



**Измерение сечения реакции  $dd$  синтеза поляризованных дейтронов при низких (10-100 кэВ) энергиях.**

**Measurement of the cross section of the  $dd$  fusion of polarized deuterons at low (10-100 KeV) energies.**



Идея использования поляризованных частиц для термоядерного синтеза в реакциях обсуждалась в

R.M. Kulsrud *et al.*, Phys. Rev. Lett. 49(1982)1248  
Proc. RCNP Workshop on Spin Polarized Nucl. Fusion (POLUSION99), ed. M. Tanaka (RCNP Osaka 1999).

При этом основными задачами использования поляризованных дейтронов являются:

- прекращение или подавление реакций с выходом нейтронов в пользу реакции с заряженными частицами;
- изменение углового распределения частиц – продуктов реакций;
- увеличение сечения реакции.



Основными “игроками” в реакциях термоядерного синтеза являются:

**$^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $\text{D}$ .**

Все они поляризуются известными методами!

Реакцию



мы не рассматриваем, так как не получить достаточной светимости методиками газовых пучков и мишеней.

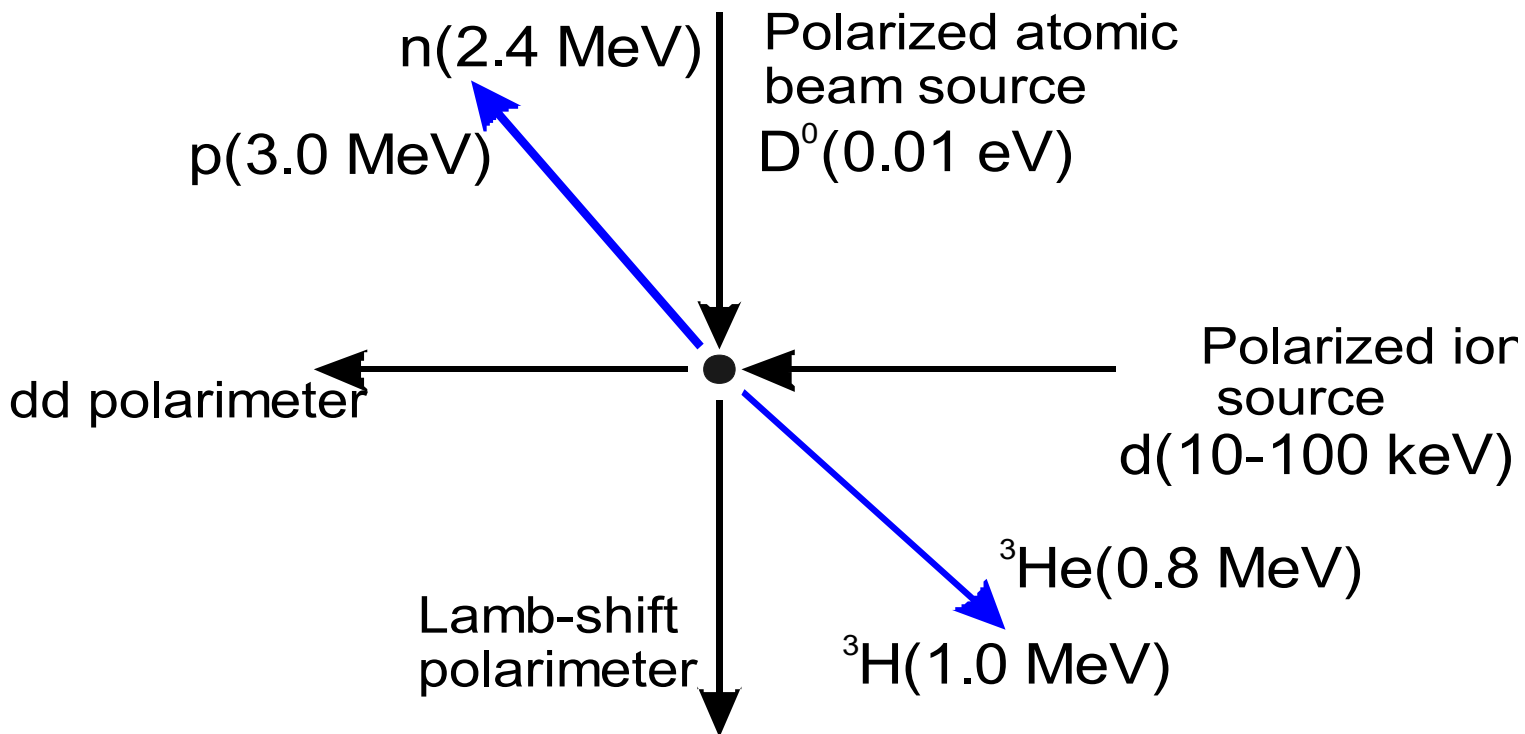
Реакцию



мы рассматриваем возможным следующим этапом эксперимента, хотя она изучена неплохо.



Задачей предлагаемого проекта является исследование 4-х нуклонных реакций в dd синтезе с поляризованными дейтронами



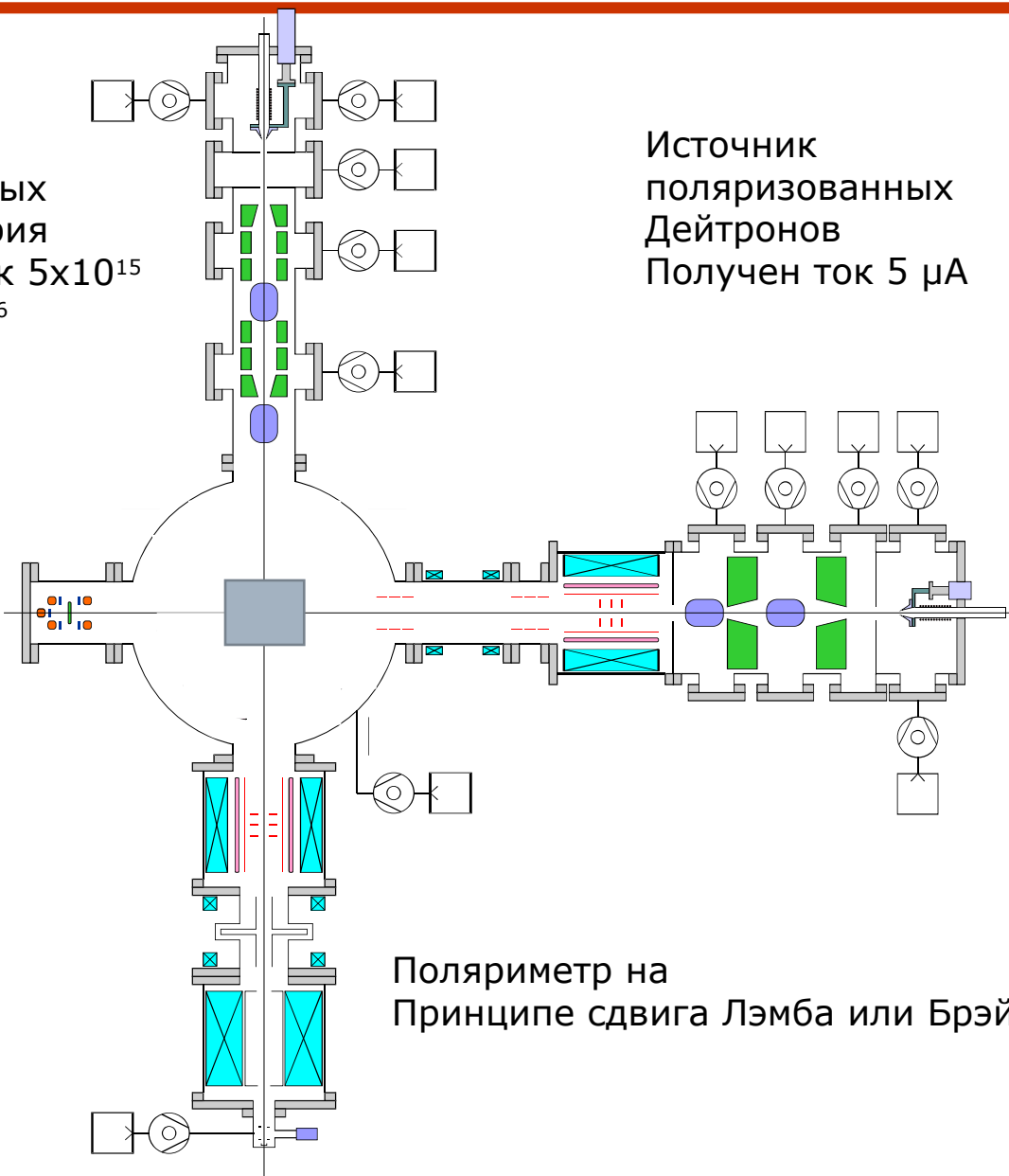
**Предлагаемый эксперимент будет первым экспериментом при низких энергиях, в котором и мишень и налетающая частица поляризованы !**



