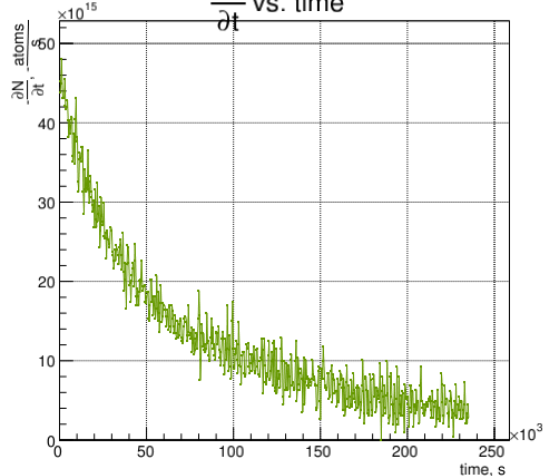
a) P_{comp} vs. time



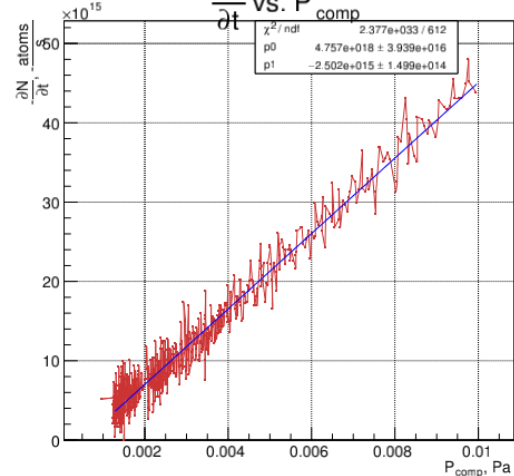
b) P_{cal} vs. time

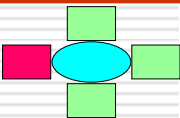


$\frac{\partial N}{\partial t}$ vs. time

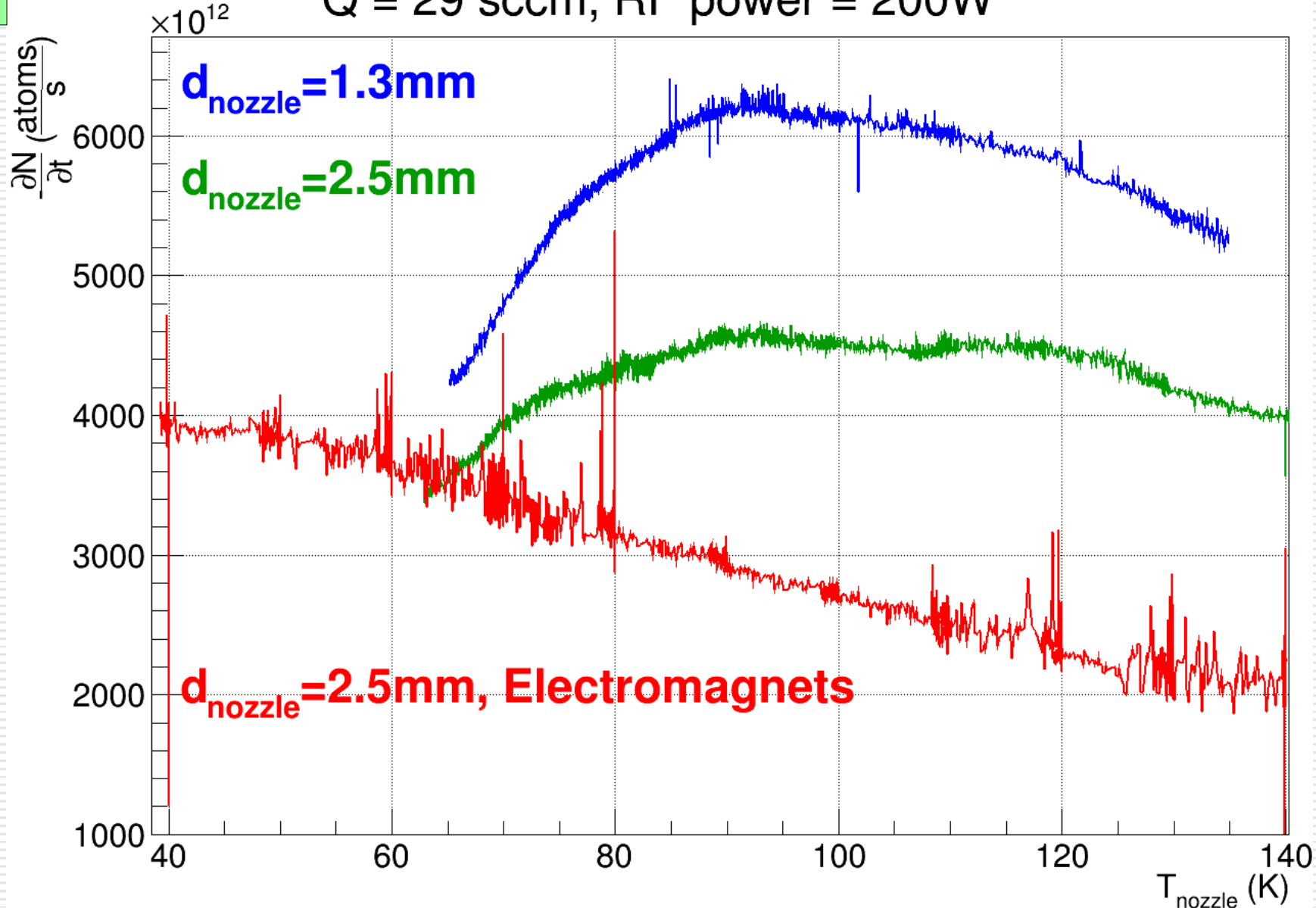


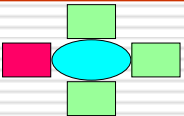
$\frac{\partial N}{\partial t}$ vs. P_{comp}



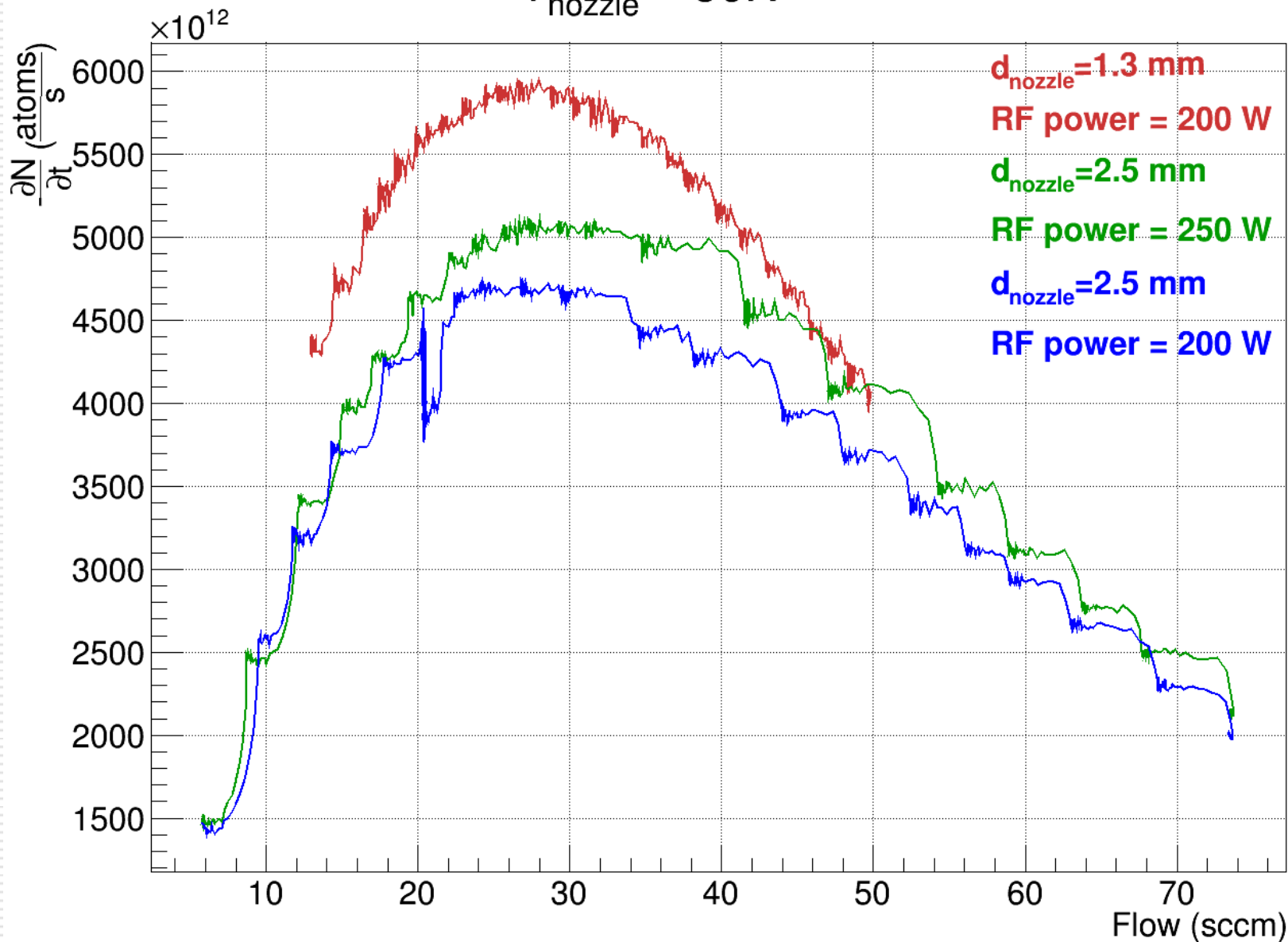


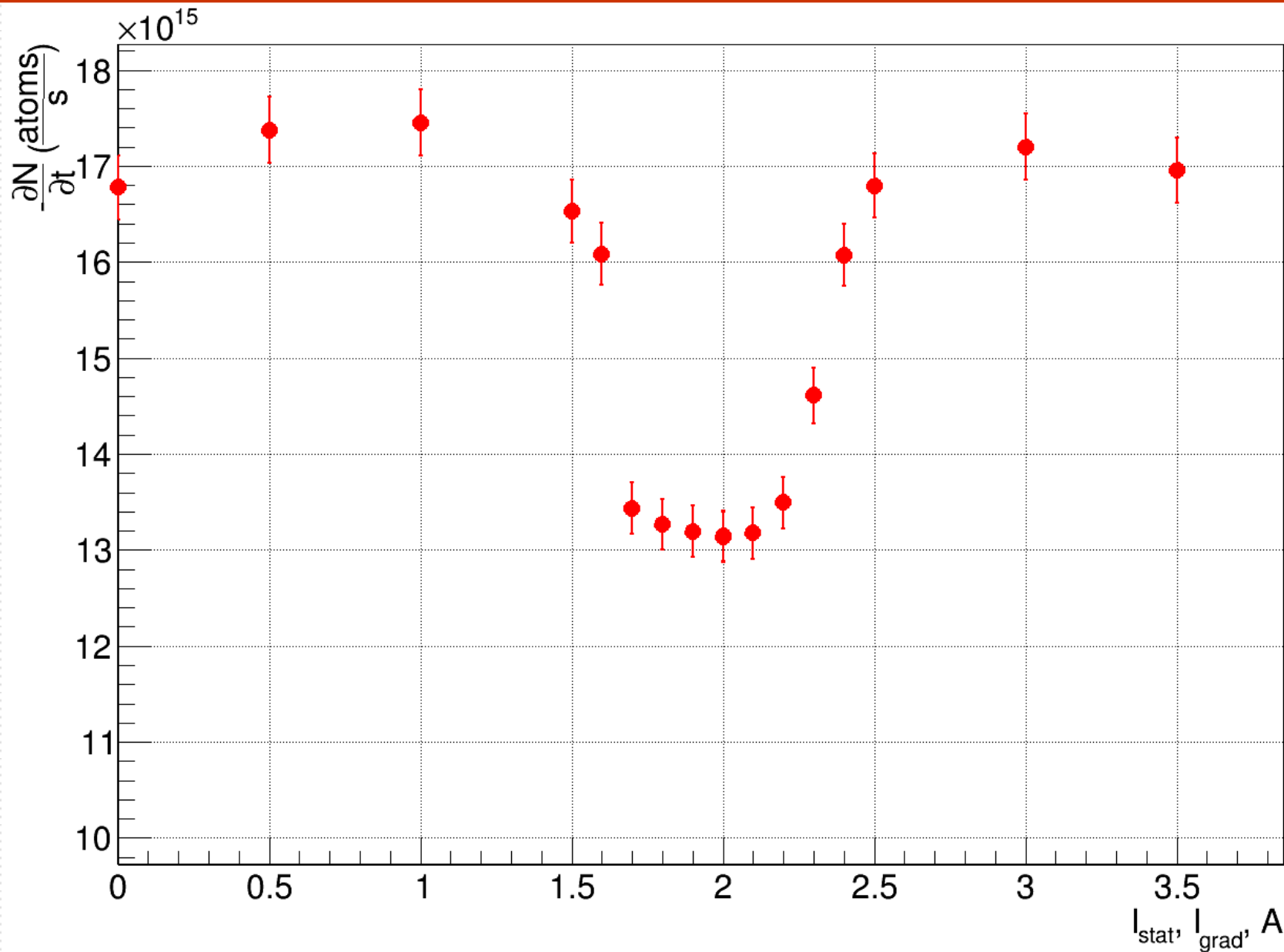
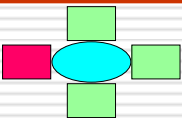
Q = 29 sccm, RF power = 200W

