
Синхротрон с энергией протонов 1.5 ГэВ,
следующая ступень
ускорительного комплекса ИЯИ РАН

Алексей Мельников



10/03/2026

Troitsk Meson Factory

Создание современного ускорительного комплекса Троицкой Мезонной Фабрики и проект ТиМоФей включены в Национальную Программу “Фундаментальные свойства материи”.

На комплексе можно реализовать следующую физическую программу по Фундаментальным исследованиям:

Мишенные эксперименты:

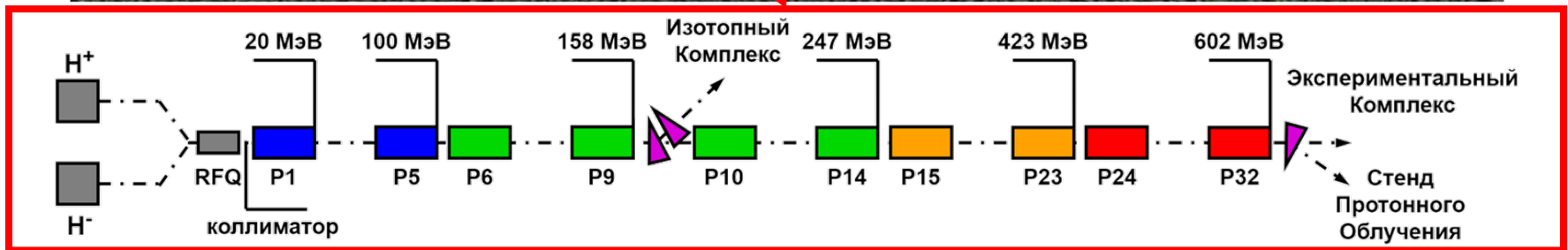
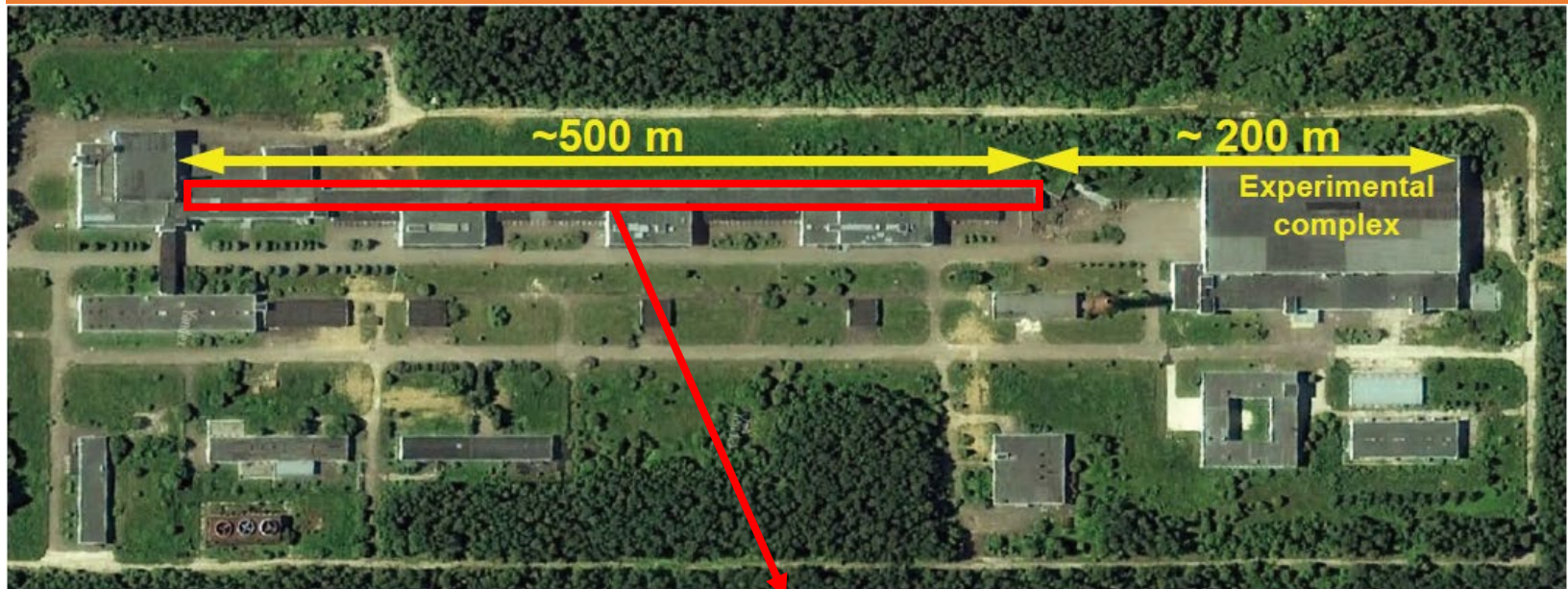
- Поиск слабо-взаимодействующих частиц:
аксионов, В-бозонов, миллизаряженных частиц
- Мюонная фабрика
- Нарботка антипротонов

