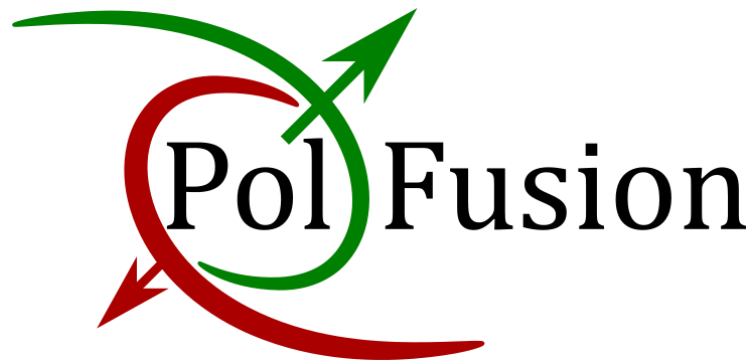
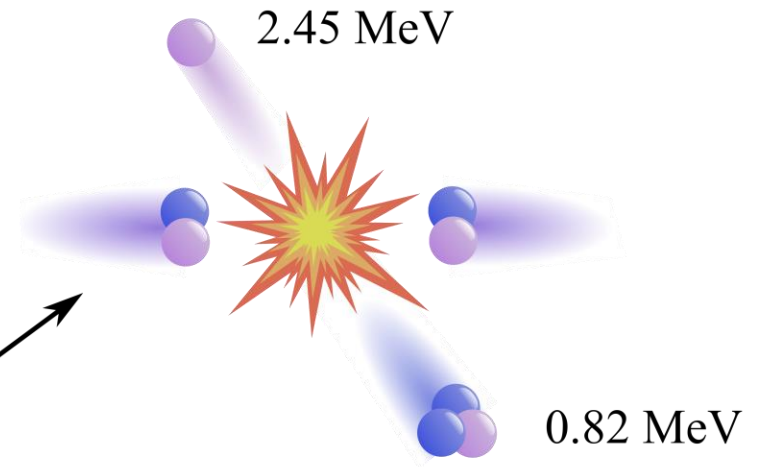
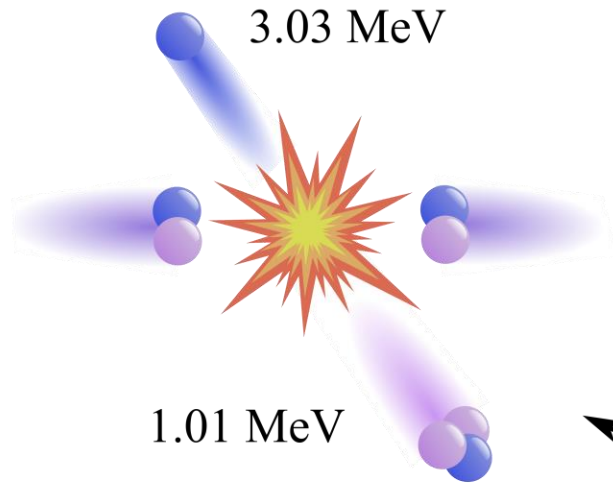
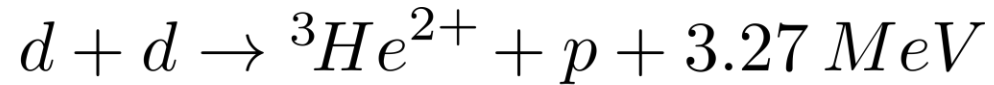
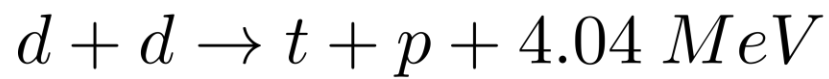


Источники поляризованных атомов и ионов дейтерия в эксперименте PolFusion.

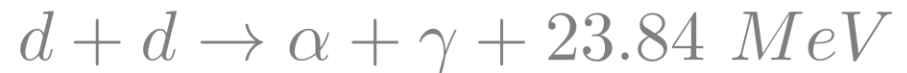
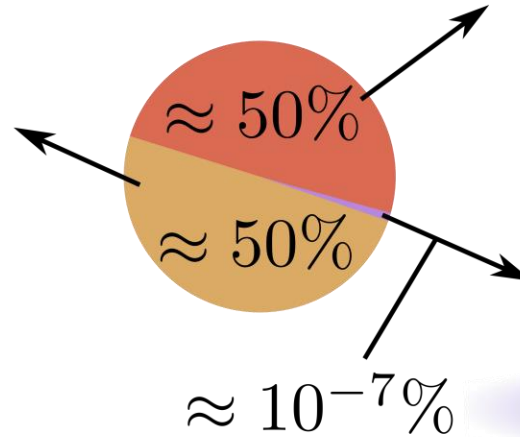


Александр Николаевич Соловьев

научный сотрудник ЛКСТ ОФВЭ



-  протон
-  нейтрон
-  фотон



$$\sigma(\theta, \phi) = \sigma_0(\theta) \left(1 + \sum_1^9 p_j^b A_j^b(\theta) + \sum_1^9 p_j^t A_j^t(\theta) + \sum_1^9 \sum_1^9 p_j^b p_k^t C_{j,k}(\theta) \right)$$

$$p_{l'} \sigma(\theta, \phi) = \sigma_0(\theta) \left(P_{l'}(\theta) + \sum_1^9 p_j K_j^{l'}(\theta) \right)$$

Gerald G. Ohlsen, Rep. Prog. Phys. **35**, 717 (1972)

р-канал

п-канал

Тип
эксперимента

Наблюдаемые

${}^2\vec{H}(\vec{d}, p){}^3H$

$C_{z,z}$ $C_{y,y}$

${}^2\vec{H}(\vec{d}, n){}^3He$

$C_{zz,zz}$ $C_{y,zz}$

$C_{y,xz}$ $C_{zz,xz}$

...

${}^2H(\vec{d}, \vec{p}){}^3H$

$K_x^{x'}$ $K_y^{y'}$

${}^2H(\vec{d}, \vec{n}){}^3He$

...