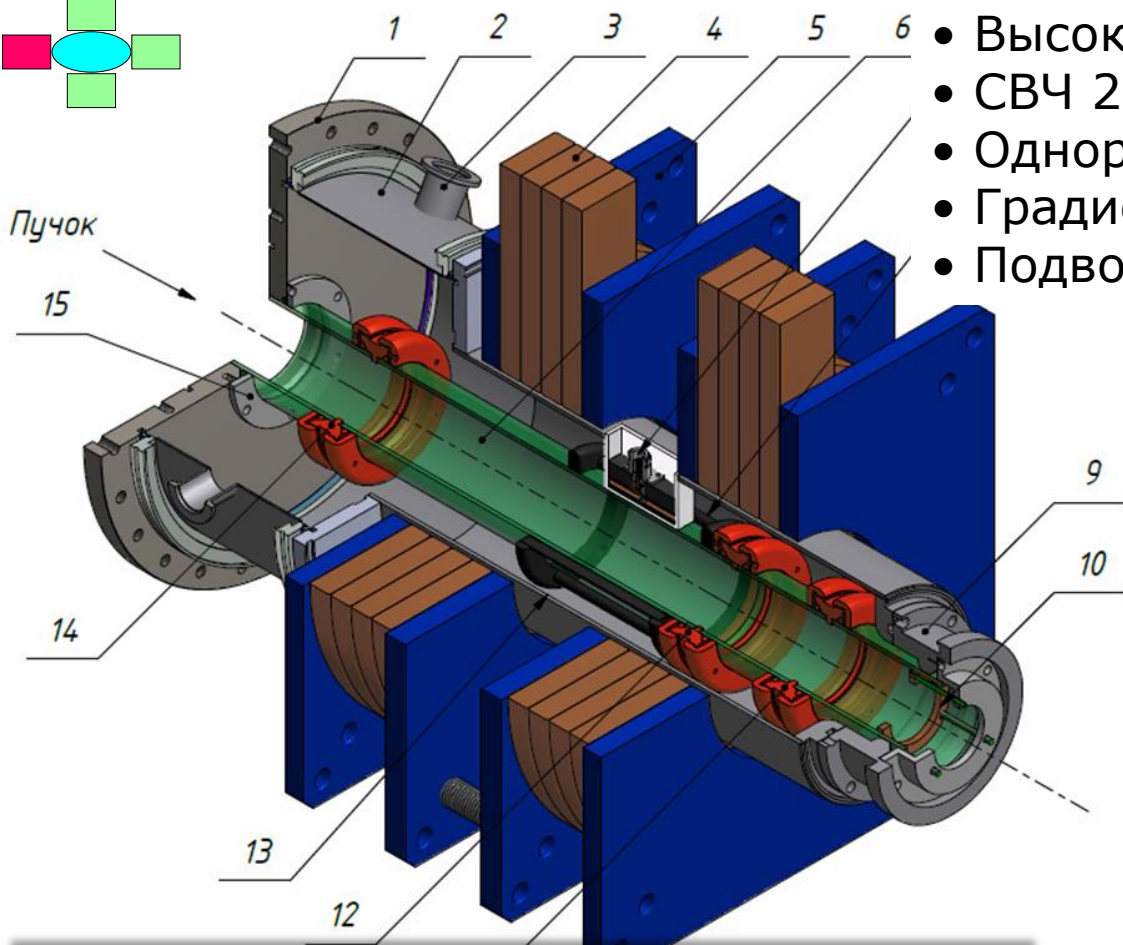
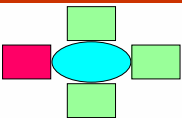




$T_{\text{nozzle}} = 50\text{K}$



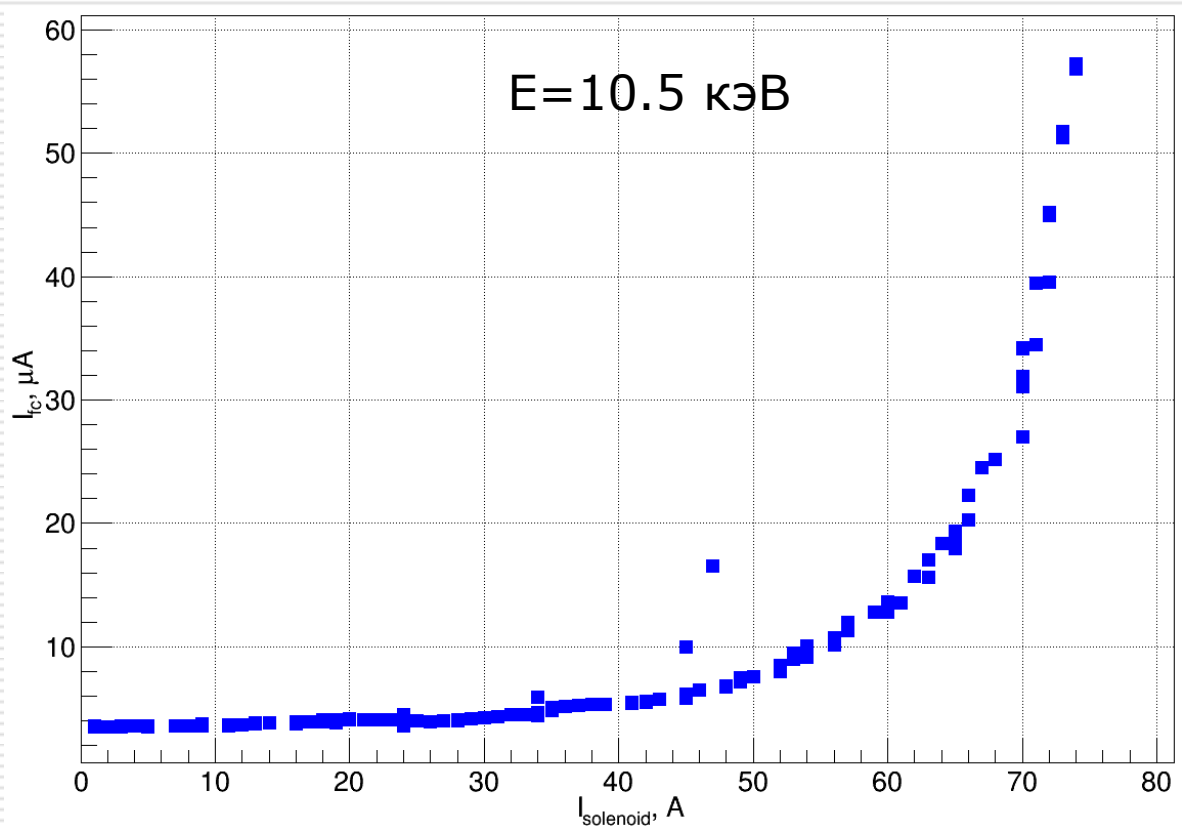
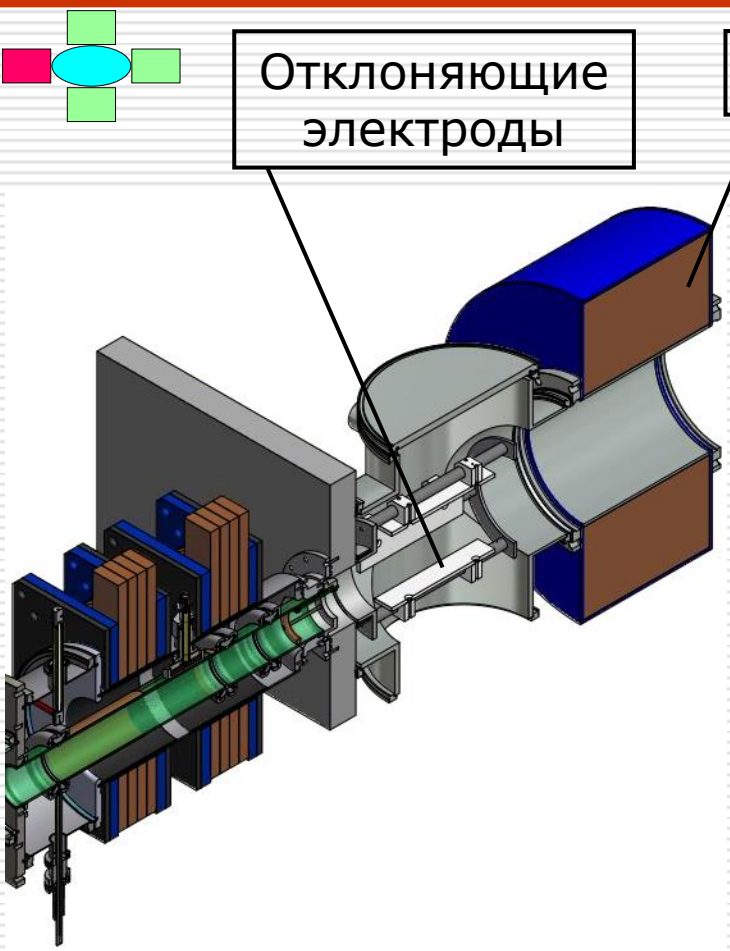