Ускорительные эксперименты с поляризованным пучком:

- Поиск ЭДМ частиц
- Поиск аксионоподобных частиц
- Эксперимент TRIC

Требование: высокоинтенсивный протонный пучок из линейного ускорителя-инжектора.

Линейный ускоритель ИЯИ РАН



Параметры пучка:

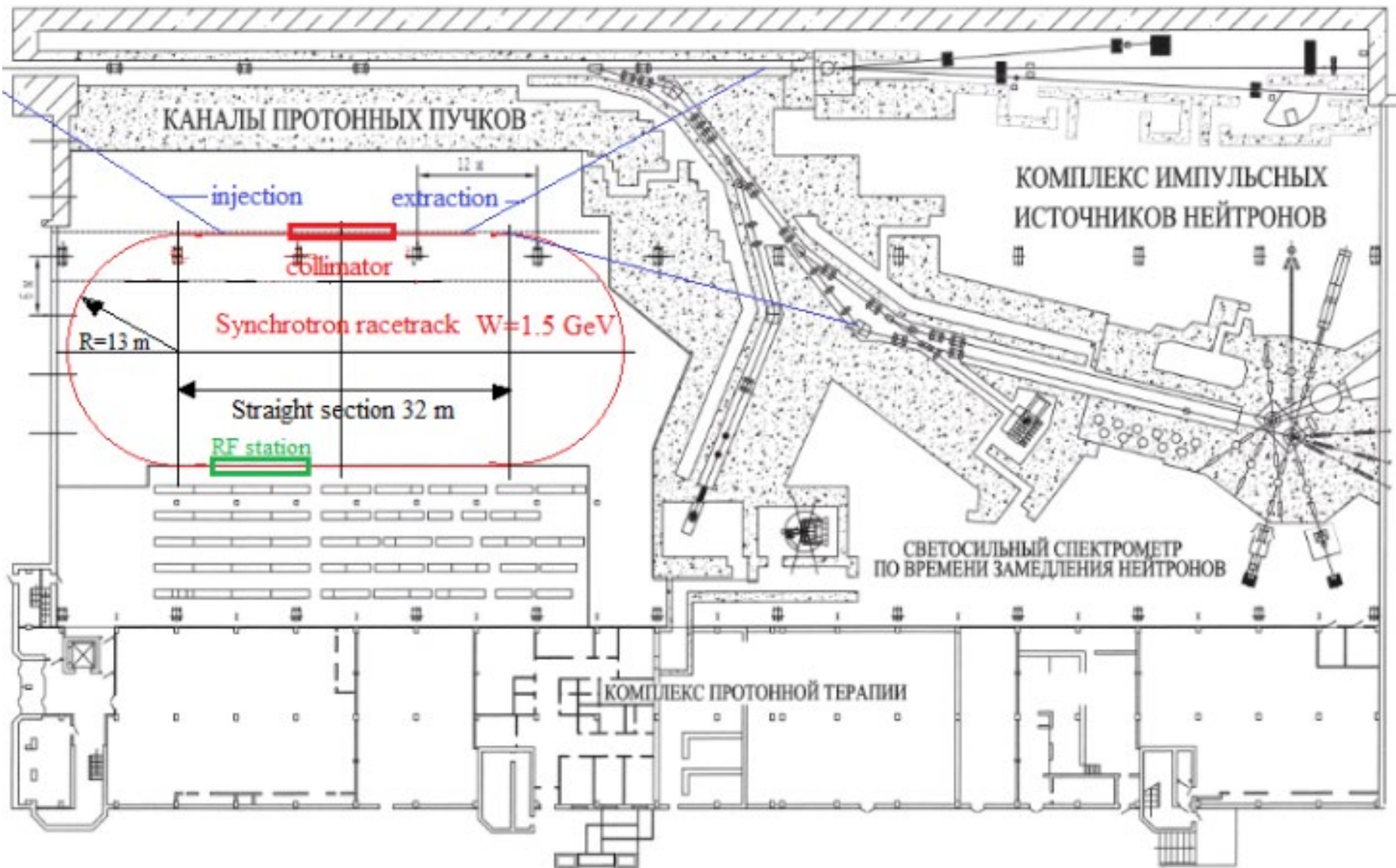
Энергия протонов: 423 МэВ импульсный ток: 50мА средний ток: 250 мкА