${}^2H(\vec{d}, p){}^3H$

A_y

${}^2H(\vec{d}, n){}^3He$

A_{xz} A_{zz}

$A_{xx} - A_{yy}$

${}^2H(d, \vec{p}){}^3H$

$P_{y'}$

${}^2H(d, \vec{n}){}^3He$

${}^2H(d, p){}^3H$

σ_0

${}^2H(d, n){}^3He$

PolFusion

Imig A. et al., Phys. Rev. C **73**, 024001 (2006)

Katabuchi T. et al., Phys. Rev. C **64**, 047601 (2001)

Tagishi Y. et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **402**, 436 (1998)

Fletcher K. A. et al., Phys. Rev. C **49**, 2305 (1994)

Tagishi Y. et al., Phys. Rev. C **46**, R1155 (1992)

Becker B. et al., Few-Body Syst. **13**, 19 (1992)

Behof A. F., May T. H., McGarry W. I., Nucl. Phys. A **108**, 250 (1968)

Haegnsgen H., et al., Nucl. Phys. **73**, 417 (1965)

Rogers J. T. and Bond C. D., Nuclear Physics **53** (1964) 297

Kane P. P., Nuclear Physics **10** (1959) 429

Brown R. E. and N. Jarmie, Phys. Rev. C **41**, 1391 (1990)

Krauss A. et al., Nucl. Phys. A **465**, 150 (1987)

Theus R. B., W. I. McGarry, and L. A. Beach, Nucl. Phys. **80**, 273 (1966)

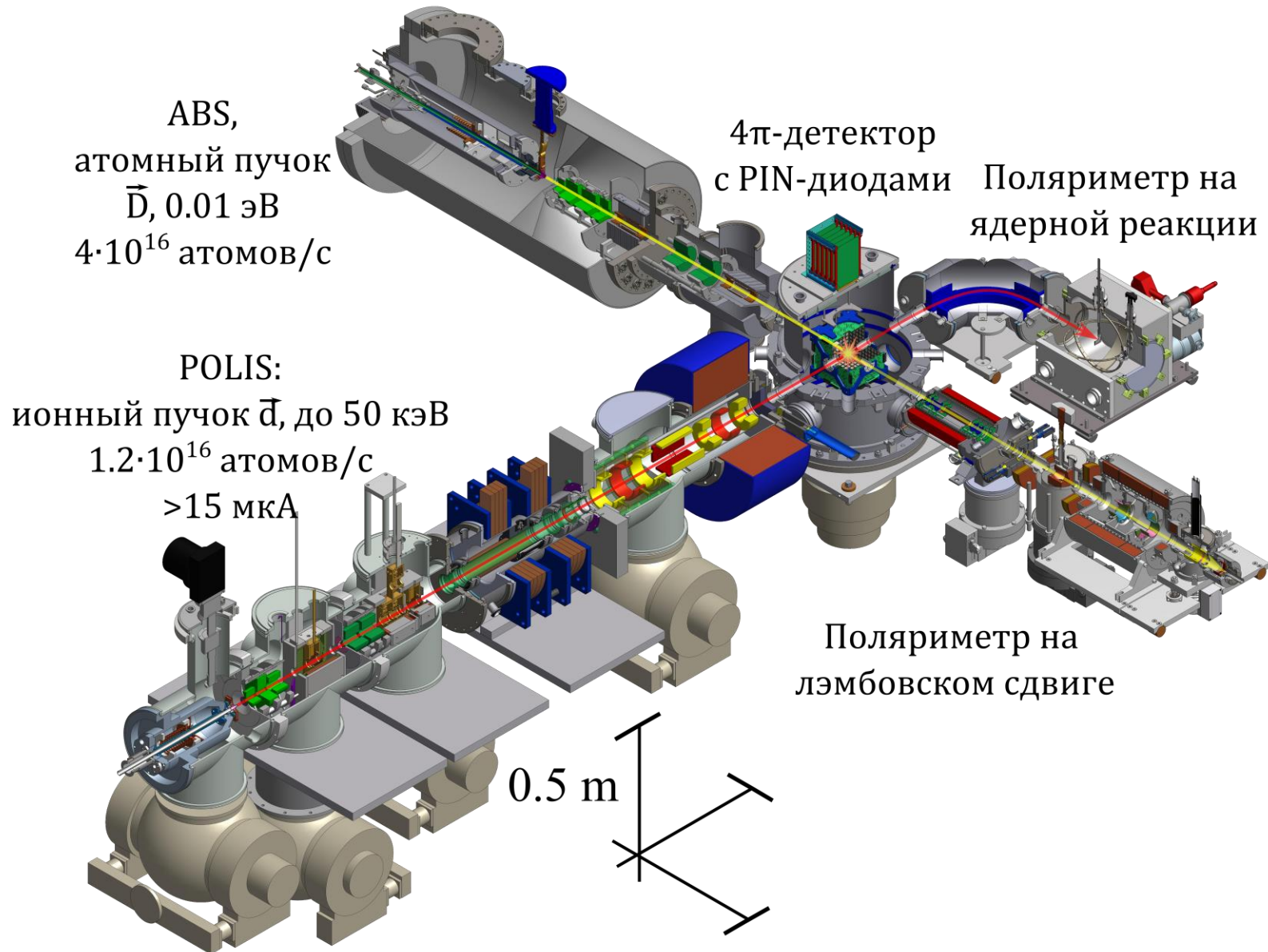
McNeill K. G., Phil. Mag. **46** (1955) 800; Arnold W. R. et al., Phys. Rev. **93** (1954) 483