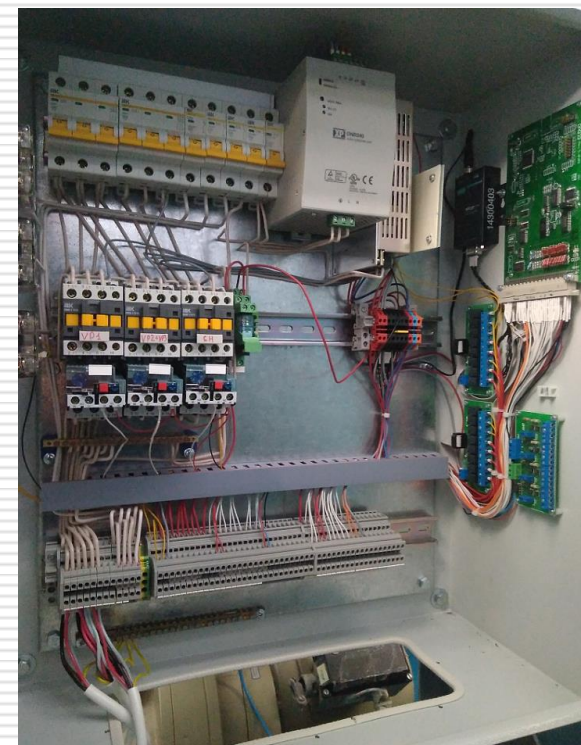
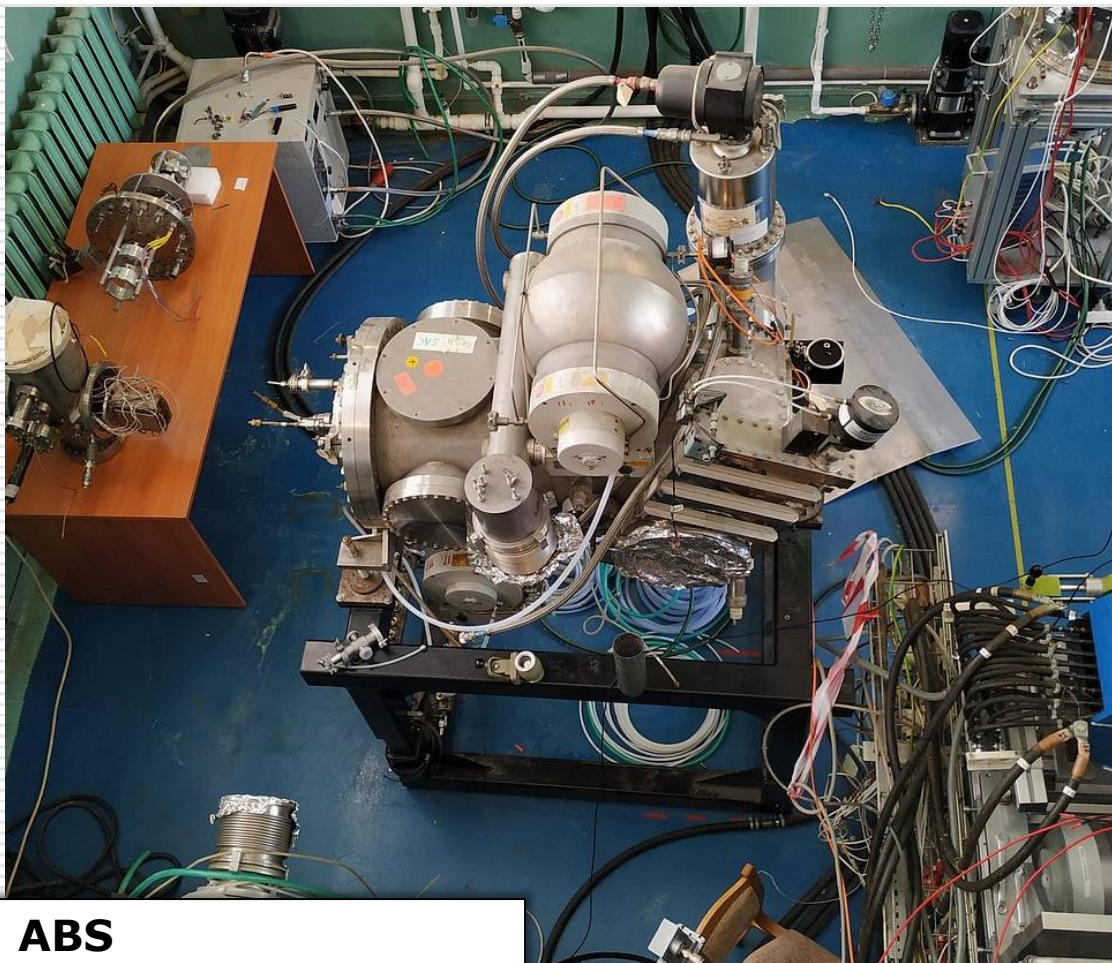
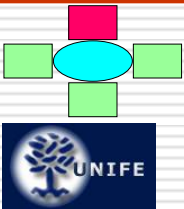


- Высокое напряжение (100кВ)
- СВЧ 2.45ГГц ~80Вт
- Однородное магнитное поле (875Гс)
- Градиентное магнитное поле
- Подвод гелия для поджига плазмы



- ✓ Оптимизация антенны (200Вт->80Вт)
- ✓ Установлен 6-полюсный магнит
- ✓ Подвод гелия
- ◇ Оптимизация геометрии электродов
- ◇ Фокусировка пучка $E > 10 \text{кэВ}$

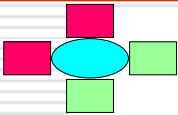




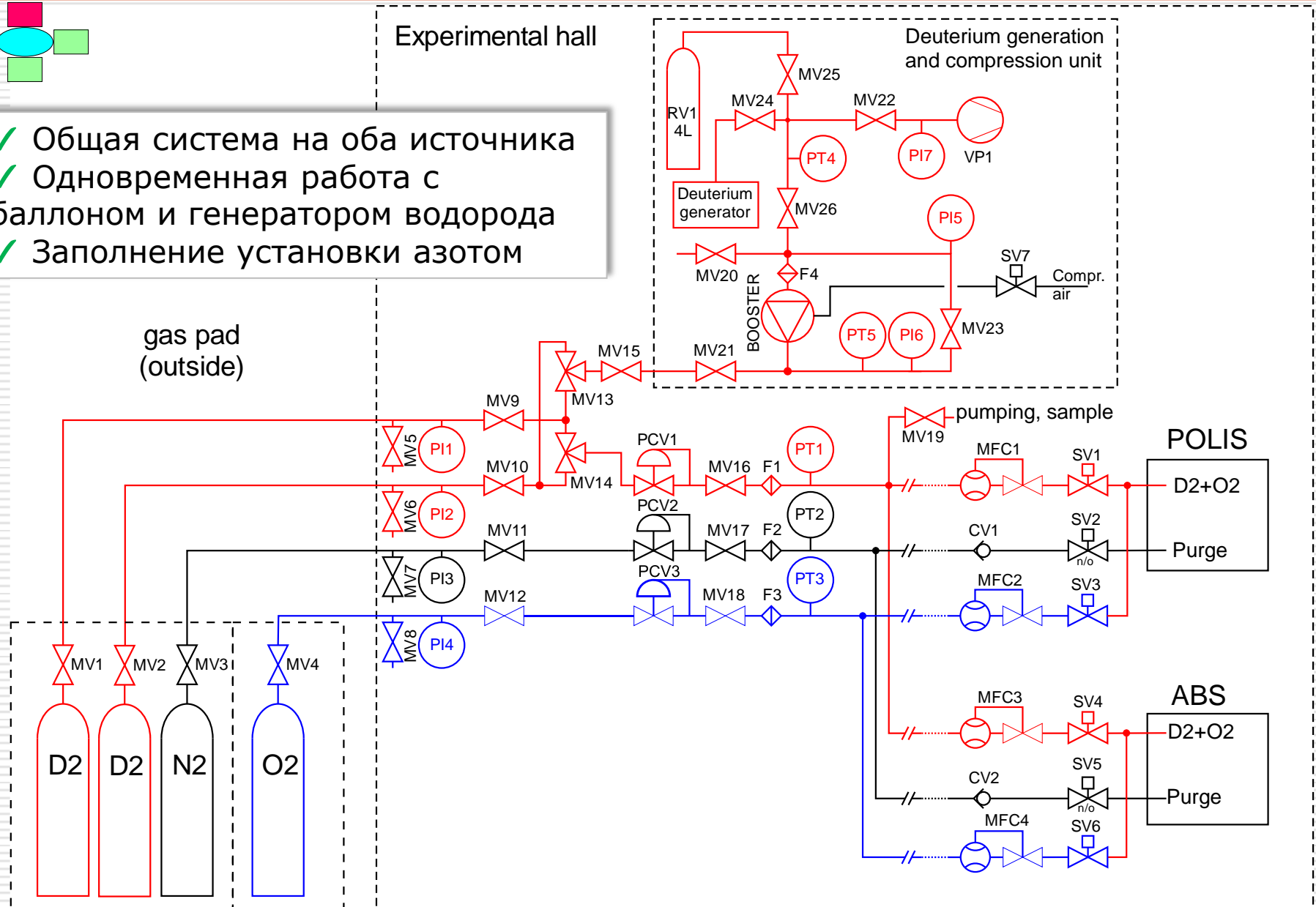
- Ferrara ABS**
- ✓ Вакуумная система (+насос)
 - ✓ Охлаждение сопла
 - ✓ Демонтаж инфраструктуры
 - ✓ Переборка RF-блоков
 - ✓ Система управления

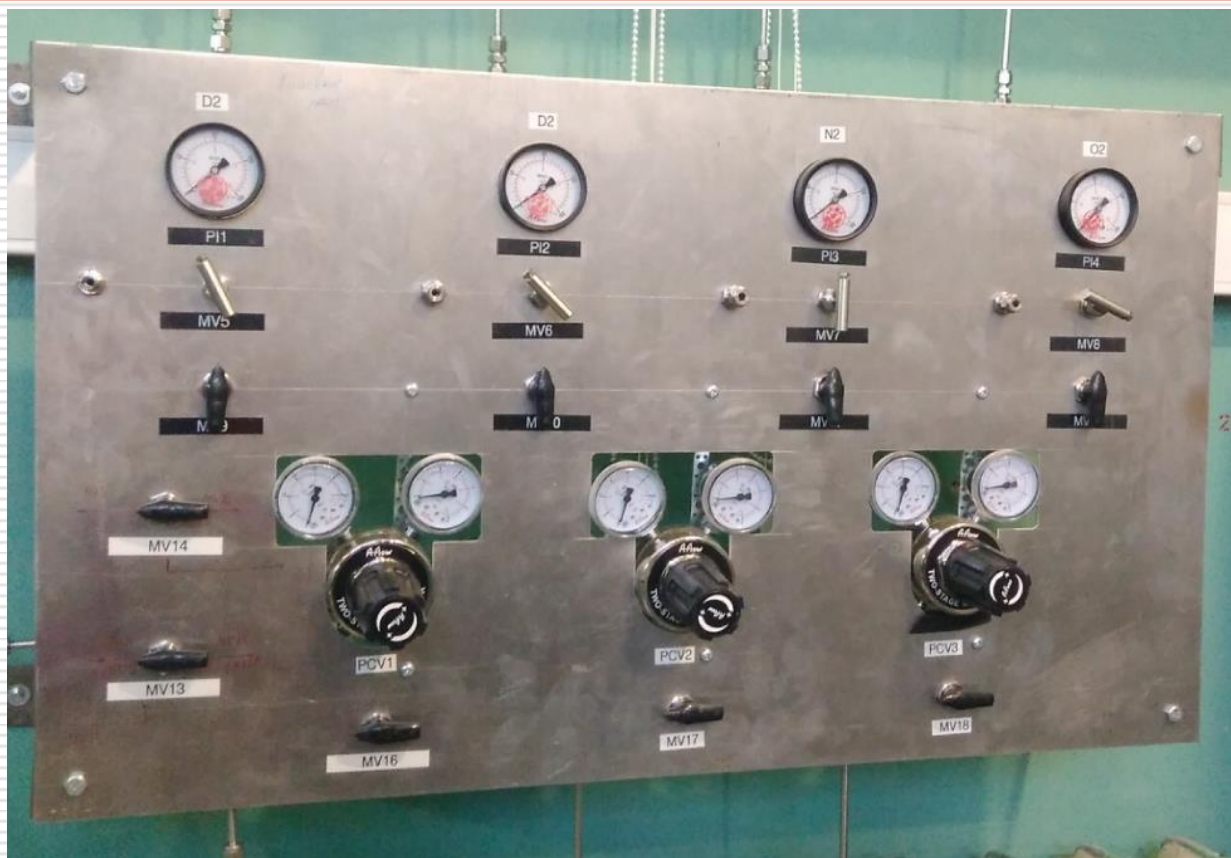
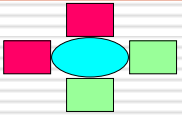


