



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

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

Место проведения эксперимента:
Петербургский институт ядерной физики, Гатчина.

Участники проекта:
Петербургский институт ядерной физики, Гатчина, Россия
Forschungszentrum Jülich, Jülich, Germany
University of Cologne, Germany
Kernfysisch vershneller instituut, Groningen, The Netherlands

Текущее финансирование:
Российская Академия наук
Deutsche Forschungsgemeinschaft
МНТЦ, проект #3881

Сроки проведения эксперимента:
2009-2012



Идея использования поляризованных частиц в реакциях синтеза 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 предполагаемыми преимуществами 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 ядерного синтеза являются:



Все они поляризуются известными методами!

Реакцию



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

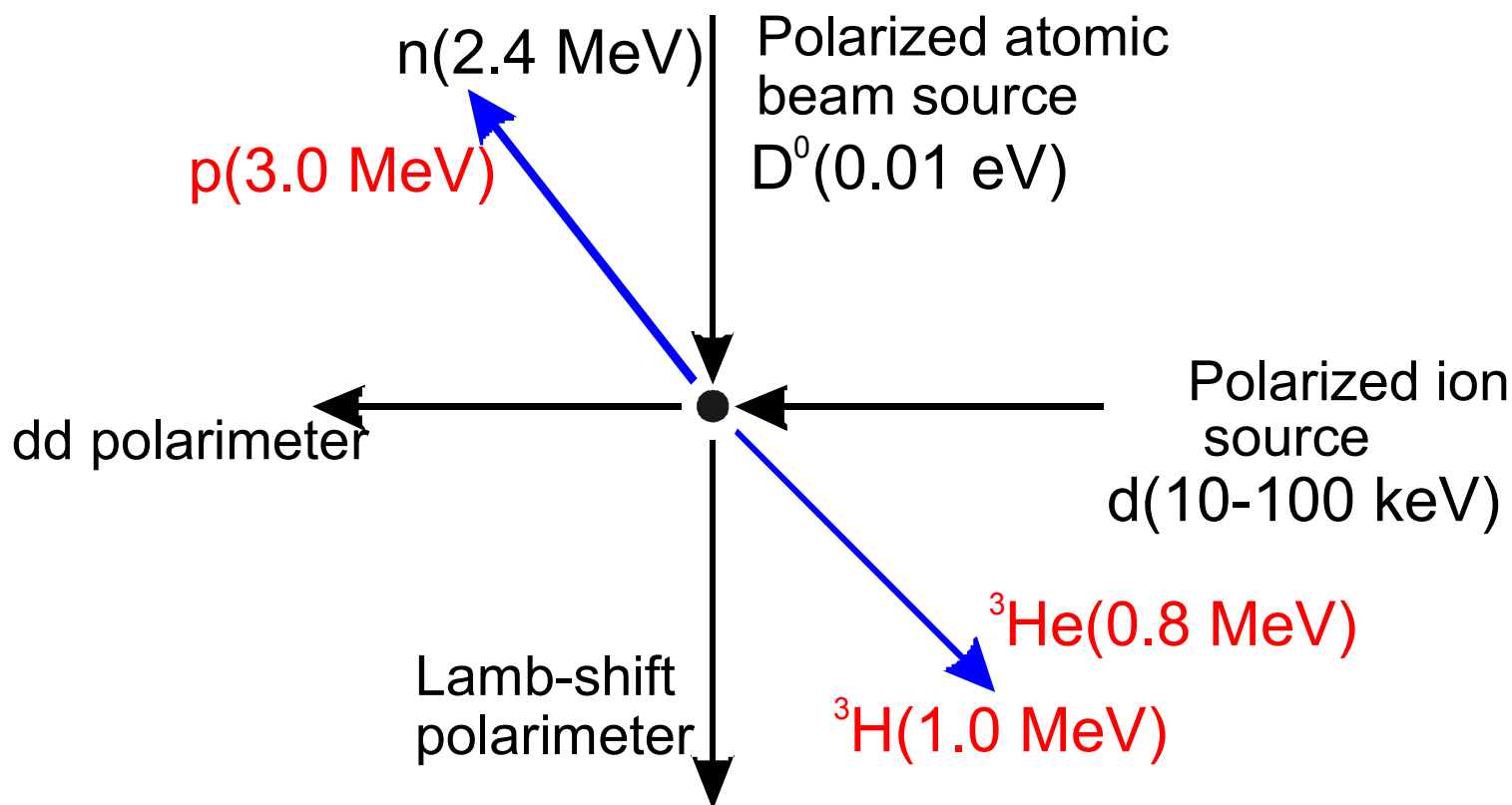
Реакцию



мы рассматриваем следующим этапом эксперимента (2013-2015).