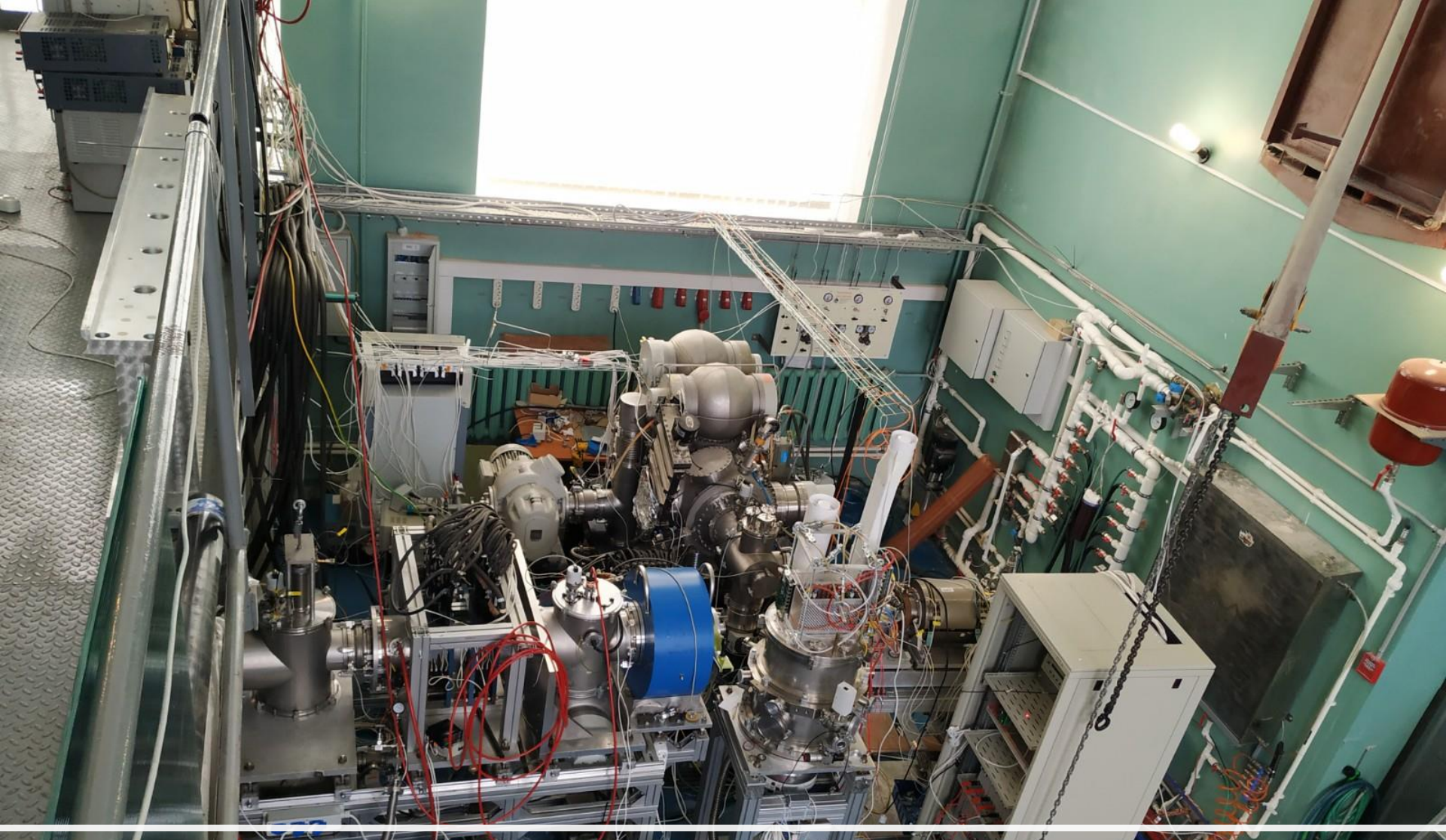
Moffat J., D. Roaf and J. H. Sanders, Proc. Roy. Soc. A **212** (1952) 220

Wenzel W. A. and W. Whaling, Phys. Rev. **88** (1952) 1149

Bretscher E., A. P. French and F. G. P. Seidl, Phys. Rev. **73** (1948) 815

0 50 100 150 $E_{cm}, \text{ keV}$





Экспериментальная установка PolFusion

6/26/2022

F
А.Н. Соловьев

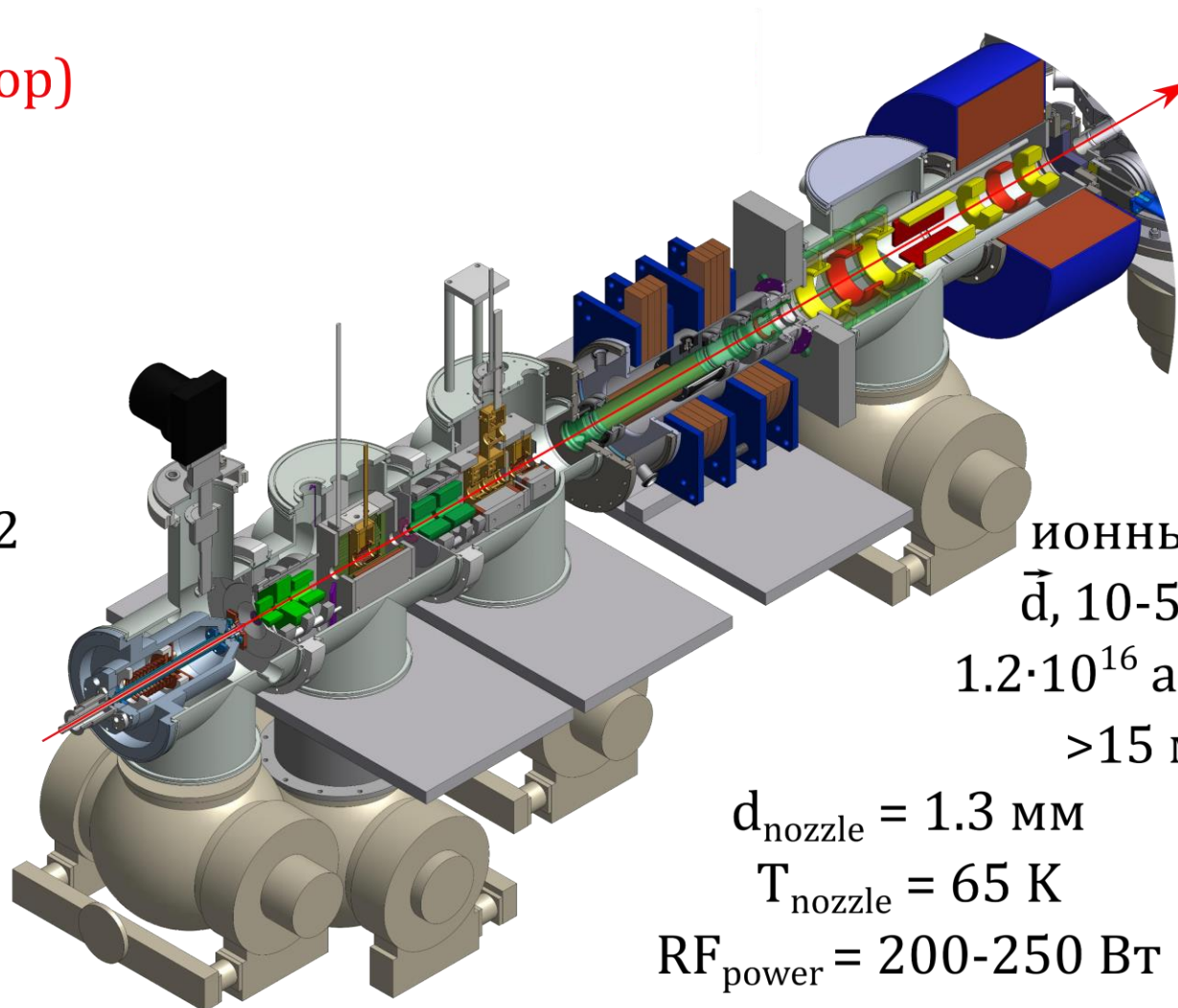
5

ρ_z
(вектор)

ρ_{zz}
(тензор)

$\pm 2/3$	0
0	+1
0	-2
$-1/3$	± 1
$+1/3$	± 1
$\pm 1/3$	$-1/2$

0.5 м



ионный пучок
 $\vec{d}$, 10-50 кэВ
 $1.2 \cdot 10^{16}$ атомов/с
>15 мкА

$d_{\text{nozzle}} = 1.3 \text{ мм}$

$T_{\text{nozzle}} = 65 \text{ К}$

$RF_{\text{power}} = 200-250 \text{ Вт}$

Поляризатор:

Sextupoles + WFT + Sextupoles + WFT + SFT1 (460 MHz) + SFT2 (350 MHz)

p_z (вектор) p_{zz} (тензор)

-2/3

0

0

+1

-1/3

+1

-1

+1

$\pm 1/2$

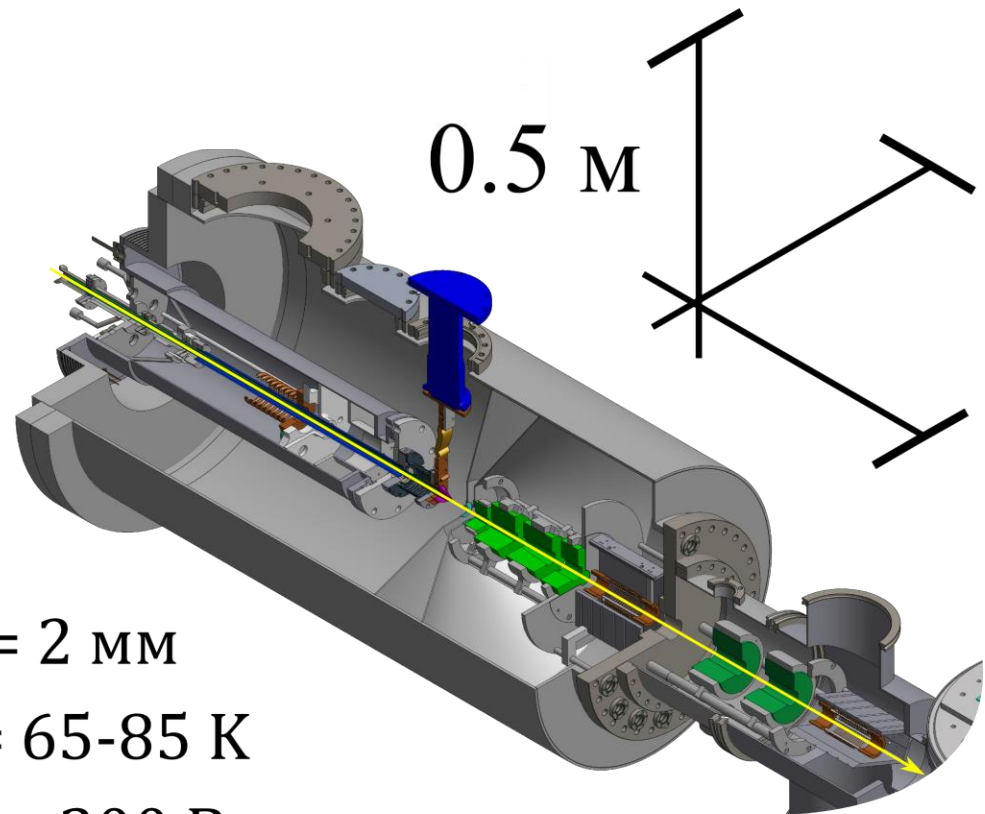
-1/2

атомный пучок $d_{\text{nozzle}} = 2 \text{ мм}$

$\vec{D}$, 0.01 эВ

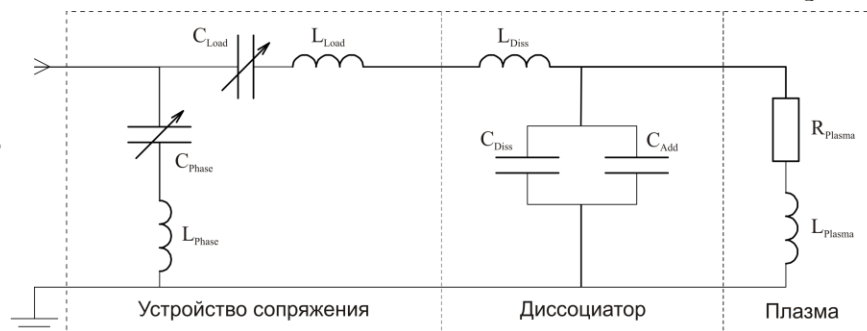
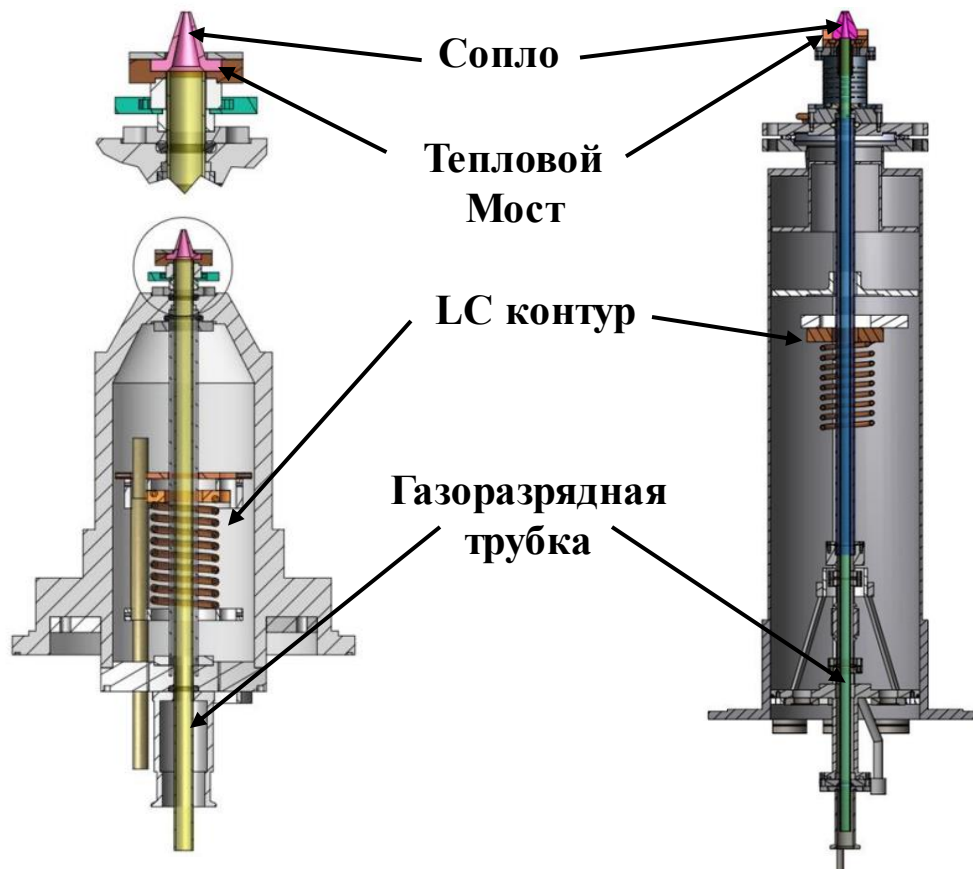
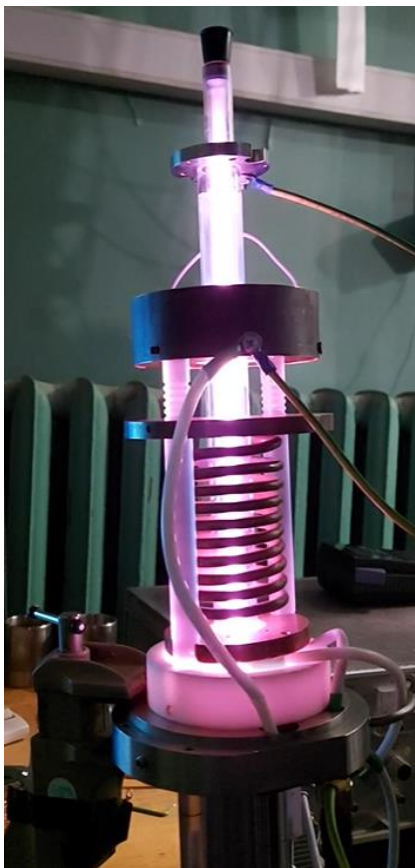
$T_{\text{nozzle}} = 65-85 \text{ К}$