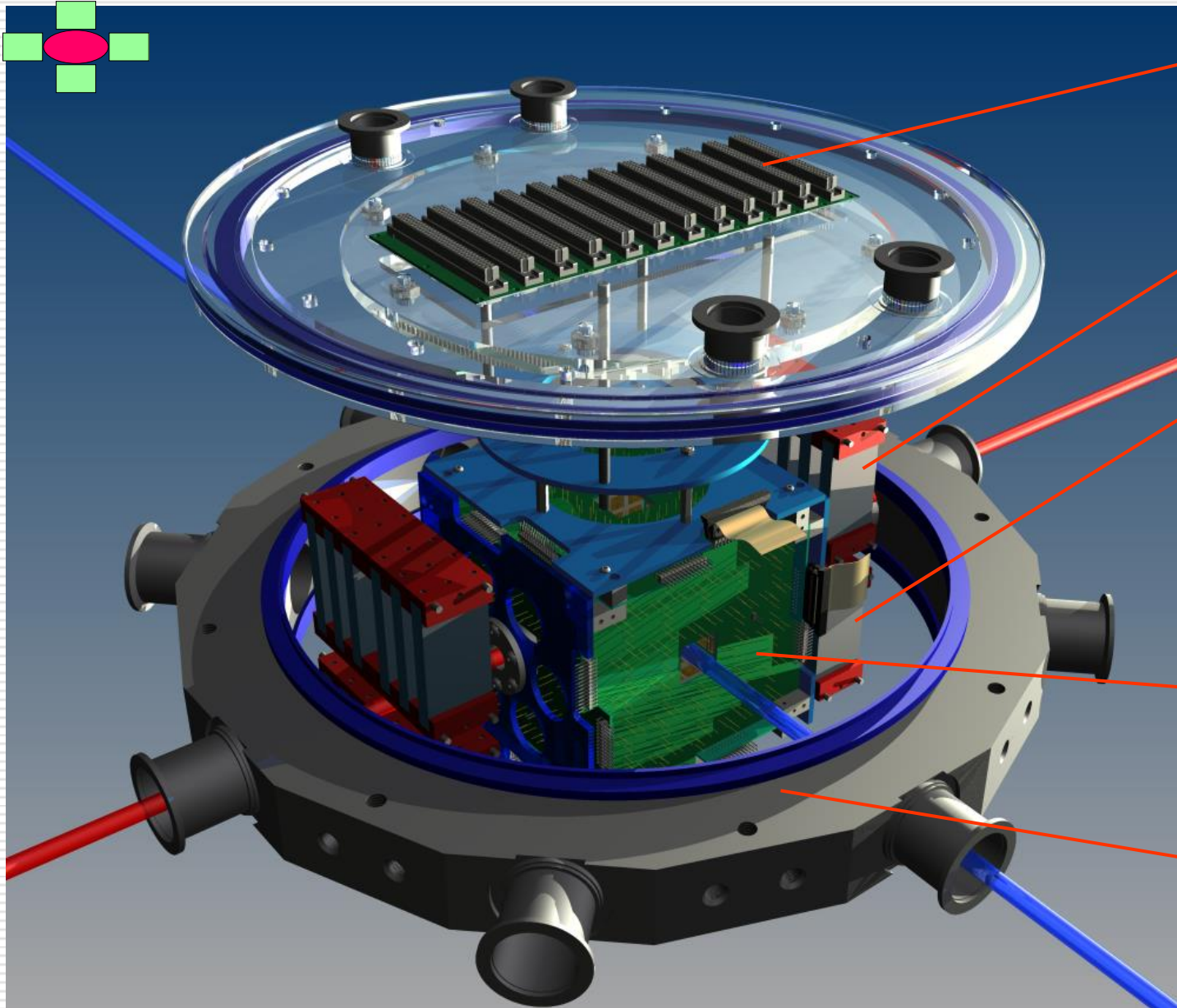
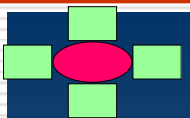
Газовая система



- ✓ Общая система на оба источника
- ✓ Одновременная работа с баллоном и генератором водорода
- ✓ Заполнение установки азотом







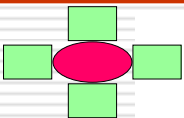
Разъемы для подключения электроники

Кольца Гельмгольца

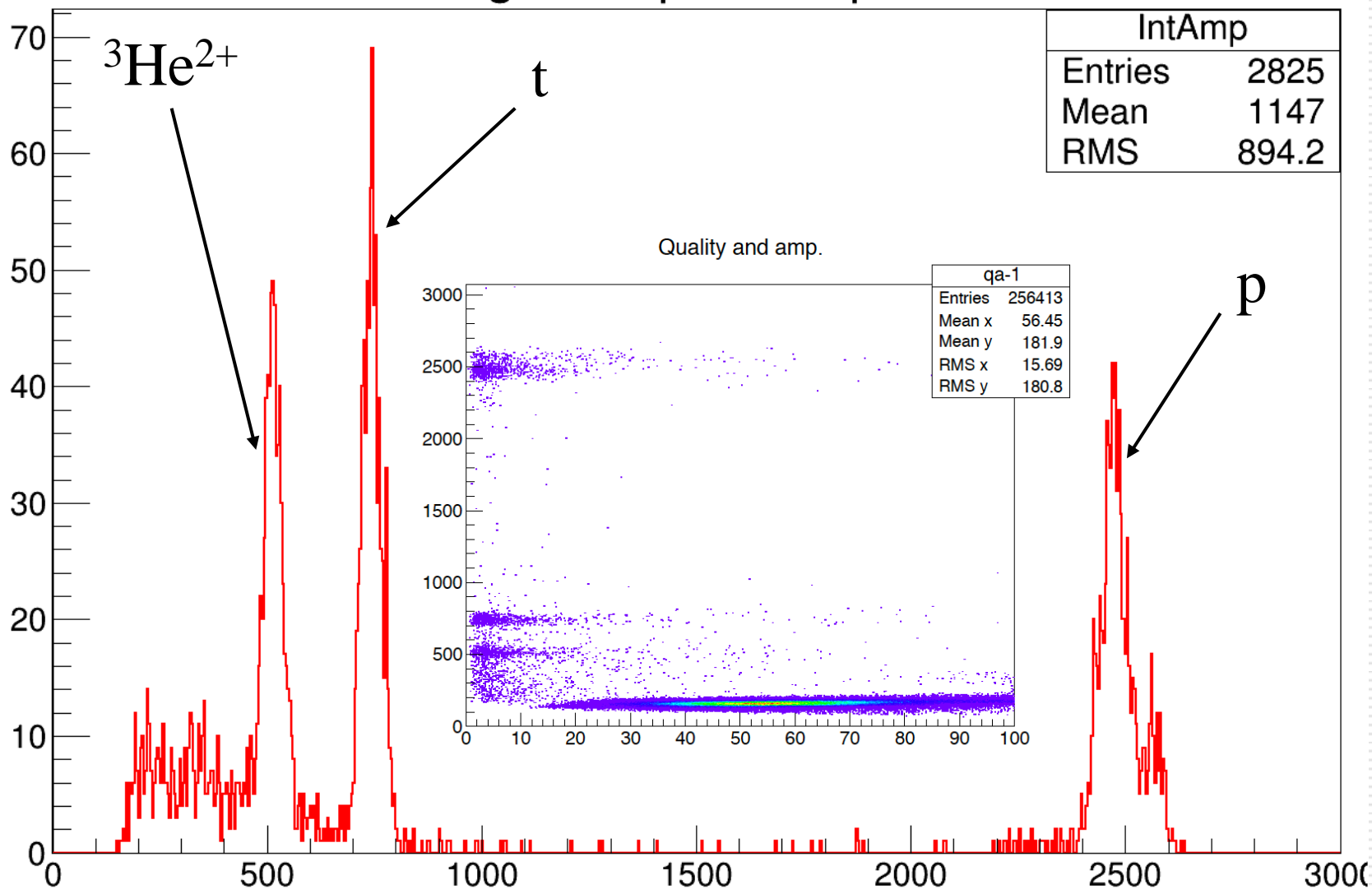
Постоянные NdFeB магниты

Детекторная система

Детекторная камера

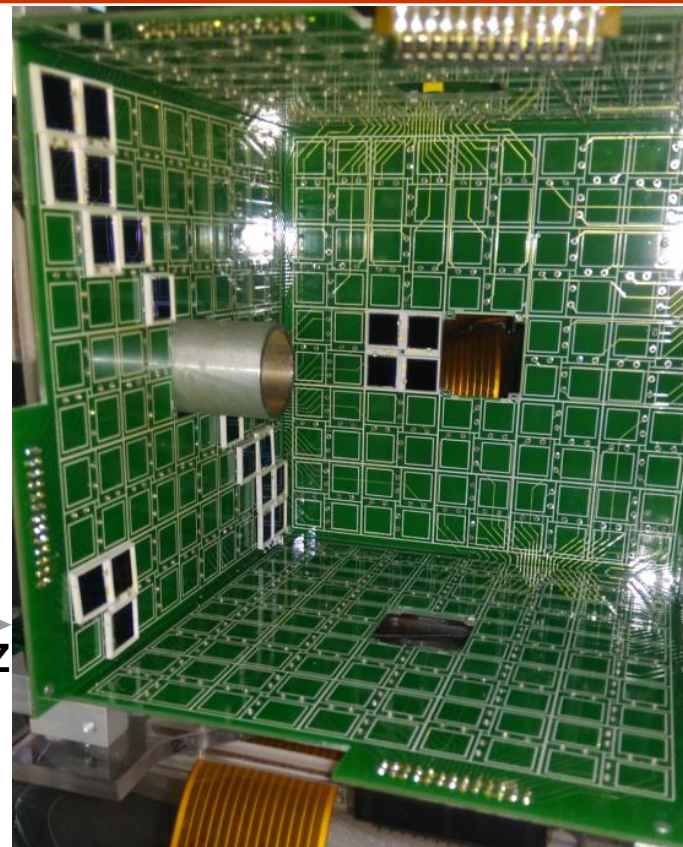
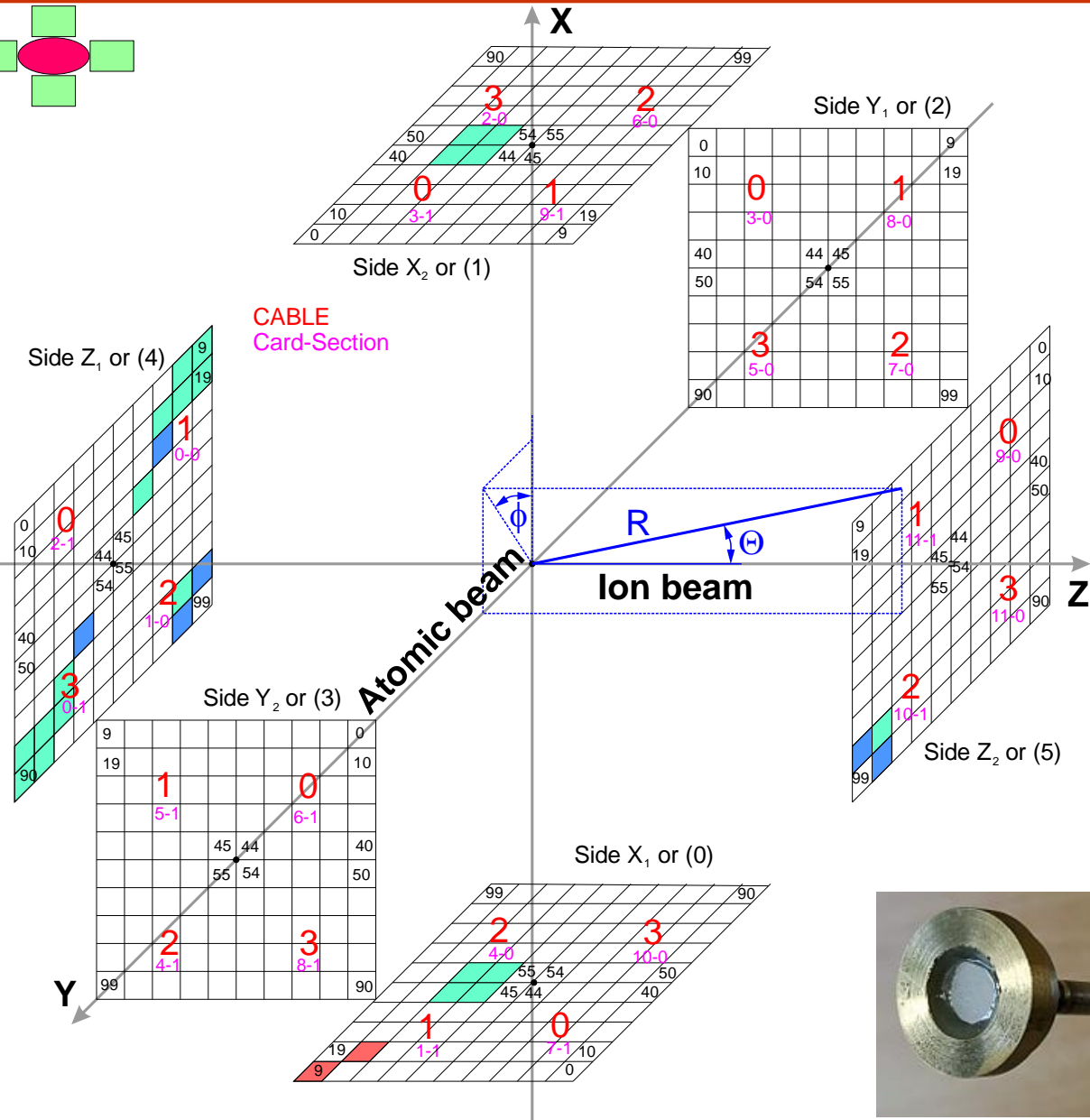
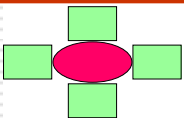