- Самый мощный и сильноточный линейный ускоритель ионов водорода в Евроазиатском регионе !

- Для повышения надёжности комплекса и увеличения тока пучка необходима модернизация систем ВЧ питания начальной части ЛУ.

В основе работа коллег: Л.В. Кравчука, А.В. Фещенко, С.А. Гаврилова, ...

Экспериментальный комплекс ИЯИ РАН



Searches for new light particles at the Troitsk Meson Factory (TiMoFey)

Sergey Demidov,^{1,2,*} Alexander Feschenko,¹ Dmitry Gorbunov,^{1,2,†} Alexander Izmaylov,¹ Dmitry Kalashnikov,^{1,2,‡}
Leonid Kravchuk,¹ Ekaterina Kriukova,^{1,3,§} Yury Kudenko,^{1,2,4} Nikita Mashin,¹ and Yury Senichev^{1,2}

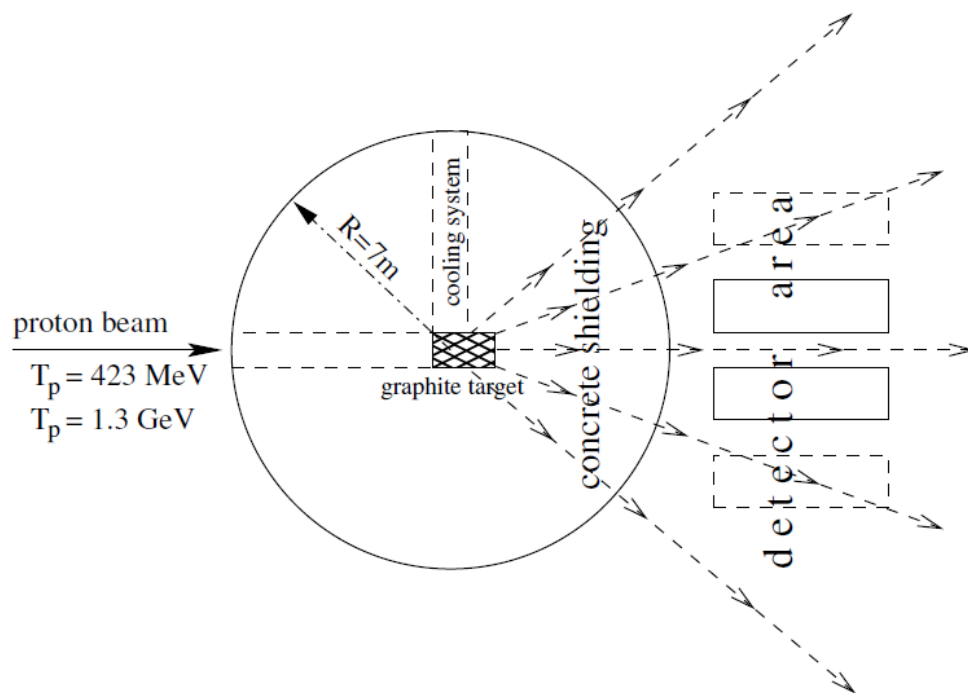
¹*Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, 117312 Moscow, Russia*

²*Moscow Institute of Physics and Technology, 141700 Dolgoprudny, Russia*

³*Lomonosov Moscow State University, 119991 Moscow, Russia*

⁴*National Research Nuclear University MEPhI, 115409 Moscow, Russia*

(Dated: August 2, 2025)