$4 \cdot 10^{16}$ атомов/с $RF_{\text{power}} = 300 \text{ Вт}$



Поляризатор:

Sextupoles + MFT + Sextupoles + MFT



Энергия диссоциации
молекулы дейтерия - 4,56 эВ
Энергия ионизации
дейтерия - 13,6 эВ

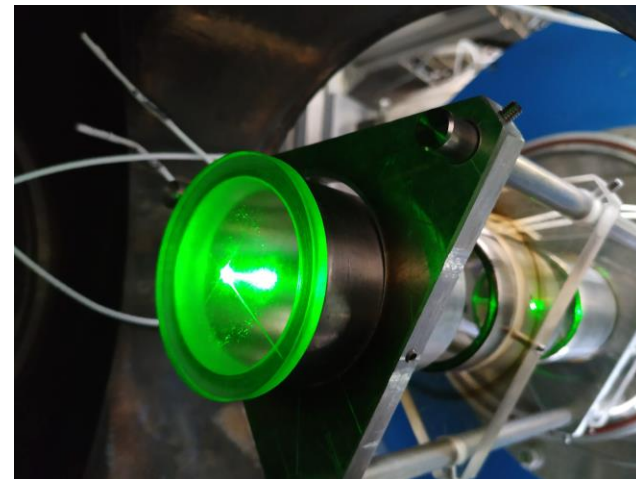
Подача дейтерия



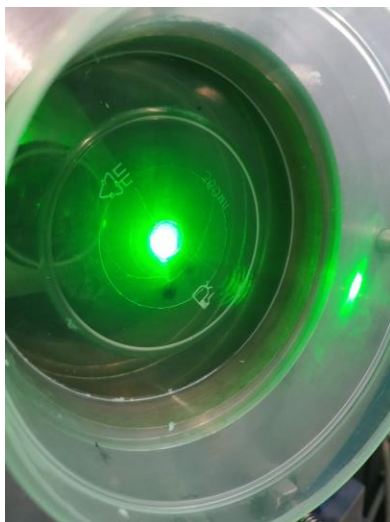
Выход ABS POLIS



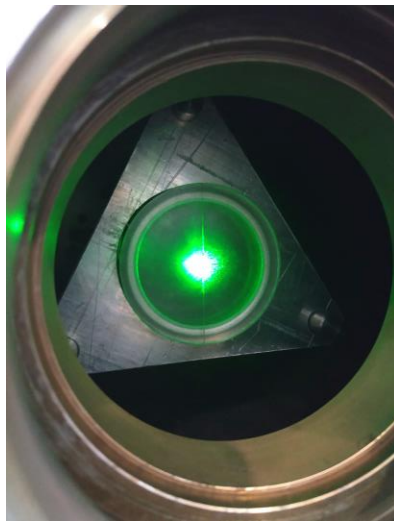
Первая линза



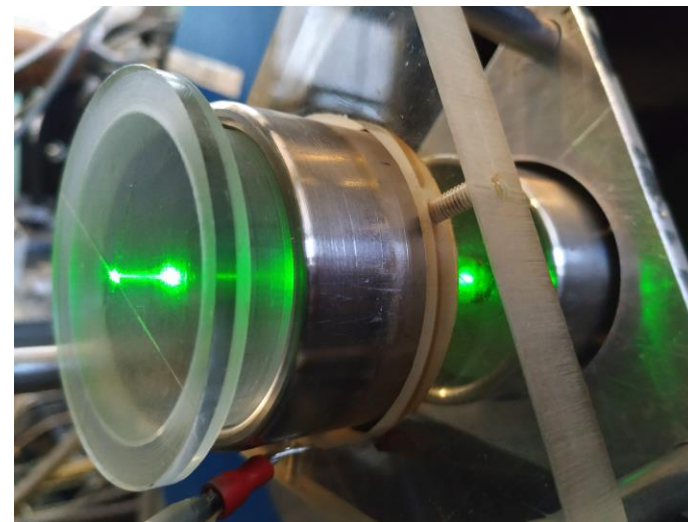