Integral amplitude spectra





Детекторная система

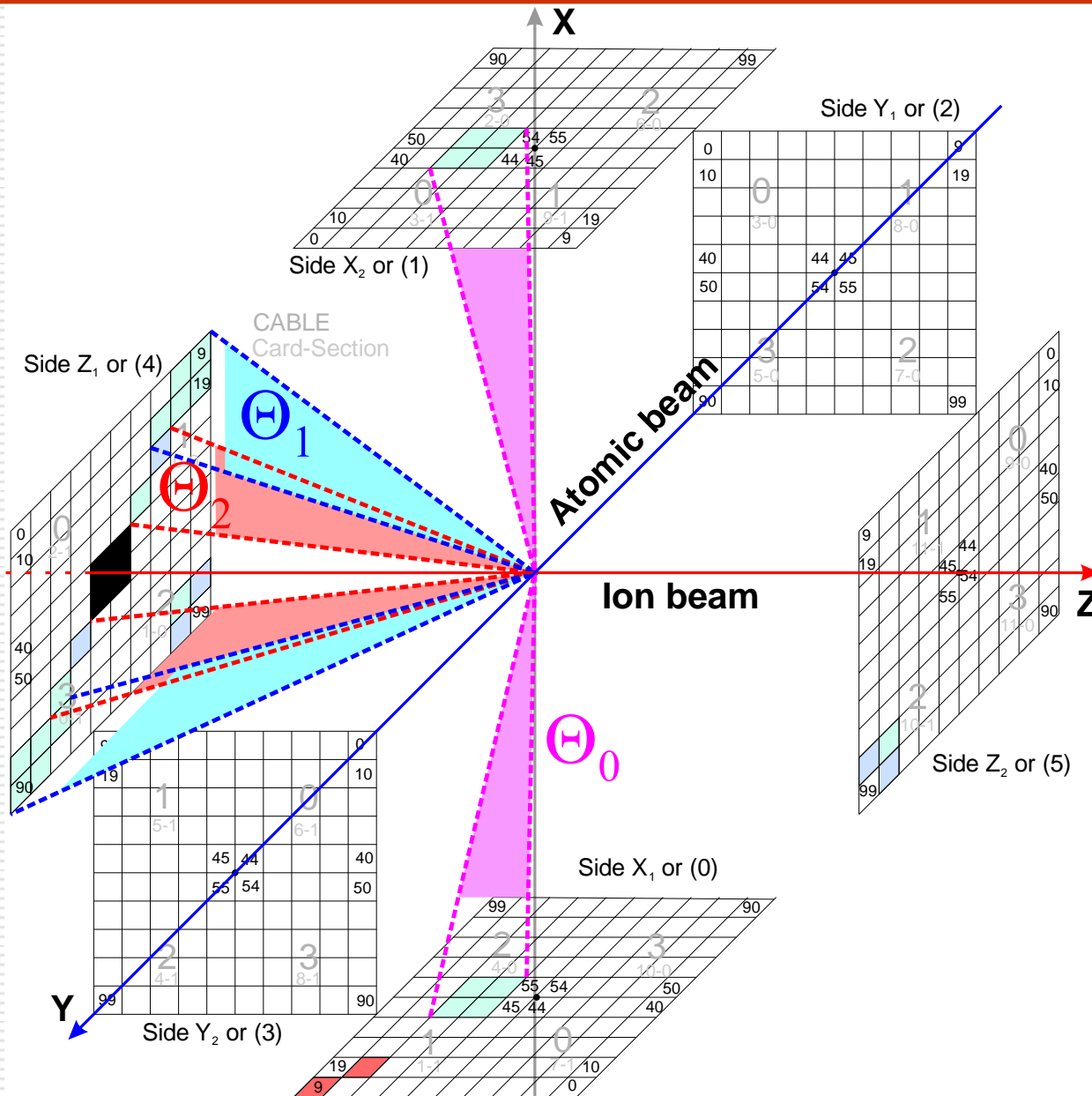
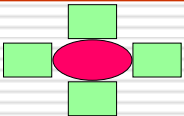