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

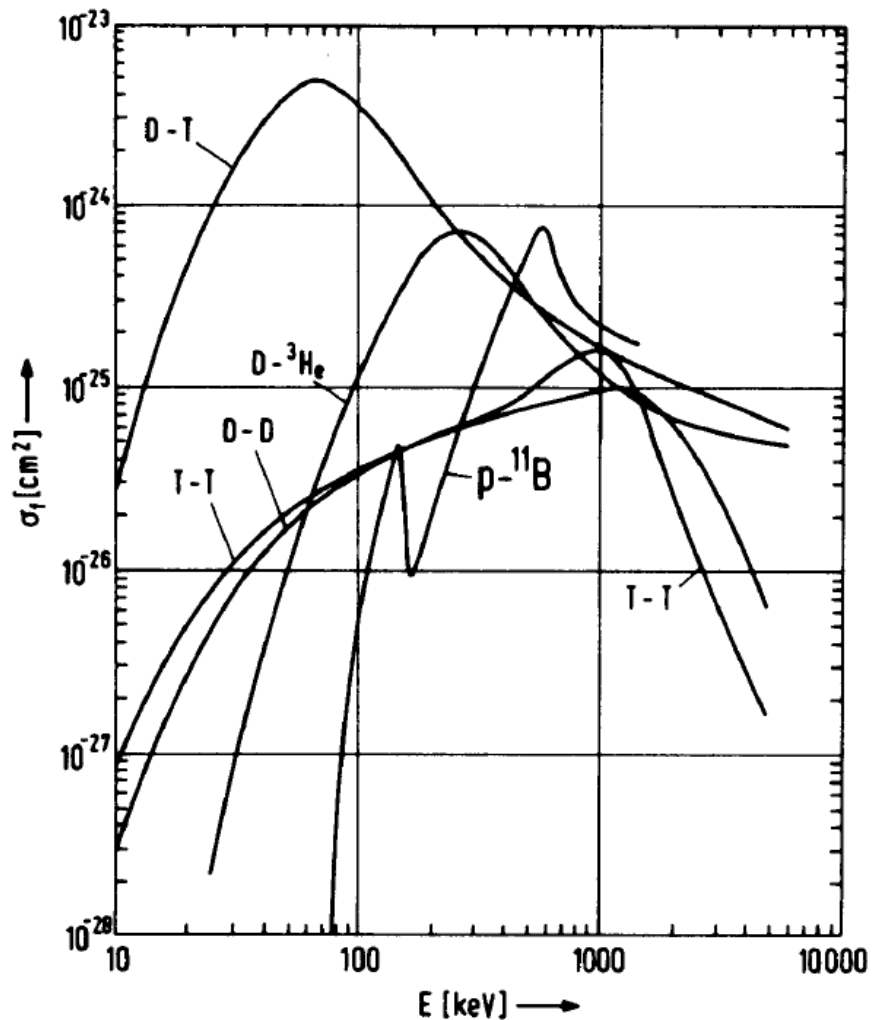


Предлагаемый эксперимент будет первым экспериментом при низких энергиях, в котором и мишень и налетающая частица поляризованы !