Выход POLIS'a



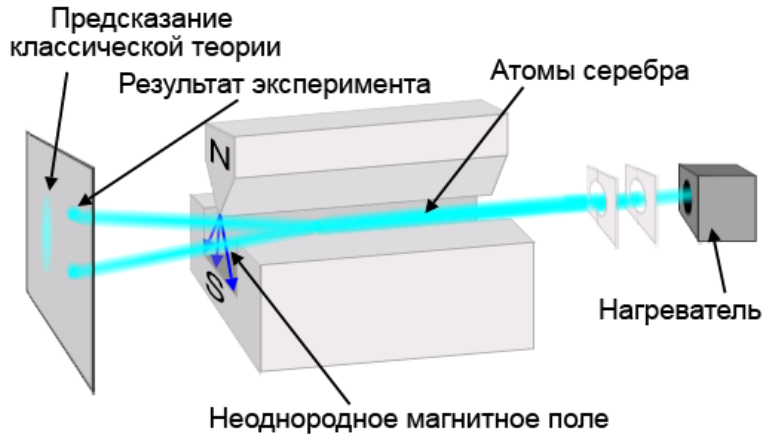
Выход второй линзы



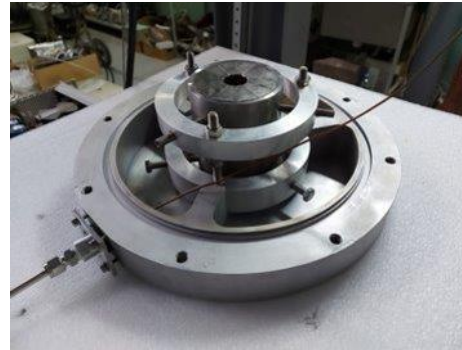
Вторая линза



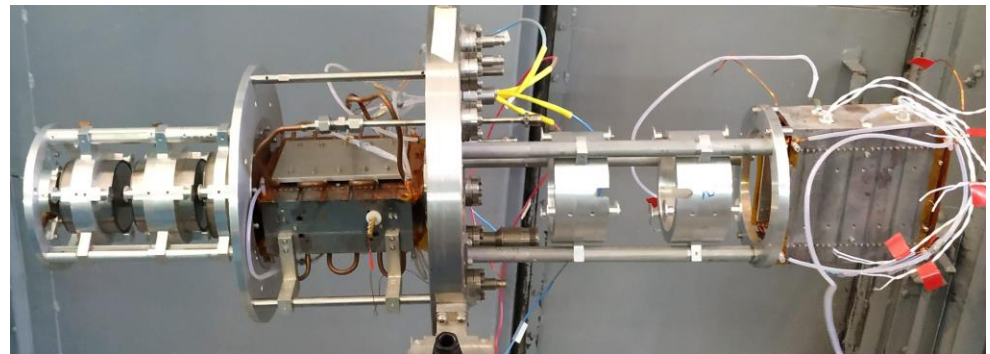
Эксперимент Штерн-Герлаха



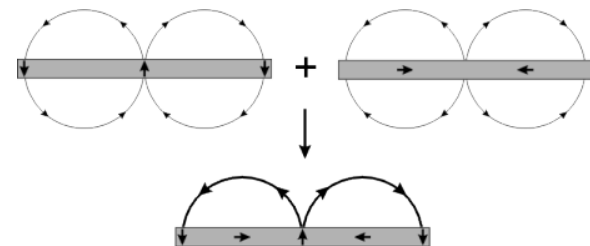
Магнитная система POLIS



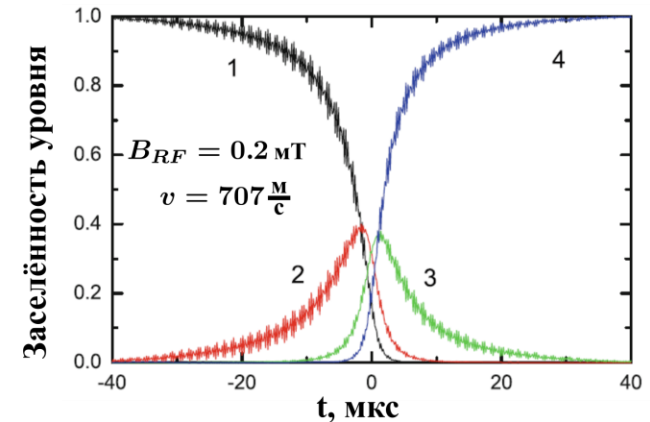
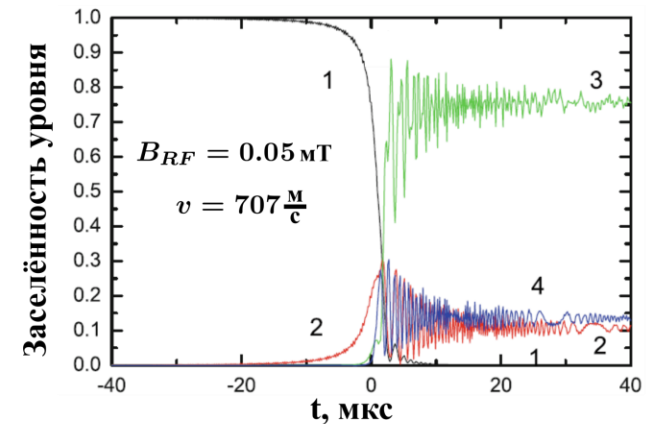
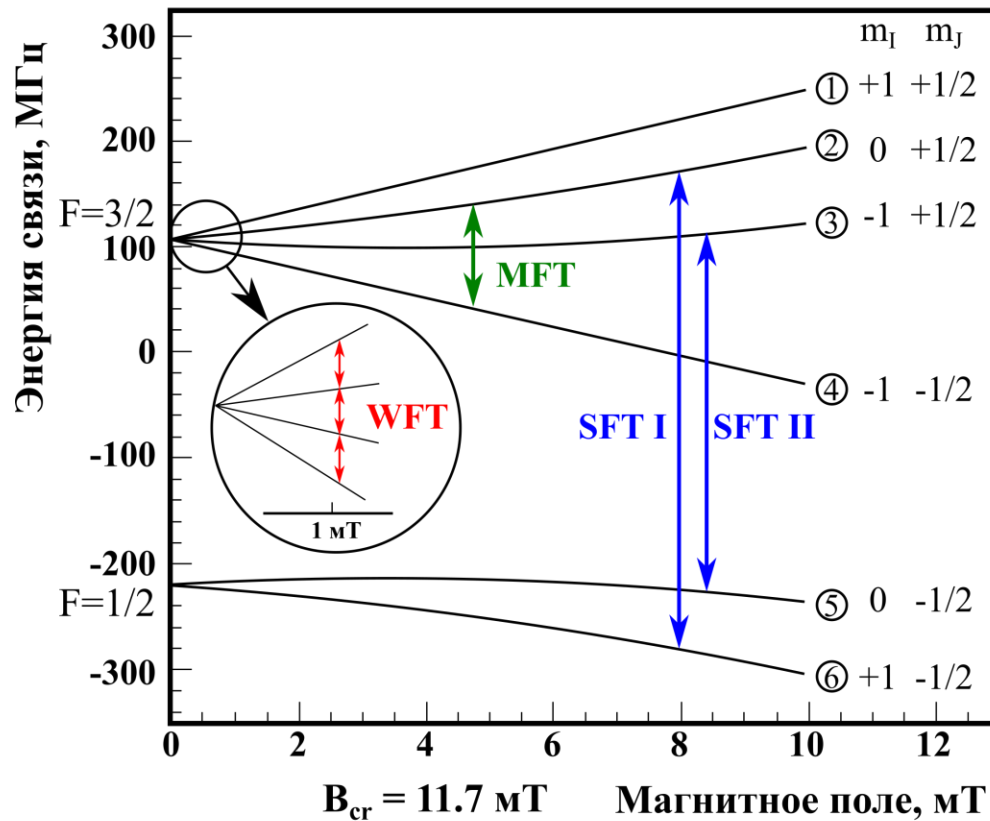
Магнитная система ABS Ferrara