# Структура установки

Источник  
поляризованных  
атомов дейтерия  
Получен пучок  $5 \times 10^{15}$   
Лучшие  $4 \times 10^{16}$

Источник  
поляризованных  
Дейтронов  
Получен ток  $5 \mu\text{A}$

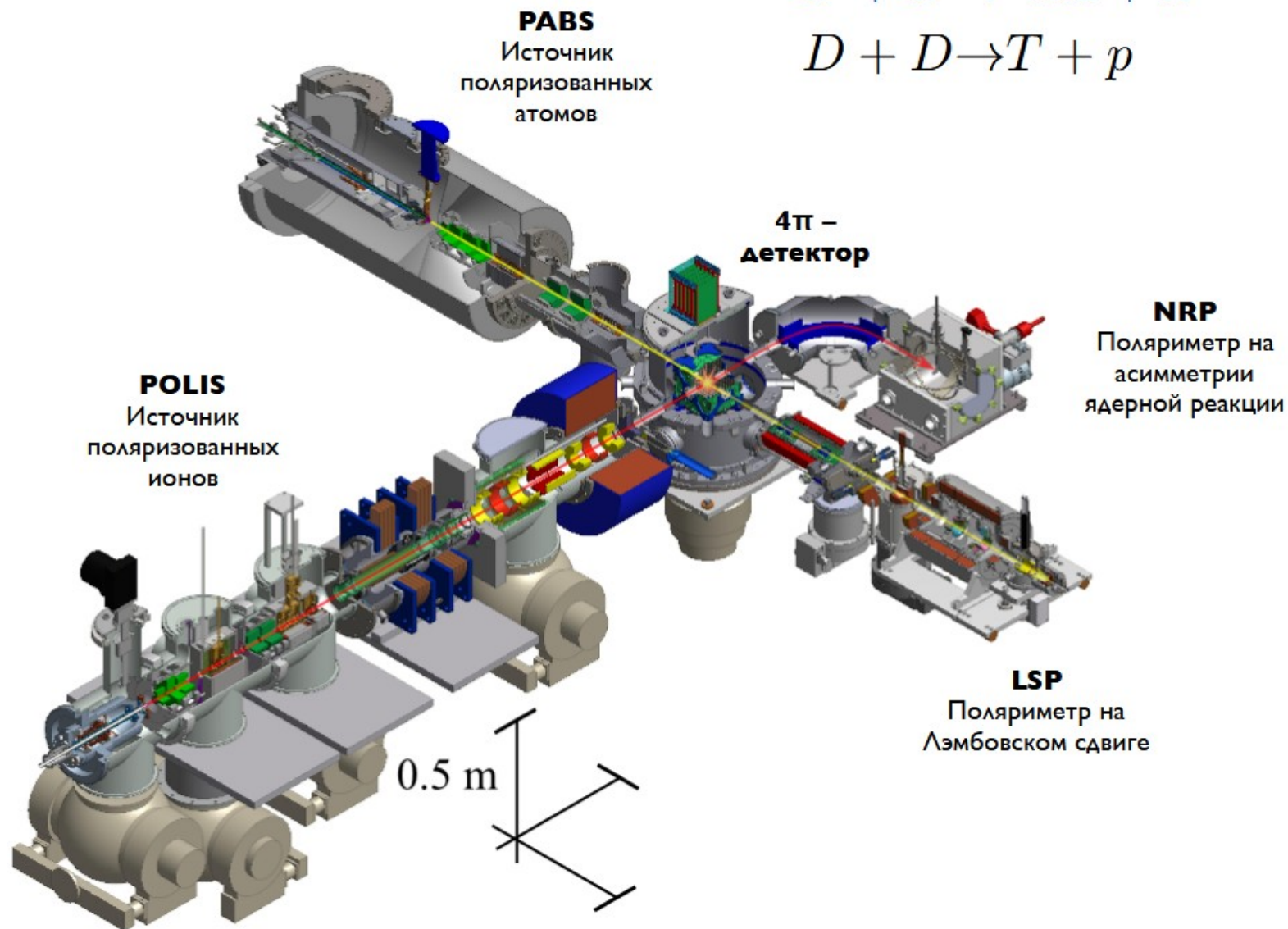
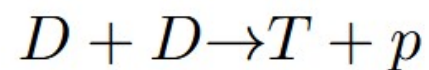
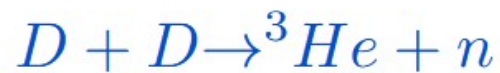