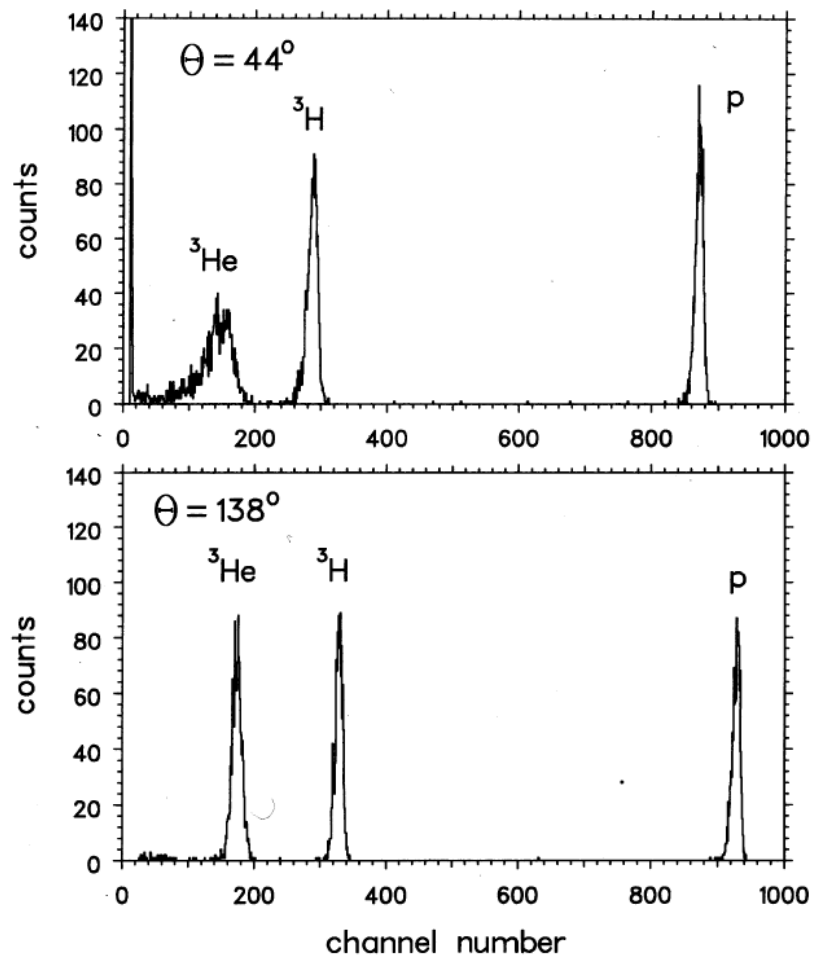
Сечения реакций синтеза

Интегральное сечение реакций синтеза

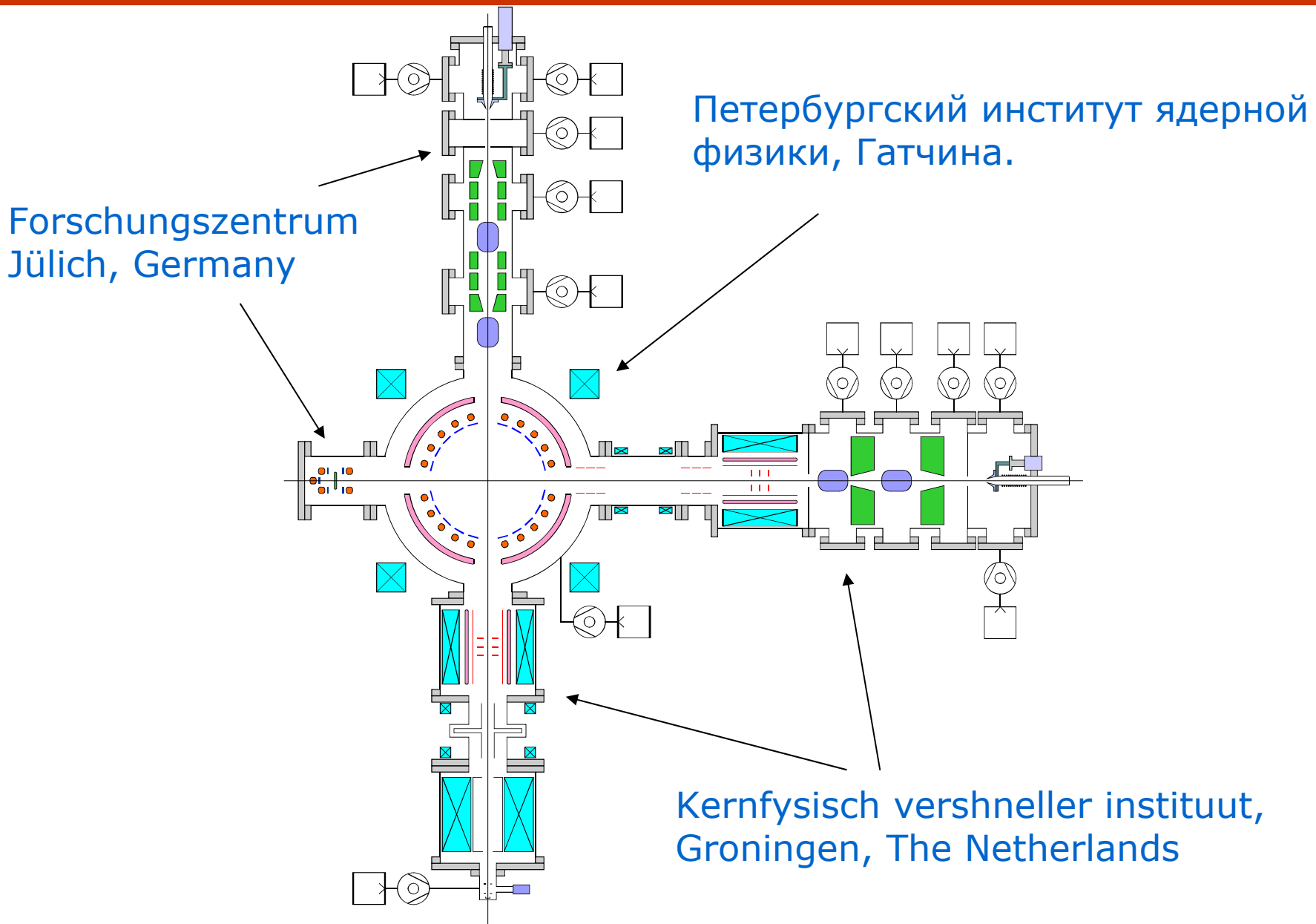


J. Raeder *et al.*, *Kontrollierte Kernfusion*, Teubner, Stuttgart, 1987

Регистрация вторичных частиц полупроводниковыми детекторами Мишень CD_2 .