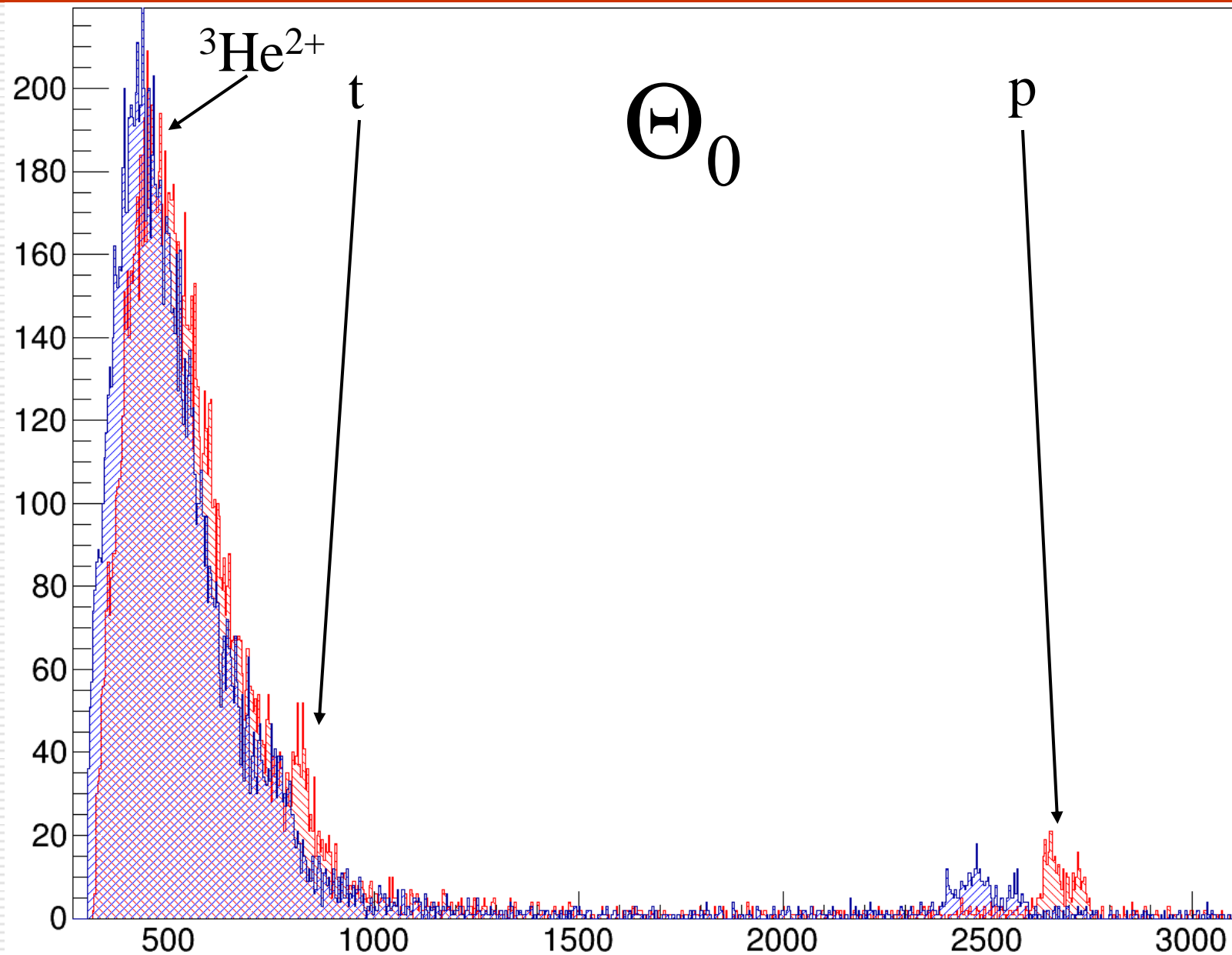
$E = 10 \text{ keV}$

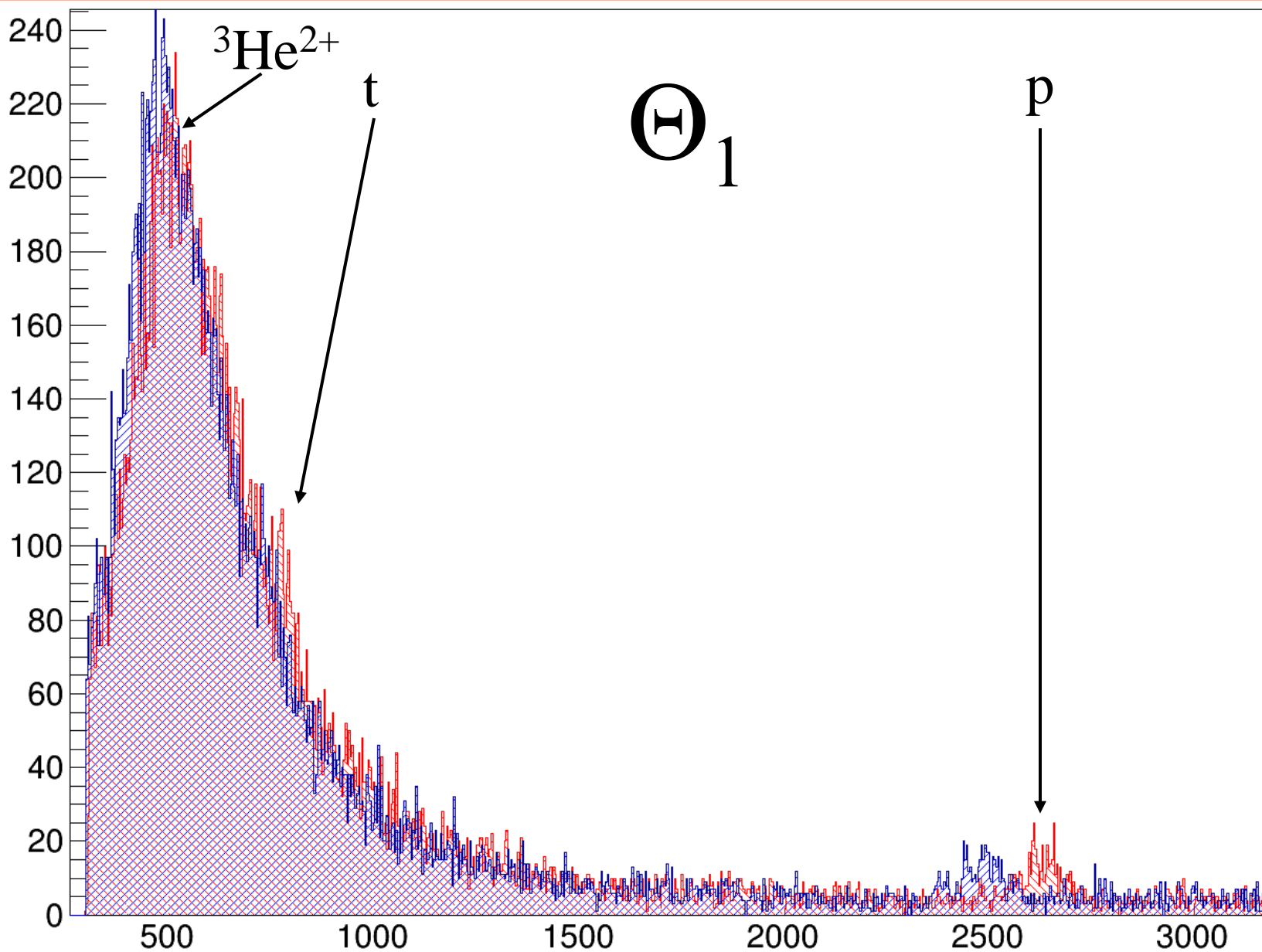




Тестовый сеанс. Диапазоны углов

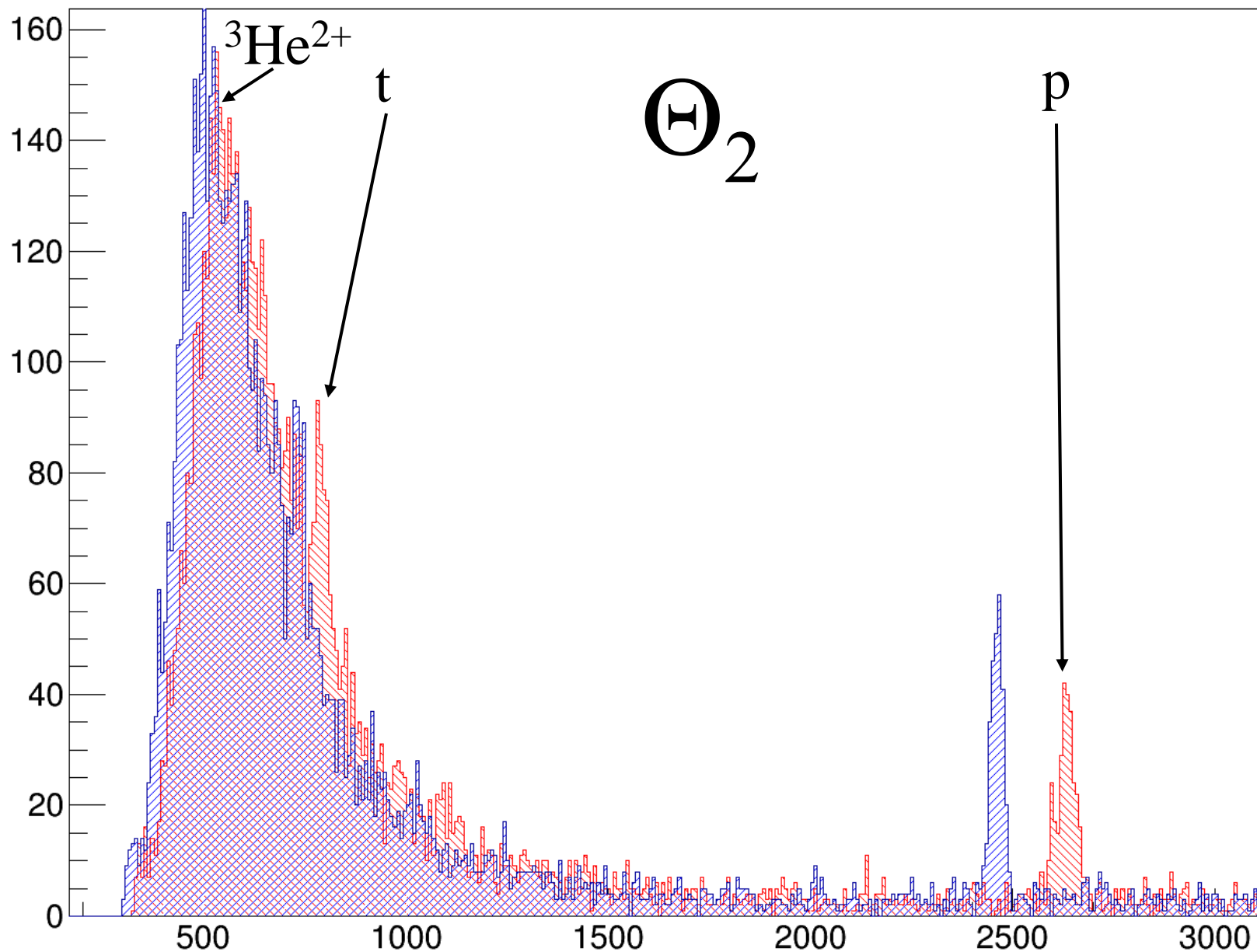


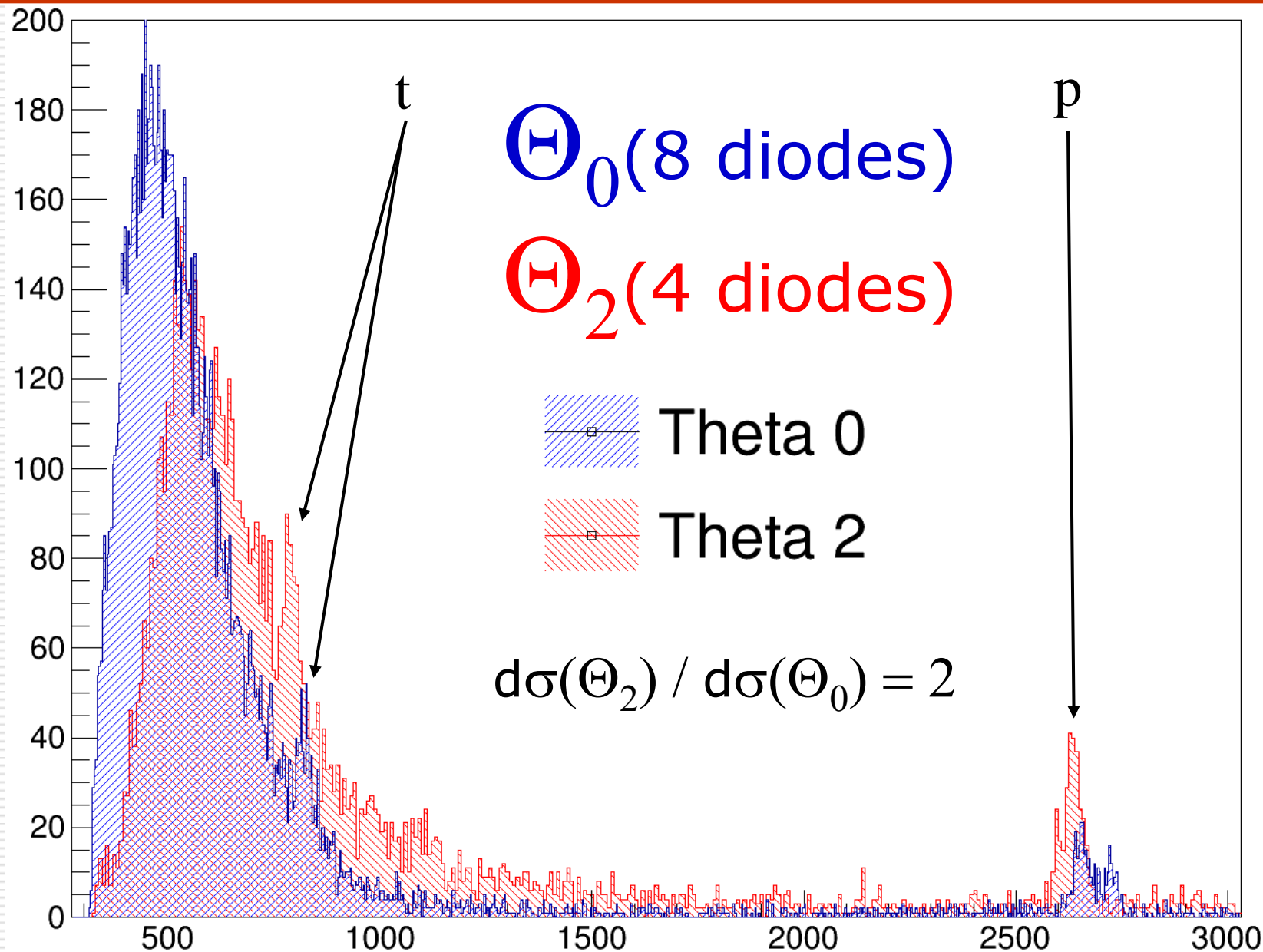






Тестовый сеанс. Результаты







Результаты тестового сеанса

- ✓ Пучок $E=10\text{кэВ}$ $I>10\text{мкА}$.
- ✓ ~ 300 часов набора данных.
- ✓ ~ 2000 реакций синтеза в 25 PIN-диодах.
- ✓ $\sim d\sigma(\Theta_2) / d\sigma(\Theta_0) = 2$
- ✓ Неполяризованные данные: 157 часов.
 Θ_2 : 243 протонов.

- ✓ Поляризованные данные: 141 час.
 Θ_2 : 221 протонов.

- ◇ Космика?

Ferrara ABS

- ✓ Вакуумная система
- ✓ Охлаждение сопла
- ✓ Диссоциатор
- ✓ Система управления [60%]
- ◇ Юстировка положения

Поляриметрия

- ✓ Сборка поляриметра
- ◇ Система управления

POLIS

- ✓ Оптимизация диссоциатора
- ✓ Замена магнитной системы
- ✓ Оптимизация ABS
- ✓ Доработка ионизатора
- ✓ Получен **стабильный** ионный пучок

- ◇ Нужны постоянные магниты
- ◇ Оптимизация геометрии ионизатора
- ◇ Фокусировка

Программное обеспечение

- ✓ Сбор данных
- ✓ Обработка сигналов
- ✓ Калибровка электроники
- ✓ Анализ данных
 - ✓ Предварительный анализ сигналов
 - ✓ Математическая модель
 - ✓ Получение физических результатов
- ✓ Моделирование детектора
 - ✓ Описание детектора
 - ✓ Описание пучков
 - ✓ Розыгрыш точки взаимодействия
 - ✓ Unfolding и анализ погрешностей
 - ✓ Функция акцептанса
 - ✓ Кинематика рассеяния



Спасибо за внимание!