Поляриметр на  
Ядерной реакции  
dd синтеза  
Протестирован на  
тяжеловодной  
мишени

Поляриметр на  
Принципе сдвига Лэмба или Брэйт-Рабби



# 3D модель установки





Низкий поток атомарного дейтерия

Получен пучок  $5 \times 10^{15}$  атомов/с

( Лучшие  $4 \times 10^{16}$ )

Низкий ток ионов дейтерия

Получен ток 5  $\mu\text{A}$

Заложим в расчёт времени набора статистики следующие параметры  
(пучок с электронной поляризацией, но без ядерной)

- источник поляризованных атомов дейтерия

Интенсивность:  $10^{16}$  at/s

Размер :  $\varnothing 10$  mm

Скорость : 1000 m/s

Векторная поляризация :  $\pm 0.7$

Это позволяет сделать мишень с плотностью:  $10^{11}$  at/cm<sup>2</sup>

- источник поляризованных дейтронов

Ток источника: 30  $\mu\text{A}$

Размер :  $\varnothing 10$  mm

Энергия : 10-100 keV

Векторная поляризация :  $\pm 0.7$



Энергия, keV	Сечение, mbn	Светимость, 1/min	Время набора 10000, h
10	0.09	0.17	988
20	0.27	0.51	329
30	1.16	2.18	77
40	2.27	4.26	39
50	4.65	8.72	19
60	6.93	12.99	13
70	9.24	17.33	10
80	11.38	21.34	8
90	14.08	26.40	6
100	16.44	30.83	5

На сегодняшний день светимость ниже «запланированной» в 12 раз.

При наборе поляризованных сечений время набора надо умножить еще на 9 (2/3 атомов и ионов дейтерия с «неправильной» ядерной поляризацией отсеиваются).

Для самой возможности проведения эксперимента требуется повышение интенсивностей!