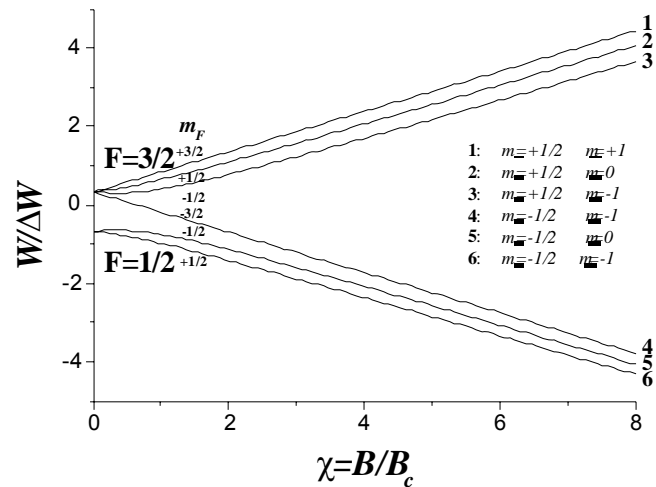
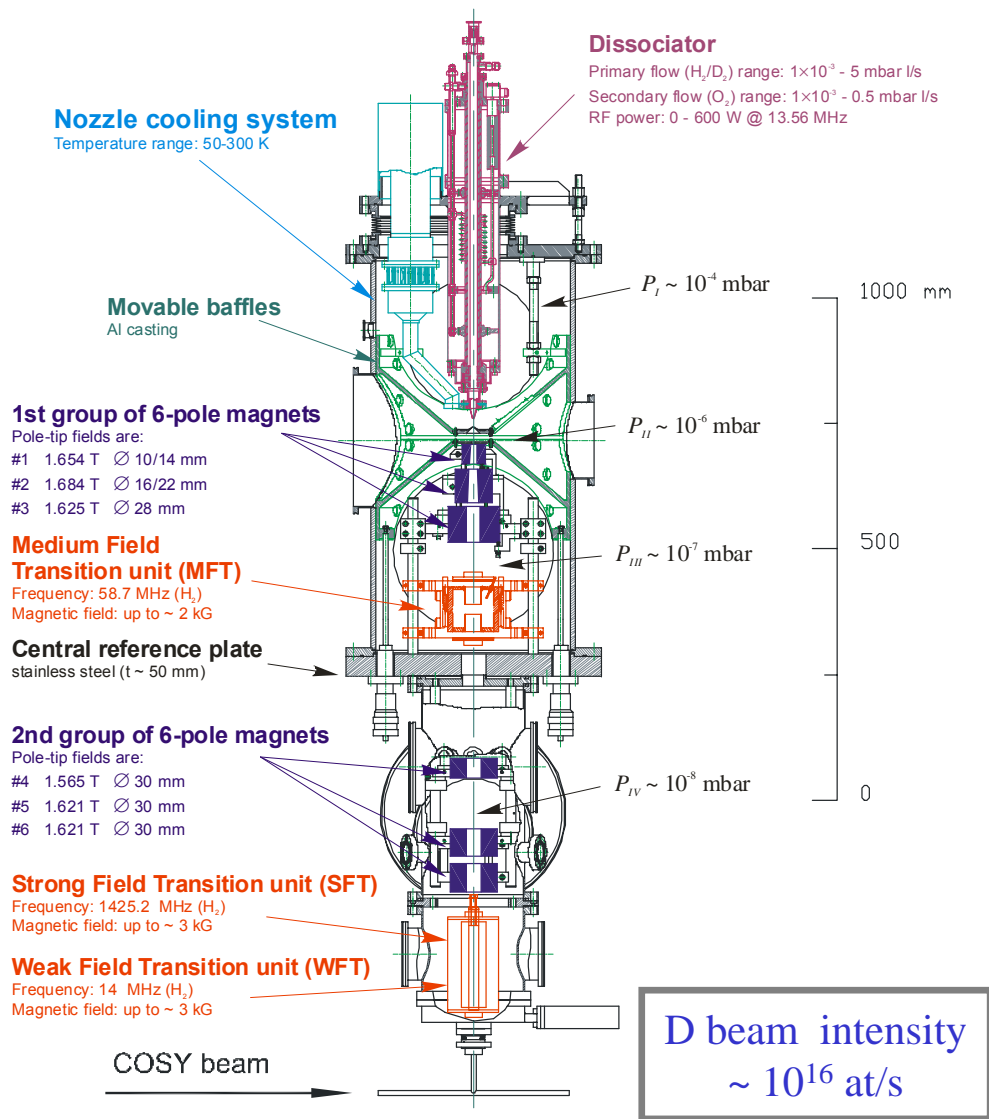