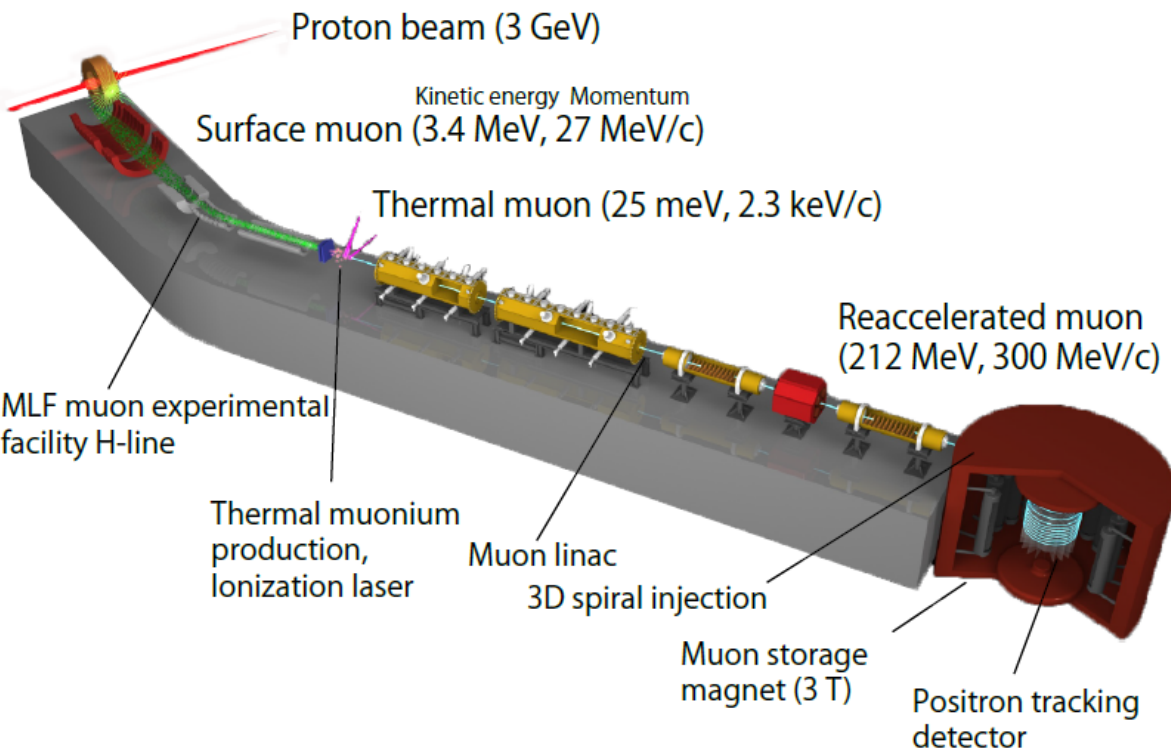
+ Доклад С.В. Демидова

Производство ALP, MCP, B-бозонов
Имеет mixing с производством
 π^\pm, π^0, η мезонов.

Измеряем ΔE в калориметре
от лептонных пар либо
от упругого рассеяния новой частицы.

Также ставим пластиковые
сцинтилляторы. Регистрируем фотоны
от электронов отдачи.

Мюонная фабрика



Вывод ГэВ-ного пучка из бустера на мишень

BNL-E821 → J-PARC (proposal)

Физика за пределами СМ:

$$1) \left(\frac{g-2}{2} \right)_{exp} - \left(\frac{g-2}{2} \right)_{SM} \sim 10^{-9}$$

2) Поиск ЭДМ:

$$d_{\mu} \sim 10^{-21} e \cdot cm$$

$$\frac{d\vec{S}}{dt} = \vec{S} \times (\vec{\Omega}_{MDM} + \vec{\Omega}_{EDM})$$