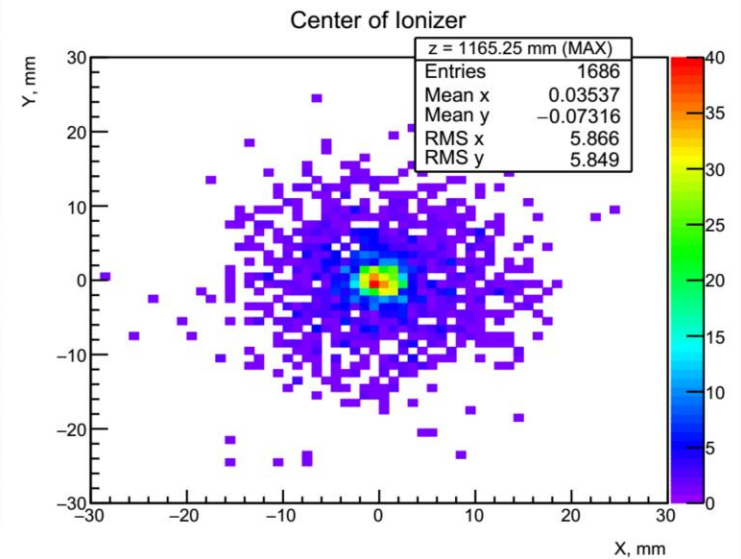
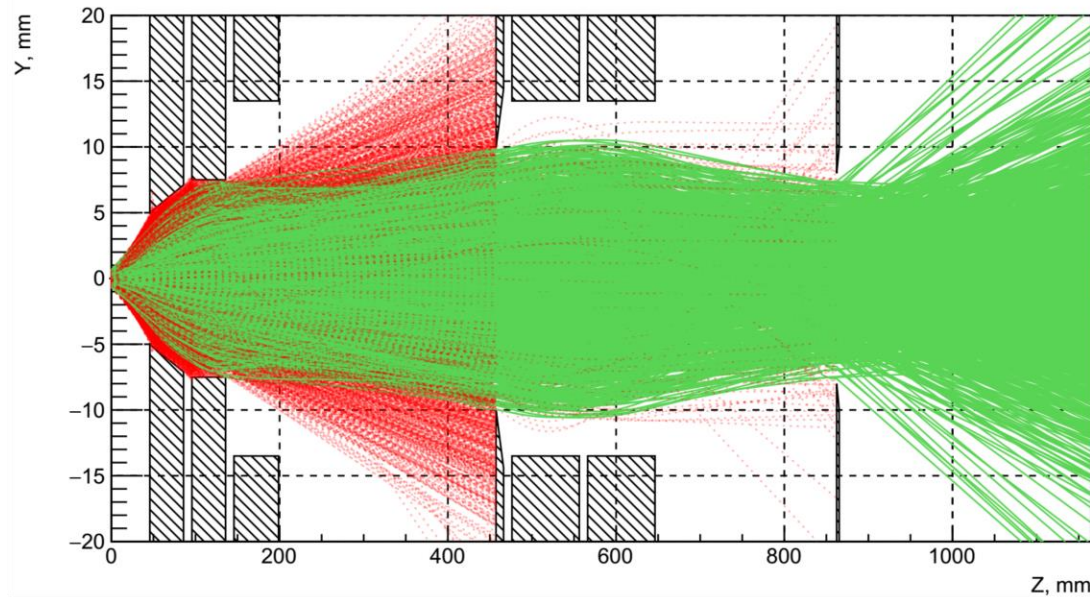
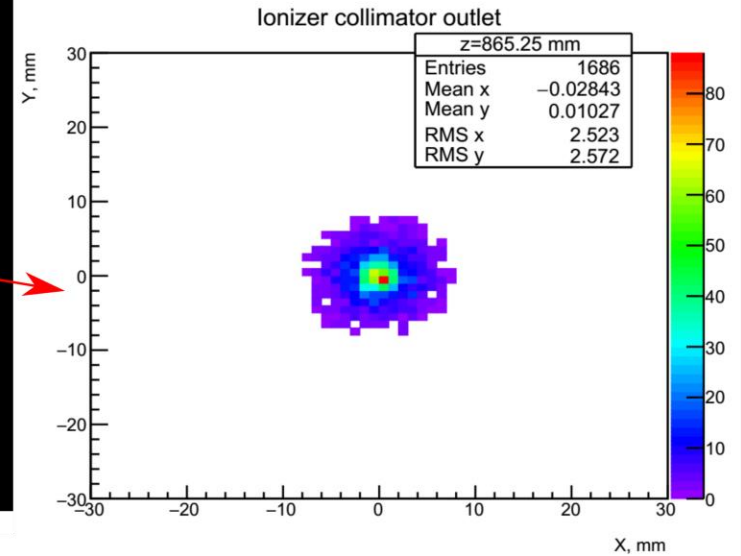
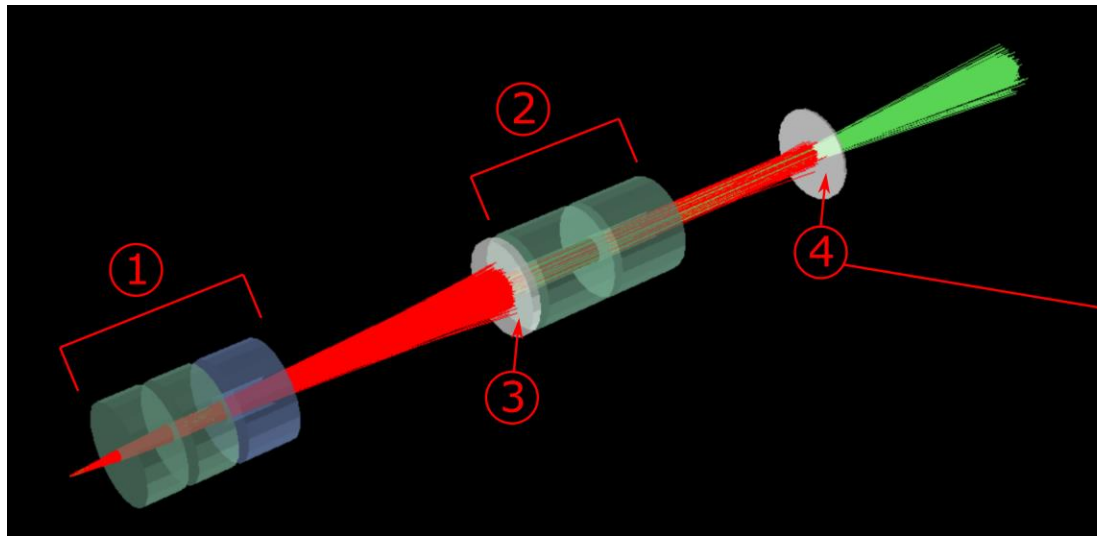