A. Imig, Ph.D. dissertation, Uni Koeln, 2005



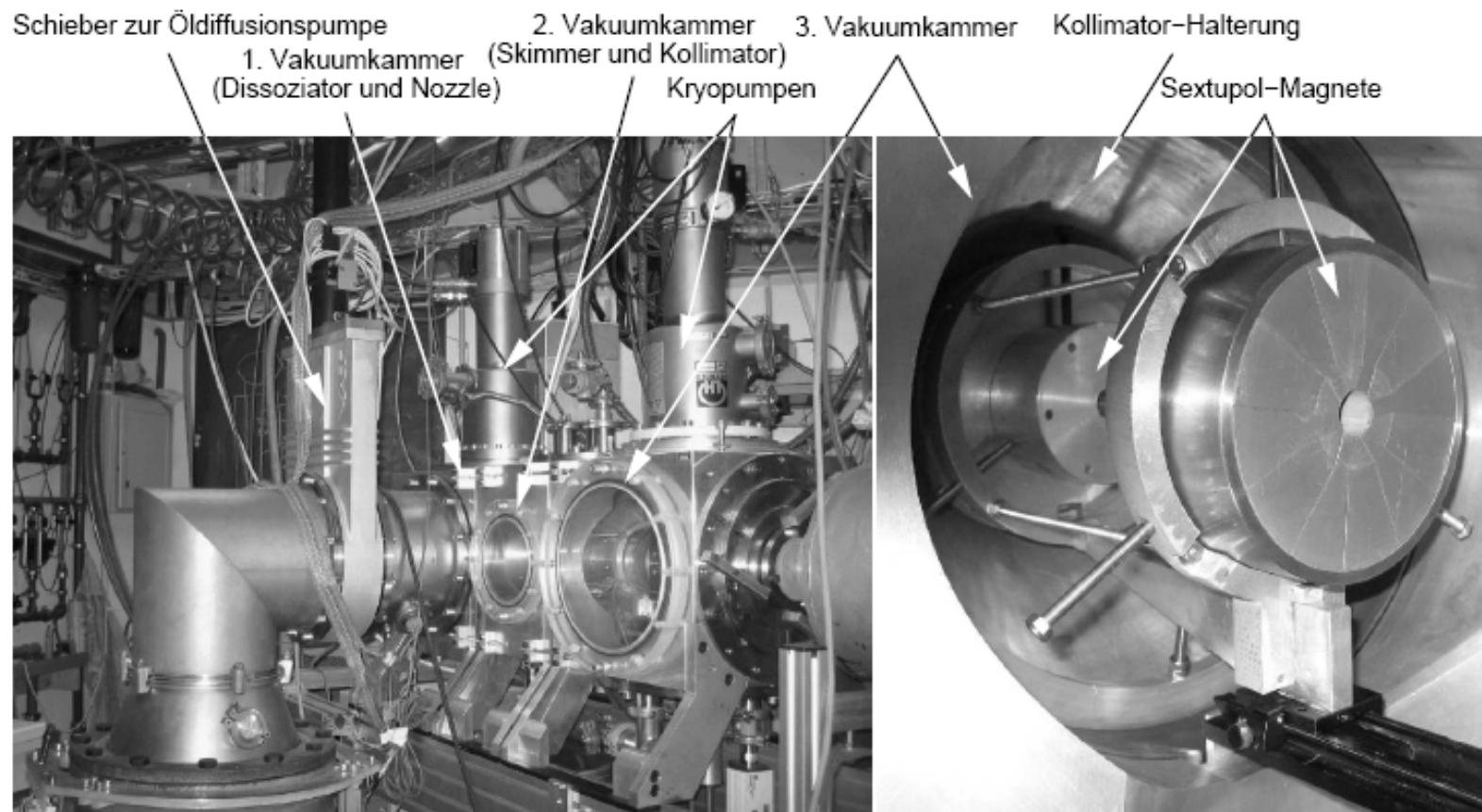


Создание ядерной поляризации в атомарном дейтерии



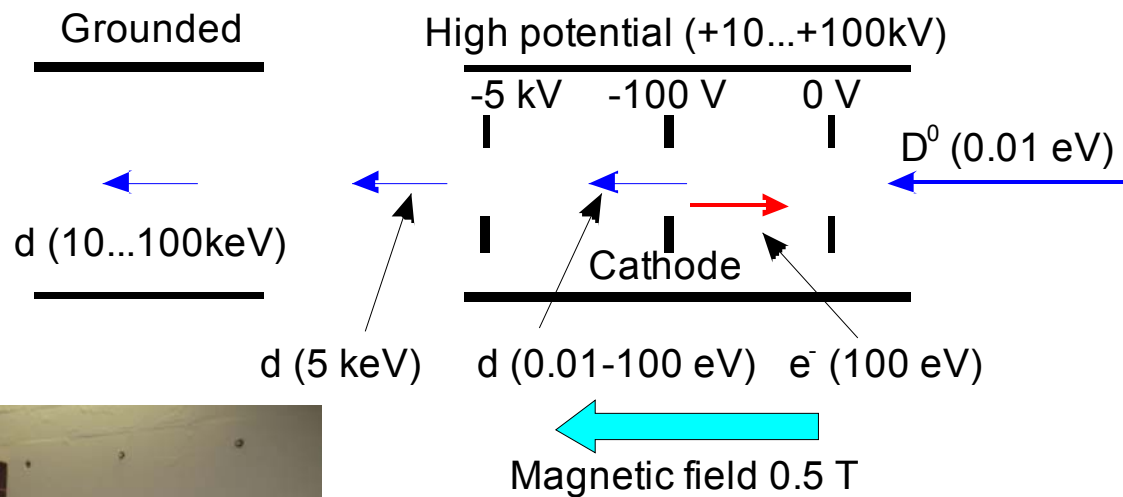


Источник поляризованных атомов дейтерия, Кёльн



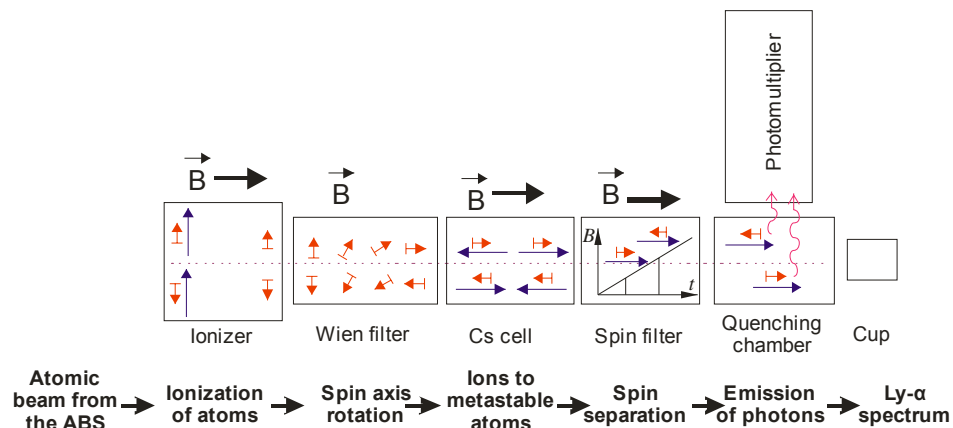


Получение пучка ионов, Гронинген

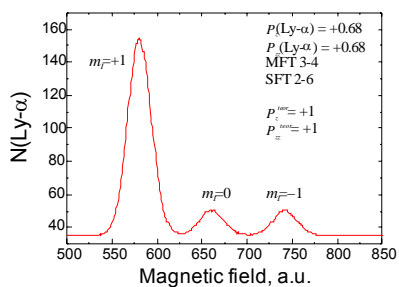




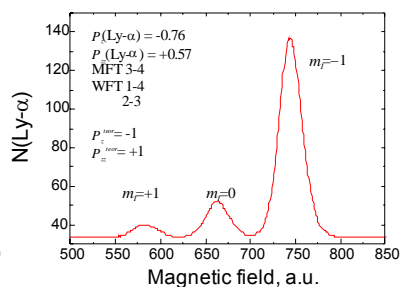
Измерение поляризации