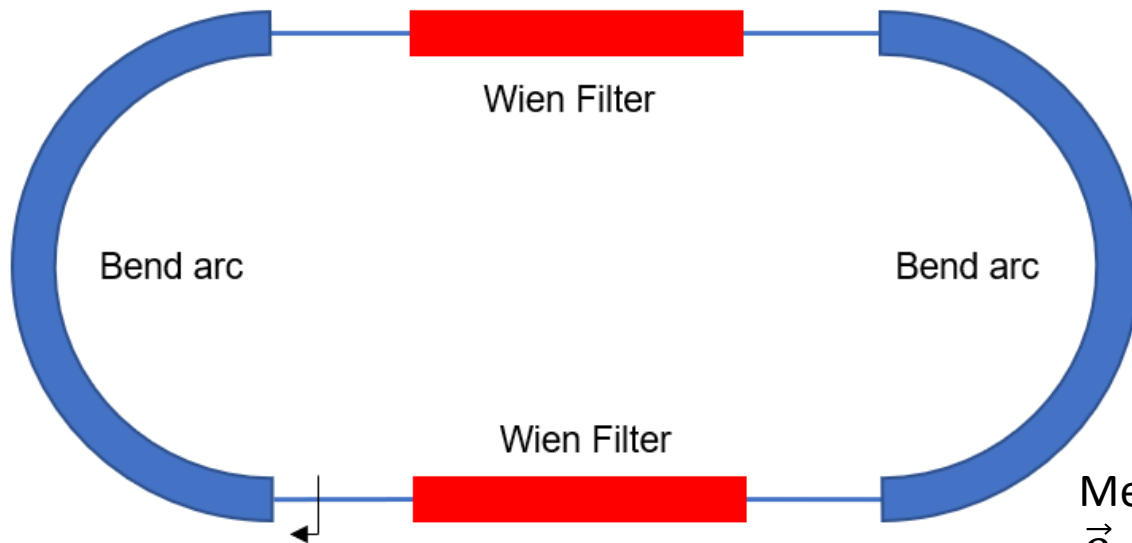
$$\vec{\Omega}_{MDM} = \frac{q}{m} \left[G\vec{B} - \left(\frac{1}{\gamma^2 - 1} - G \right) \frac{\vec{\beta} \times \vec{E}}{c} \right] \quad \vec{\Omega}_{EDM} = \frac{q\eta}{2m} \left[\vec{\beta} \times \vec{B} + \frac{\vec{E}}{c} \right]$$

Анализ спин-динамики по позитронам распада: $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_{\mu}$.

Напоминает антипротонную программу на AD/ELENA;

GS1 FAIR

ЭДМ и Аксион



1) Поиск ЭДМ:

$$d_p \sim 10^{-29} e \cdot cm$$

$$\frac{d\vec{S}}{dt} = \vec{S} \times (\vec{\Omega}_{MDM} + \vec{\Omega}_{EDM} + \vec{\Omega}_{wind})$$

$$\vec{\Omega}_{EDM} = \frac{q\eta}{2m} \left[\vec{\beta} \times \vec{B} + \frac{\vec{E}}{c} \right]$$

Метод замороженного спина:

$$\vec{\Omega}_{MDM} = 0 \quad \text{или} \quad \vec{S} \parallel \vec{P}, \text{ E+V дефлекторы.}$$

Для колец с магнитными арками – Метод квази-замороженного спина.

Для проекта бустера ТМФ измерение ЭДМ протонов возможно до 100 МэВ.

Основное ограничение – длина E+V вставок.

2) Поиск аксиона:

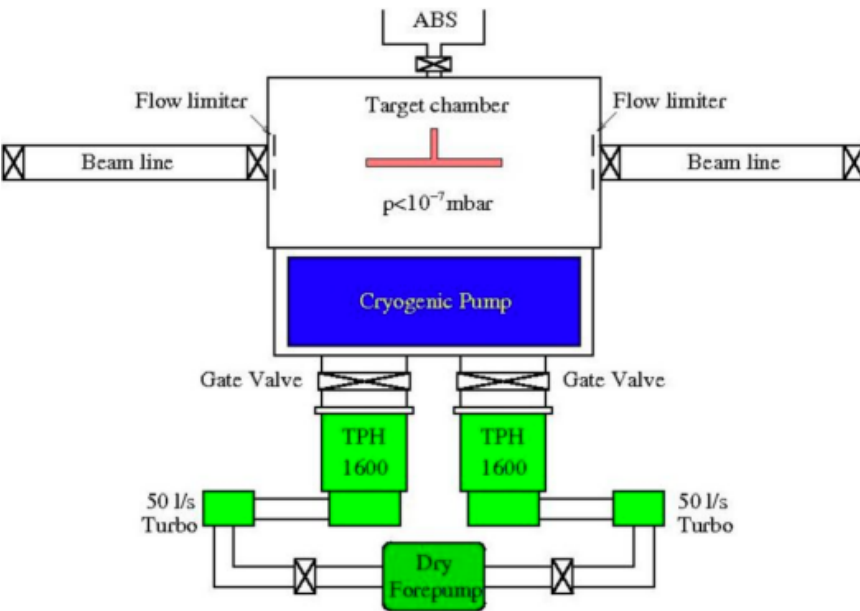
$$\vec{\Omega}_{wind} = -\frac{1}{S\hbar} \frac{c_N}{2f_a} [\hbar\partial_0 a(t)] \vec{\beta} \quad d_{ac} \sim a(t) = a_0 \cos[\omega_a(t - t_0) + \varphi_a(t_0)]$$

Ищем резонанс $\omega_{spin} = \omega_a$, сканируем по частоте спин-прецессии.

Ограничения на m_a в области $f_{spin} = 120$ кГц получены на COSY, магнитном кольце.

E+V вставки позволяют легче изменять f_{spin} и в более широком диапазоне масс.

Time Reversal Invariance experiment



- Магнитное кольцо,
- Инжектируем вертикально поляризованный p пучок,
- Исследуем зависимость $I(N)$ от рассеяния на d мишени.

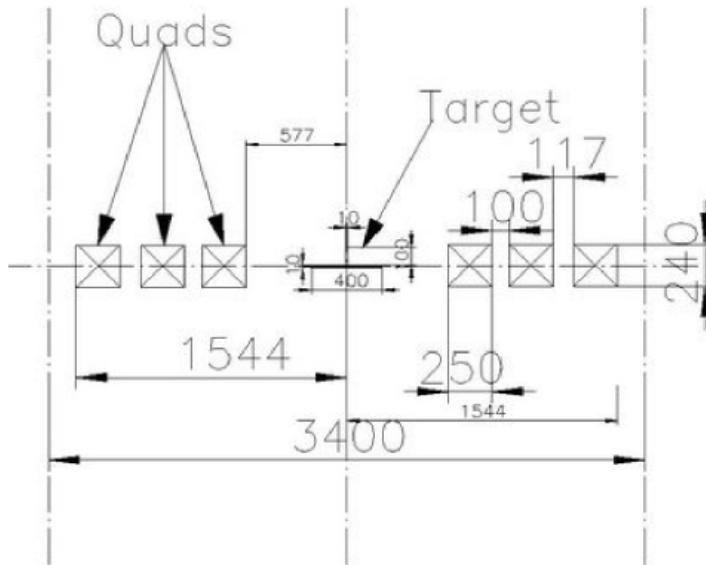
$$\sigma_{targ} = \sigma_0(1 + A_{y,xz} P_y^p P_{xz}^d)$$