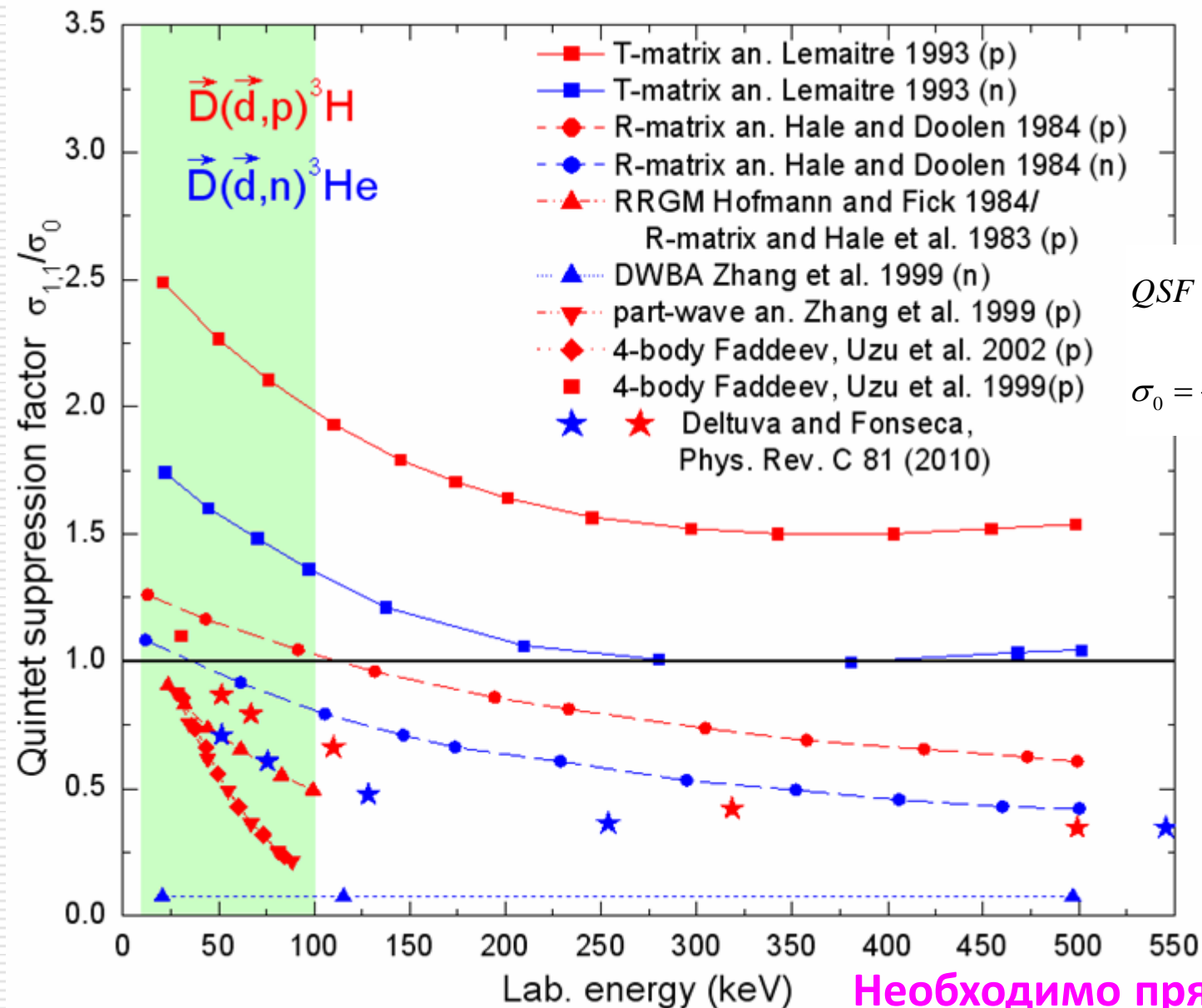




BACKUP

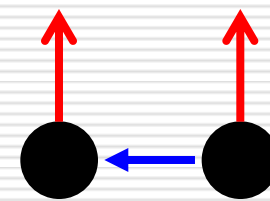


The Quintet suppression factor



$$QSF = \frac{\sigma_{1,1}}{\sigma_0}$$

$$\sigma_0 = \frac{1}{9} (2\sigma_{1,1} + 4\sigma_{1,0} + \sigma_{0,0} + 2\sigma_{1,-1})$$

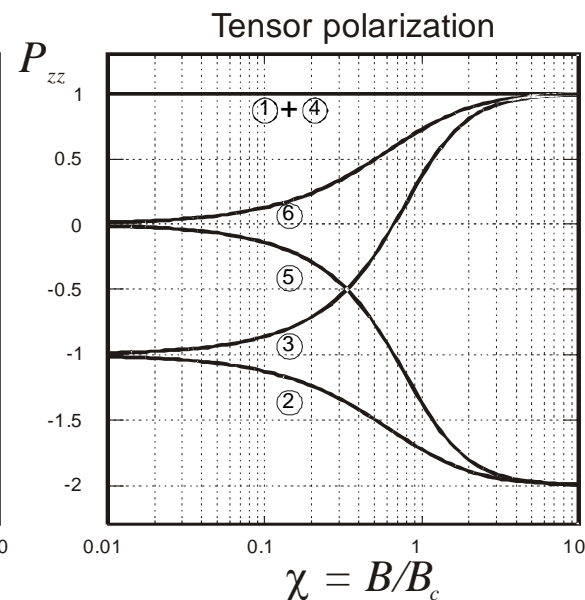
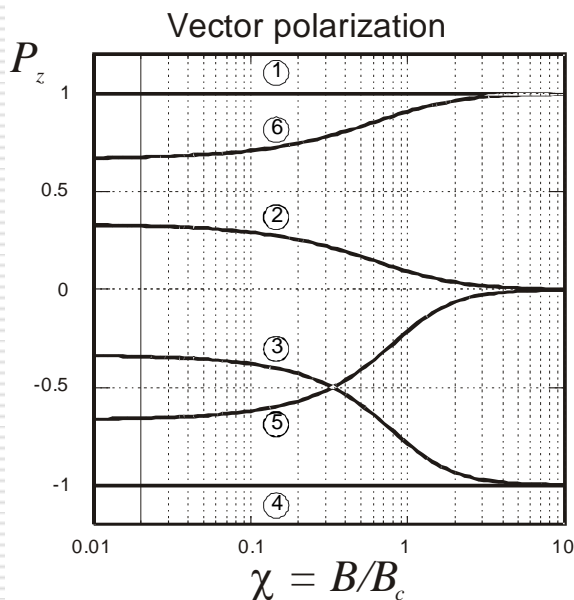
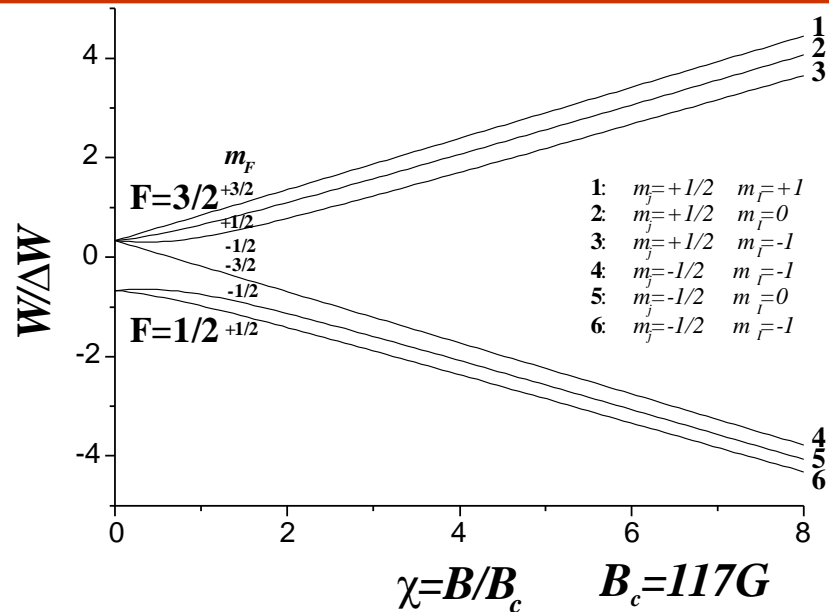


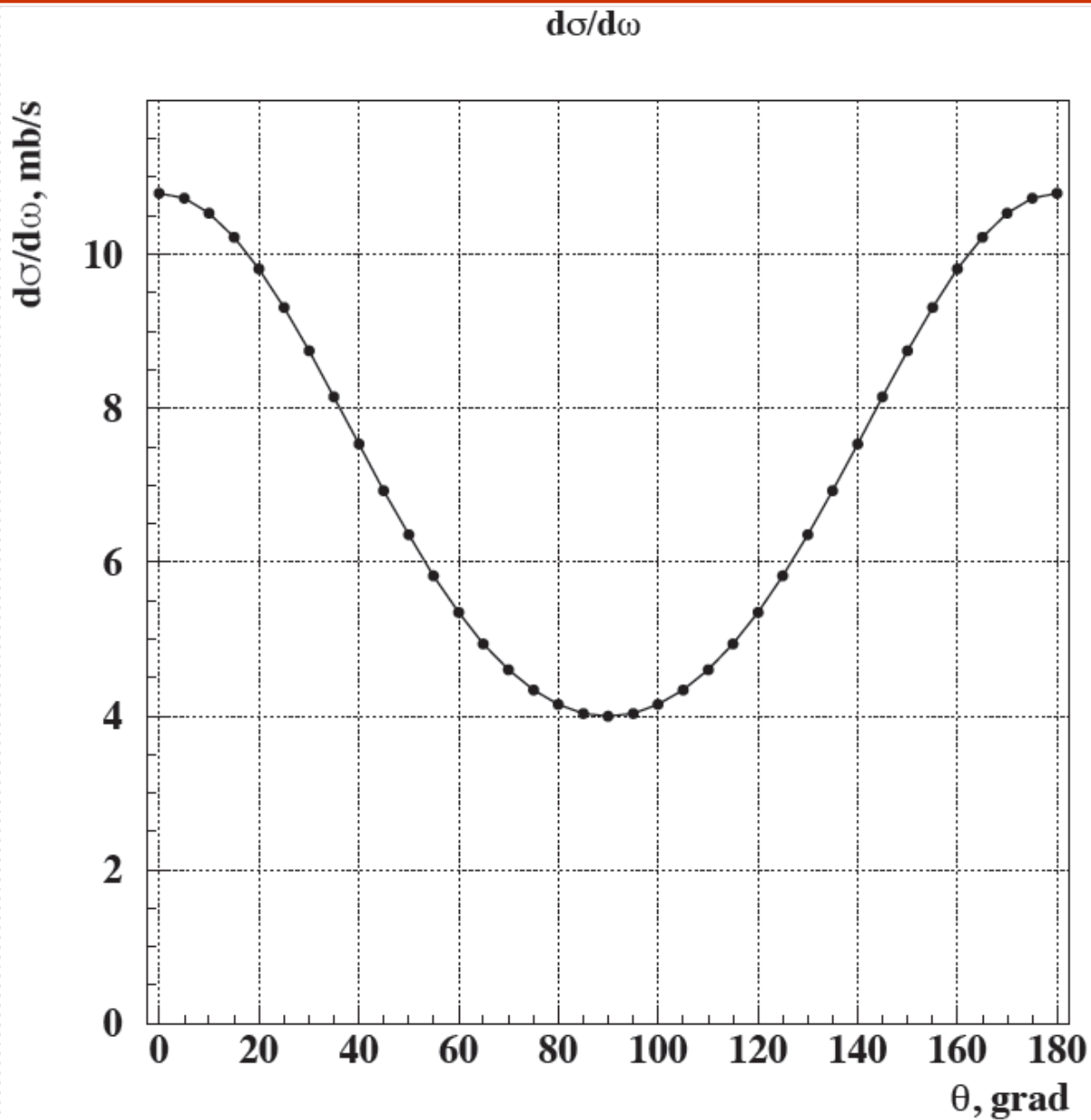
Необходимо прямое измерение!