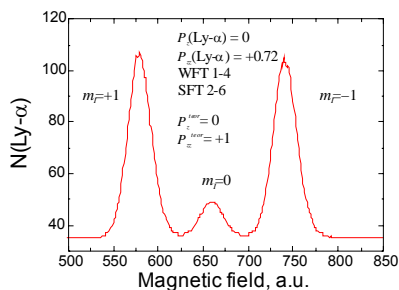
Deuterium



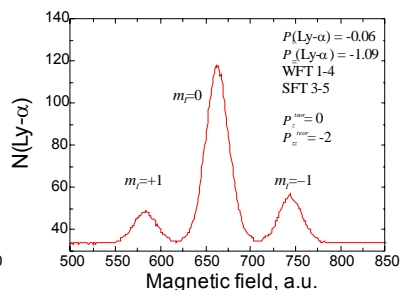
$P_z = 0.73 \pm 0.05$



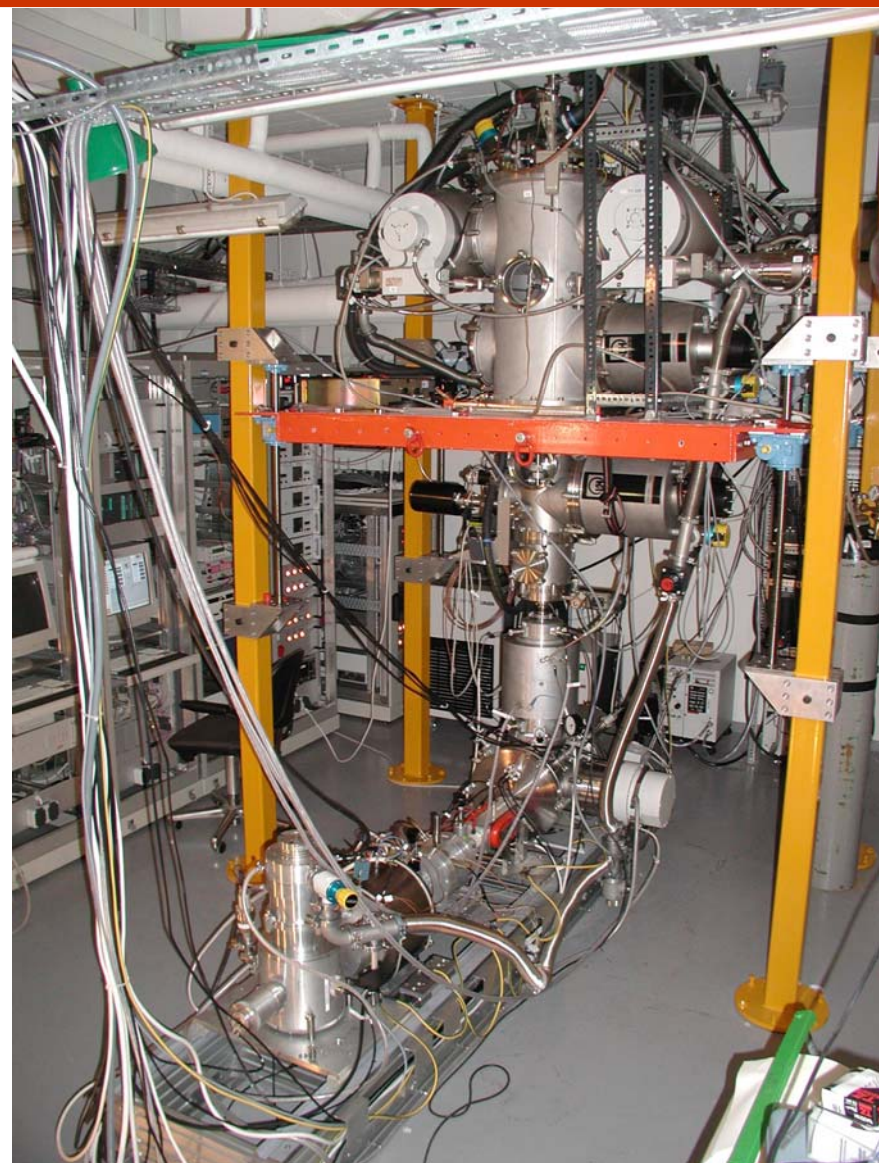
$P_z = -0.82 \pm 0.06$



$P_z = 0.77 \pm 0.06$



$P_z = -1.17 \pm 0.08$

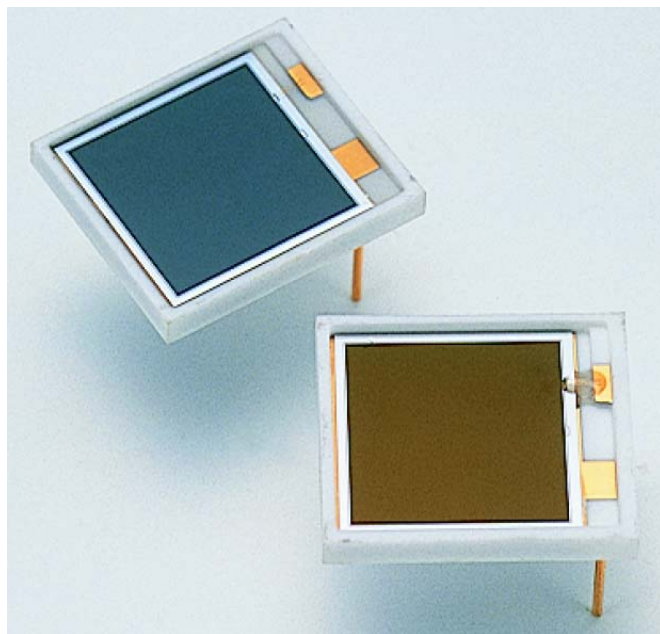




HAMAMATSU Si PIN photodiode S3590

■ General ratings / Absolute maximum ratings

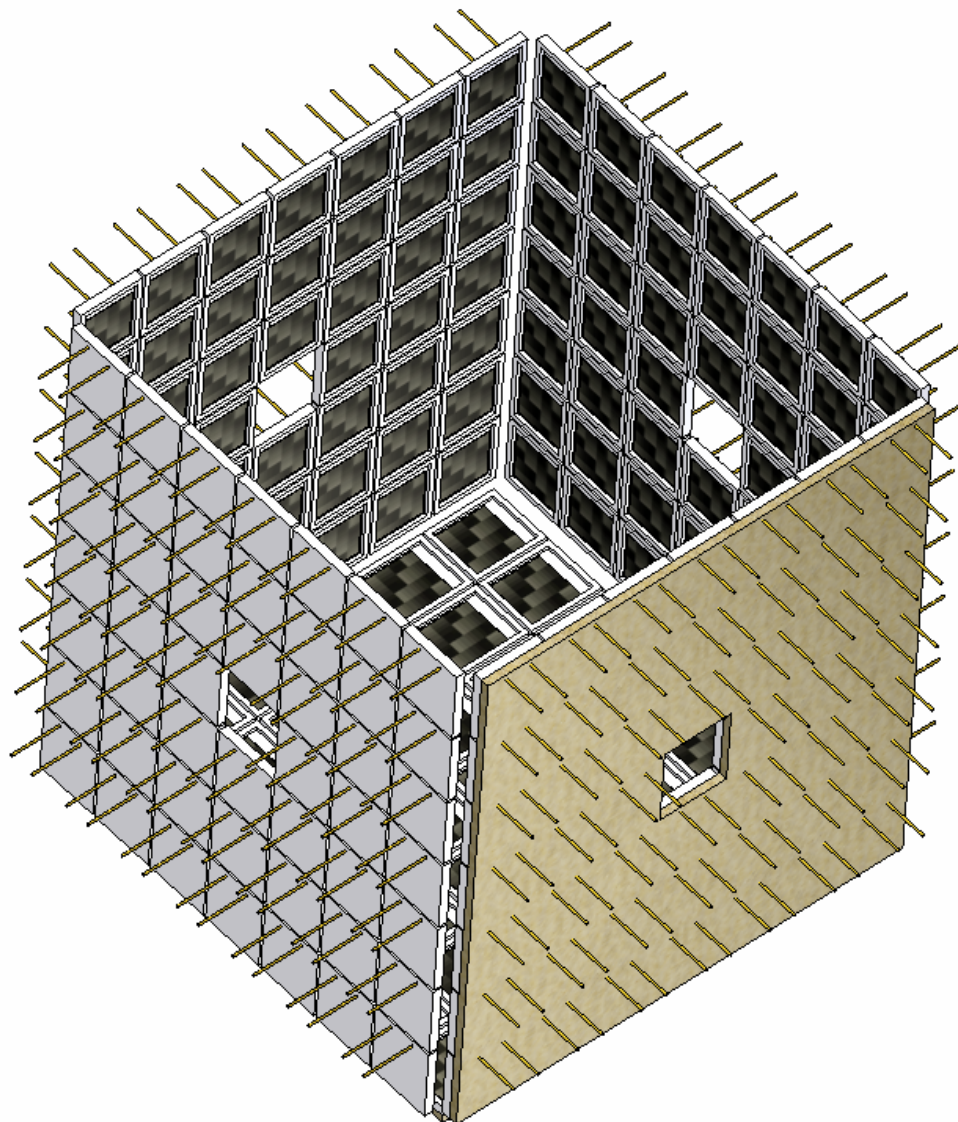
Type No.	Window material	Active area (mm)	Depletion layer thickness (mm)	Absolute maximum ratings			
				Reverse voltage VR Max.	Power dissipation P (mW)	Operating temperature Topr (°C)	Storage temperature Tstg (°C)
S3590-08	Epoxy resin	10 × 10	0.3	100	100	-20 to +60	-20 to +80
S3590-09	Window-less						



1. Фотодиоды закрывают 60% телесного угла
2. Необходимое угловое разрешение 15°

При максимально плотной упаковке на радиусе 60 мм это приводит к 240 фотодиодам.