$$\frac{I(N)}{I(0)} = \exp(-(\sigma_{targ} + \sigma_{ring}) \cdot \rho d N)$$

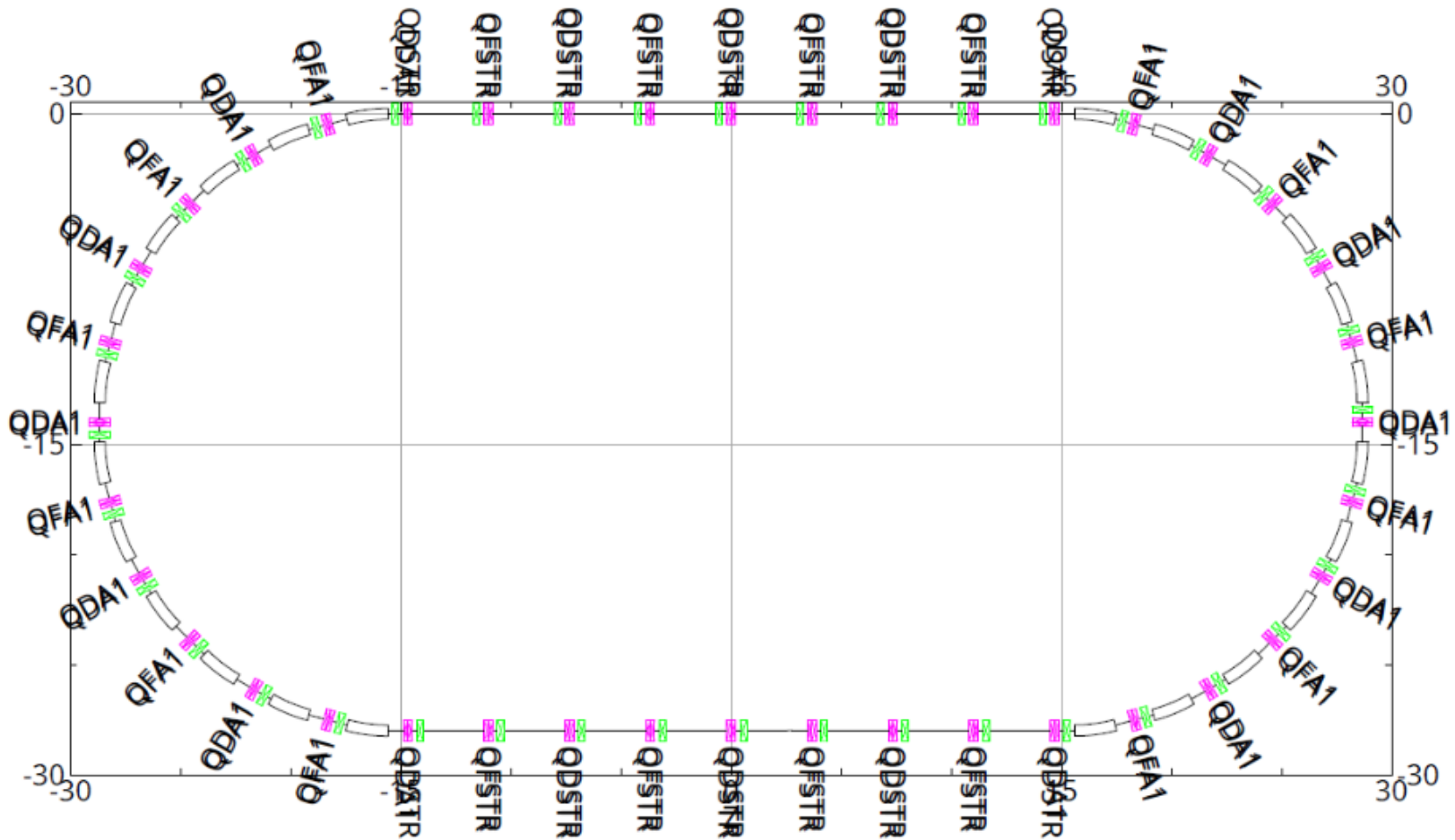
$A_{y,xz}$ нарушает CP-симметрию,
Изменяем P_y^p для учёта систематики,
Энергия протонов: 135 МэВ – 1 ГэВ.

Один из самых “компактных” в реализации экспериментов.

Работы по TRIC были начаты на COSY.