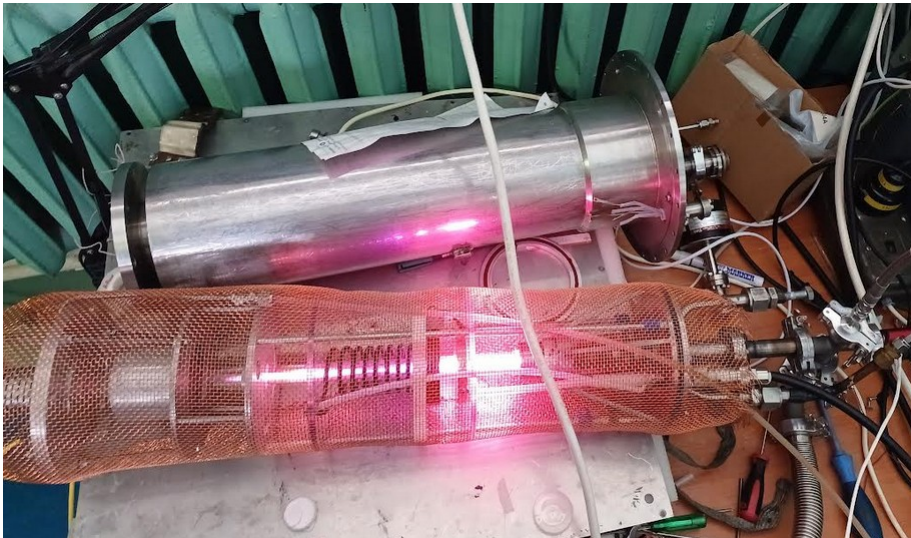




## Диссоциатор

Было установлено, что интенсивности падают в несколько раз за первый час работы источника.

В других поляризованных источниках (COSY, DESY) интенсивности выросли на 50% за первые несколько часов работы.



Источником проблем было замыкание плазмы (13.6 МГц) на сопло диссоциатора с разрушением поверхностного слоя и резким уменьшением количества атомарного дейтерия. На сегодняшний день проблема устранена изменением контура накачки.



В 2023 году у нас закончились запасы дейтерия с пузырьковой камеры и 3 литра тяжелой воды.

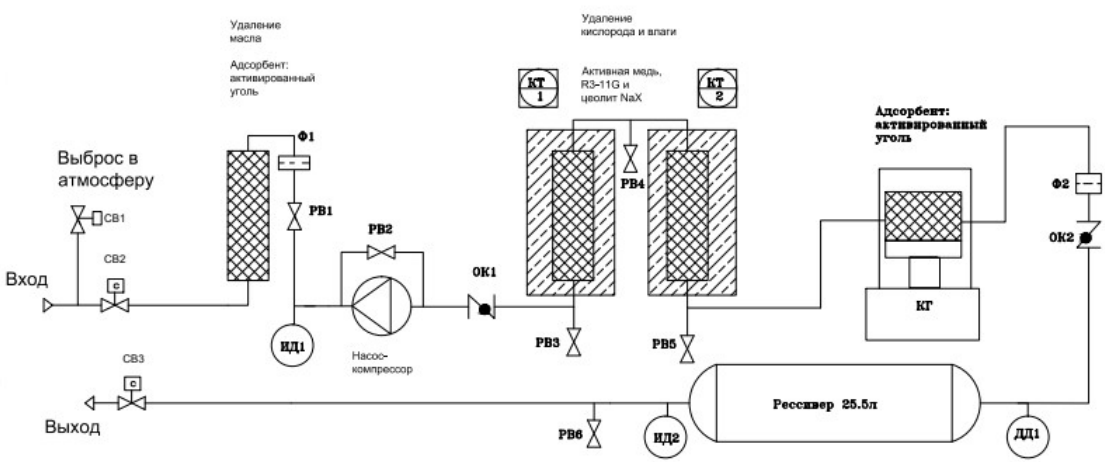
Расход дейтерия при работающей установке  $2 \text{ см}^3/\text{с}$   
Стандартный расход в сутки около 200 литров дейтерия или 200 грамм тяжелой воды.

Решения вопроса получения тяжелой воды вызвало проблемы.

Была поставлена задача сбора и очистки дейтерия для последующего использования



# Повторное использование дейтерия



Предполагается повторно использовать  
Не менее 90 % дейтерия.  
В этом случае годовое потребление  
Тяжелой воды с 30 литров  
уменьшится до 3-х.





## Коллектив PolFusion уменьшился

Сотрудники, покинувшие коллектив

2022 год. Ст. ин. Никаноров А.Г.

н.с. Соловьев И.Н.

2023 год с.н.с. Микиртычьянц С.М.

с.н.с. Ившин К.А.

с.н.с. Взнуздаев М.Е.

н.с. Соловьев А.Н.

м.н.с. Андреянов А.В.



Спасибо за внимание!