Энергетическое разрешение 17 кэВ (получено в BNL, USA)!





Планируемые характеристики установки

- Источник поляризованных атомов дейтерия:

Интенсивность : 10^{16} at/s

Размер пучка : $\varnothing 10$ mm

Скорость : 1000 m/s

Векторная поляризация : ± 0.7

Это позволяет сделать мишень с плотностью 10^{11} at/cm²

- Источник поляризованных дейтронов

Ток источника : 50 μ A

Размер : $\varnothing 10$ mm

Энергия : 10-50 keV

Векторная поляризация : ± 0.7

Энергия, keV	Сечение, mbn	Счетность, 1/min	Время набора стат., 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



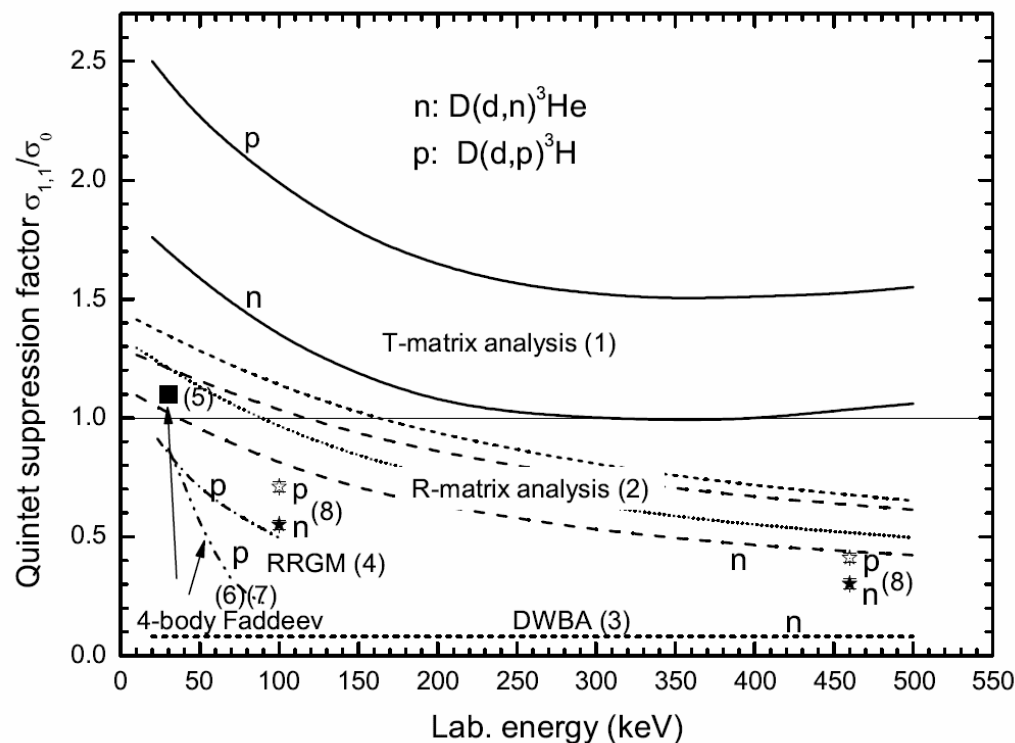
Первый эксперимент

Есть ли подавление канала реакции при взаимодействии дейтронов с параллельными спинами?

При суммарном спине дейтронов 2 (параллельные спины- quintet state) предполагалось, что данный канал будет существенно подавлен, так как для синтеза требуется поворот спина.

Непрямые эксперименты показывают, что это не так!

Различные теоретические модели предсказывают противоречивые результаты!



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

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

σ_0 - полное(интегральное) сечение

Необходима постановка прямого эксперимента!



Предлагается выполнить первый эксперимент по измерению сечения реакции dd синтеза с поляризованными исходными частицами

Для этого:

- создана коллаборация специалистов в области поляризационных экспериментов:
 - ПИЯФ, Россия;
 - FZ – Juelich, Germany;
 - KVI, the Netherlands;
 - University of Cologne, Germany;
 - обсуждается участие Ferrara University, Italy
- собраны основные установки:
 - источник поляризованных дейтронов;
 - ионный поляризованный источник;
 - поляриметр на основе Лэмбовского сдвига.
- в настоящий момент разрабатываются
 - dd поляриметр;
 - детекторная система.

Эксперимент по исследованию dd синтеза предполагается выполнить в Петербургском институте ядерной физики в 2009-2012 годах.

Следующий этап эксперимента по исследованию $d^3\text{He}$ синтеза с поляризованными компонентами предполагается выполнить в 2013-2015 годах.