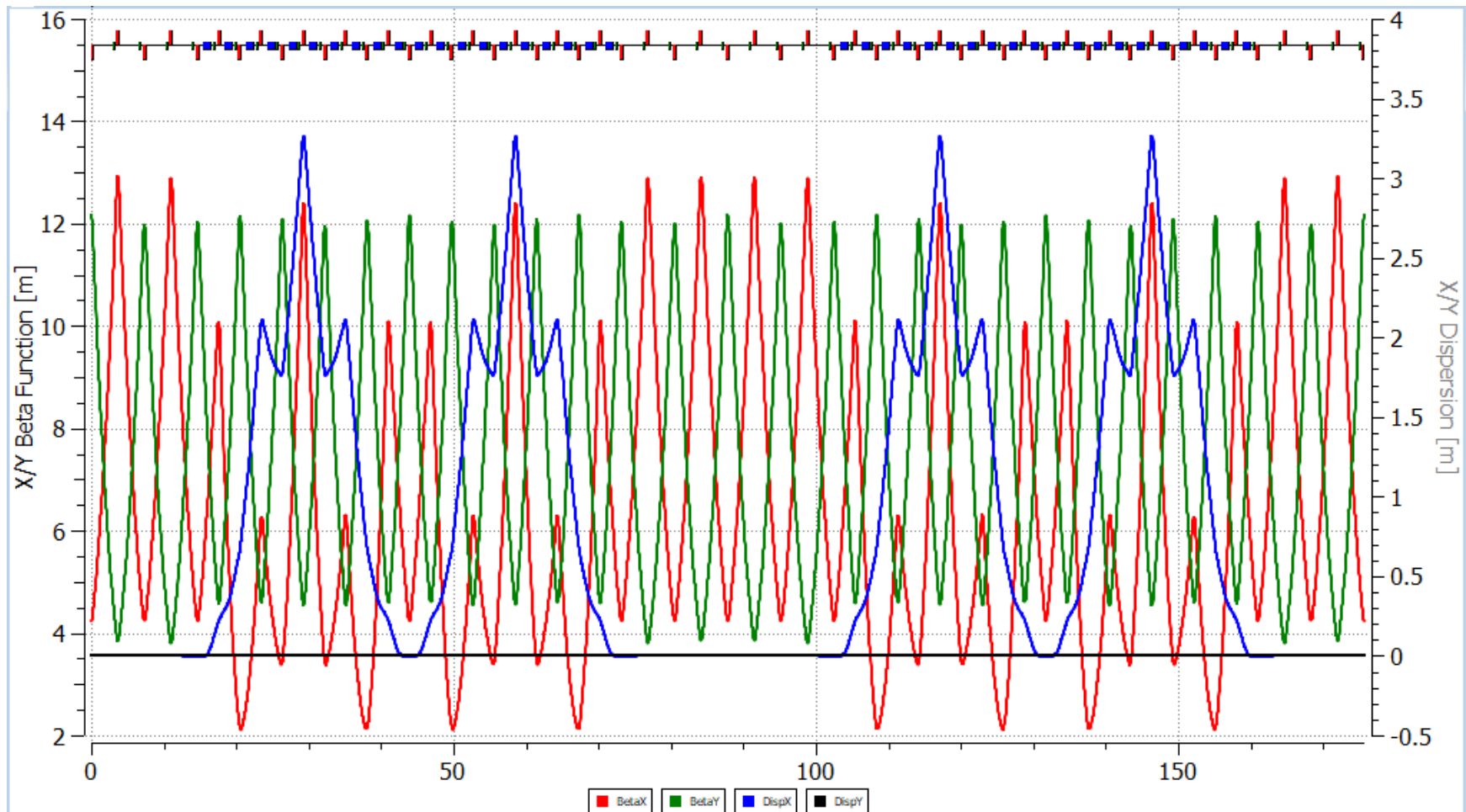


Синхротрон в ИЯИ



Общая длина: 169 м	Структура: FODO	Периодичн. арки: 2
Начальная энергия: 400 МэВ	Бетатронные частоты $Q_x = 5.4$, $Q_y = 4.1$	Длина ss: 30м
Конечная энергия: 1500 МэВ	Макс мультиполи: секступоли	Промежуток ss: 3 м

Синхротрон в ИЯИ



Оценка стоимости ускорителя:

Диполь: 7.5 млн. ₴ × 24 = 180 млн. ₴

Квадруполь: 12.5 млн. ₴ × 20 = 250 млн. ₴

Σ ~ 400 млн. ₴ (5 млн. \$)

Реалистично: 15 млн. \$

Troitsk Meson Factory

Представлен проект кольцевого ускорителя

Для реализации комплекса Troitsk Meson Factory и проекта TiMoFey, включённого в Национальную Программу “Фундаментальные свойства материи”.

Представлена широкая физическая программа передовых исследований по Поиску нарушения фундаментальных симметрий и новых частиц на данном комплексе.

*При создании бустера+основного кольца: Изучение свойств нейтрино на имеющихся установках BNO и Baikal-GVD.

Данная кольцевая машина раскрывает возможности Линейного Ускорителя ИЯИ РАН, Самого мощного и сильноточного в Евроазиатском регионе.

По мере реализации кольцевой машины необходимо усовершенствование систем Линейного Ускорителя.