Блоки сверхтонких переходов

| | тип атома | переходы | правила отбора | ориентация полей | частоты, МГц | поля, Гс |
|-----|-----------|---------------------|---|----------------------|--------------|------------|
| WFT | H | 1↔3 | $\Delta F = 0,$ $m_F \leftrightarrow -m_F$ | $B \perp B_{rf}$ | 14 | 10 |
| | D | 1↔4, 2↔3 | | | 6 | 4.2 |
| MFT | H | 2↔3 | $\Delta F = 0,$ $\Delta m_F = \pm 1$ | $B \perp B_{rf}$ | 50.5 | 35 |
| | D | 1↔2, 2↔3, 3↔4 | | | 22.3 | 18 (24) |
| SFT | H | 2↔4 | $\Delta F = \pm 1,$ $\Delta m_F = 0$ | $B \parallel B_{rf}$ | 1425.2 | 30 |
| | D | 2↔6, 3↔5 | | | 341.5 | 13 (91) |

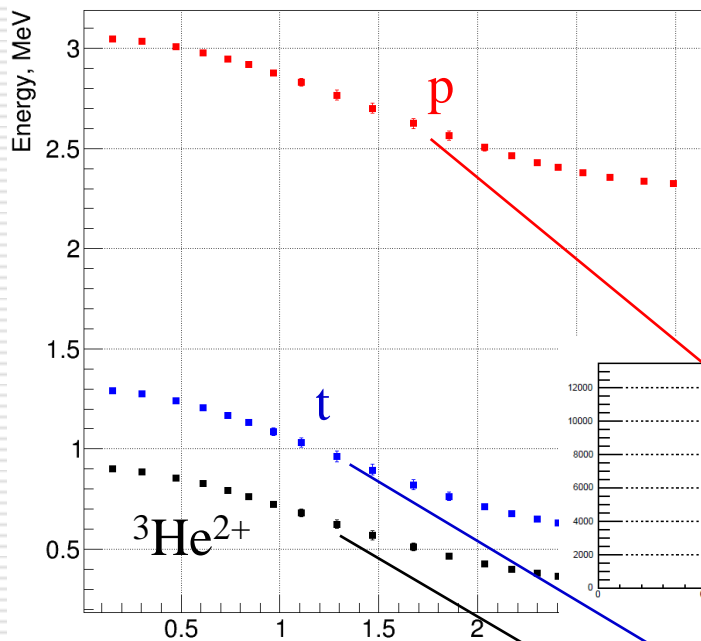




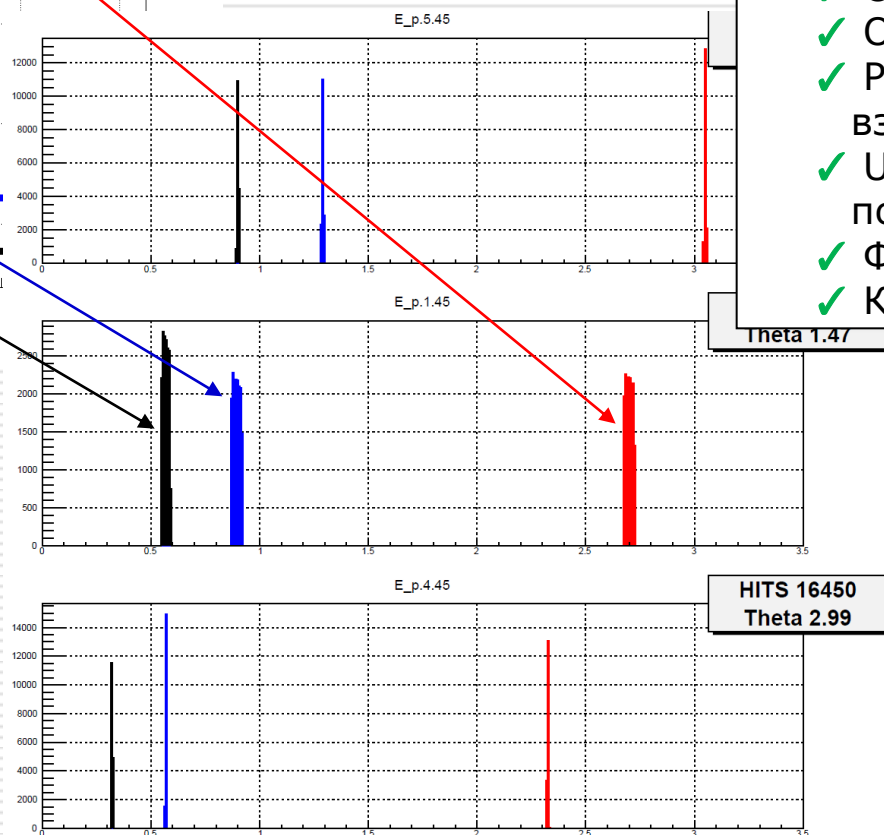


Angular energy dependence

All particles

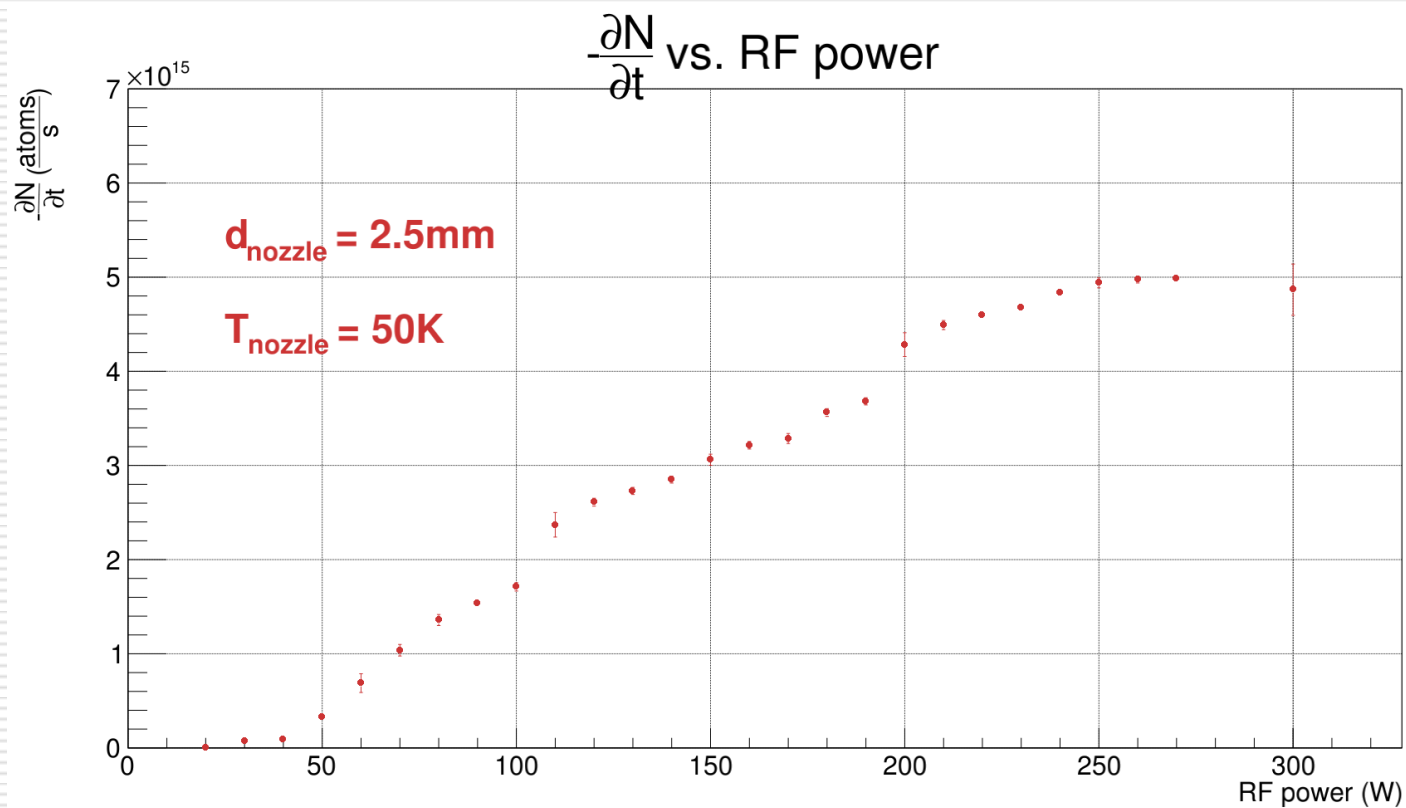
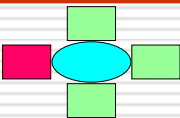


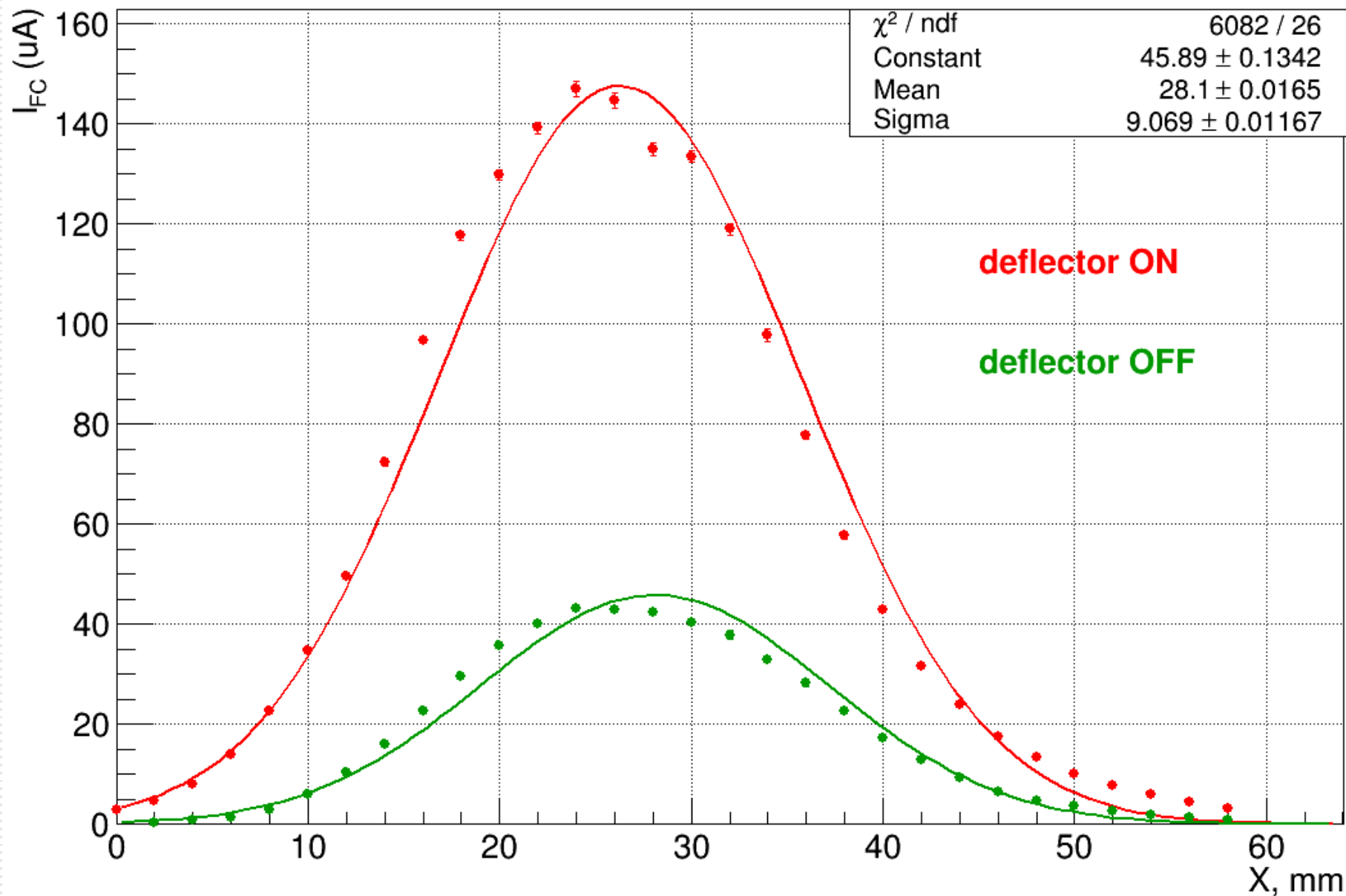
$E_d = 100 \text{ keV}$



Software

- ✓ Сбор данных
- ✓ Обработка сигналов
- ✓ Анализ данных на твердотельной мишени
- ✓ Калибровка
- ✓ Моделирование
 - ✓ Описание детектора
 - ✓ Описание пучков
 - ✓ Розыгрыш точки взаимодействия
 - ✓ Unfolding и анализ погрешностей
 - ✓ Функция акцептанса
 - ✓ Кинематика рассеяния







Deflector ON