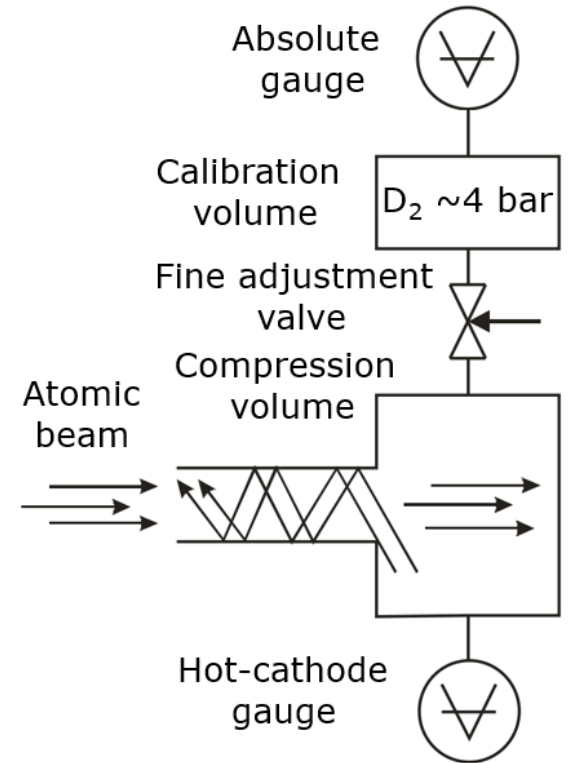
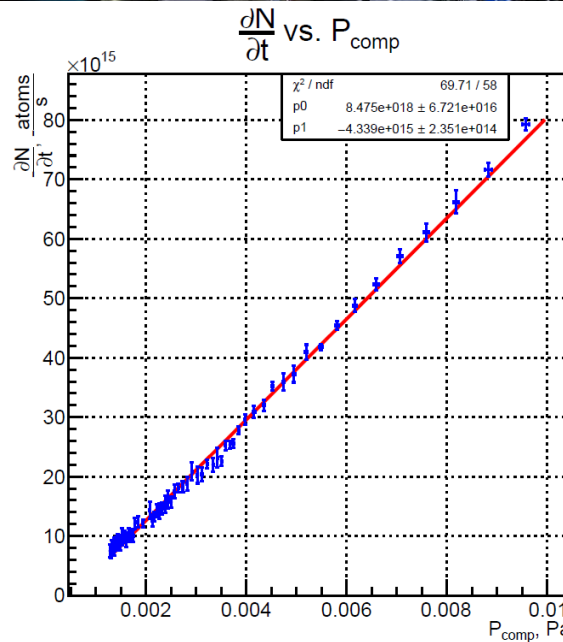
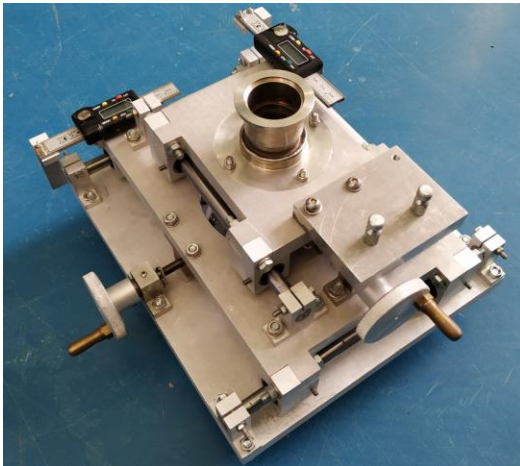
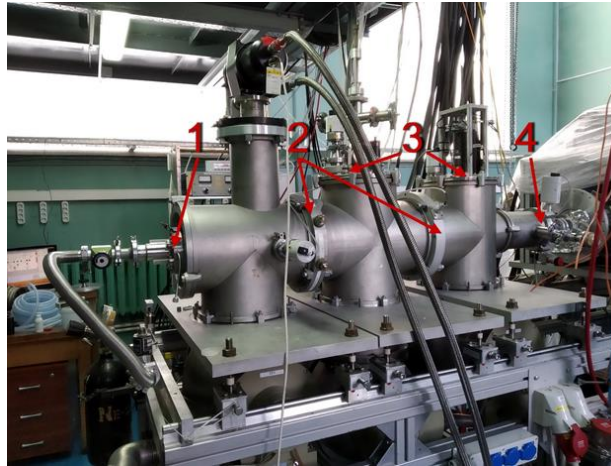
Магнитная сборка Халбаха



	WFT	MFT	SFT1	SFT2
f , MHz	8	25.4	460	350
B_{RF} , mT	0.2	0.1	0.2	0.2
B_0/B_{cr}	0.07	0.2 0.24 0.28	0.68	0.85
ΔB_0 , mT	0.2	0.2	0.7	0.7
l_{RF} , mm	40	69	40	40





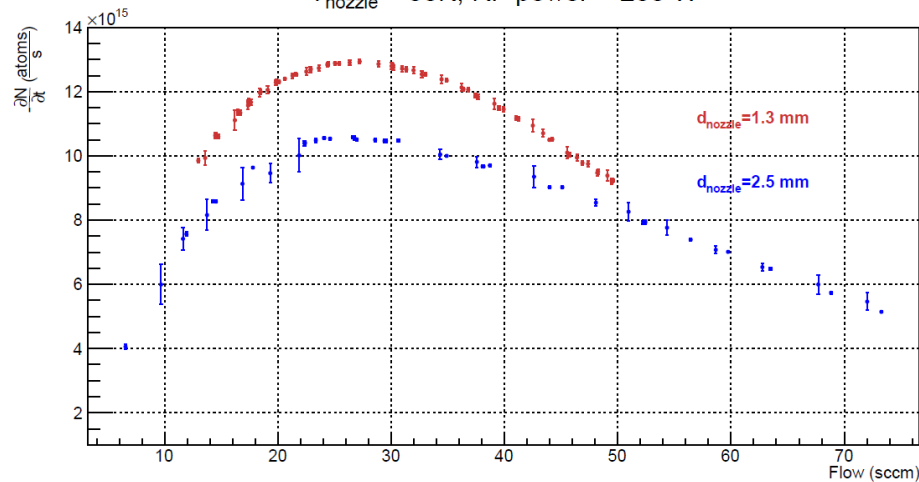


$$\frac{\partial N_{D_2}}{\partial t} = \frac{V_{cal} \cdot \mu_{D_2}}{m_{D_2} \cdot R \cdot T_{cal}} \cdot \frac{\partial P_{cal}}{\partial t}$$

Зависимость интенсивности пучка от потока

дейтерия

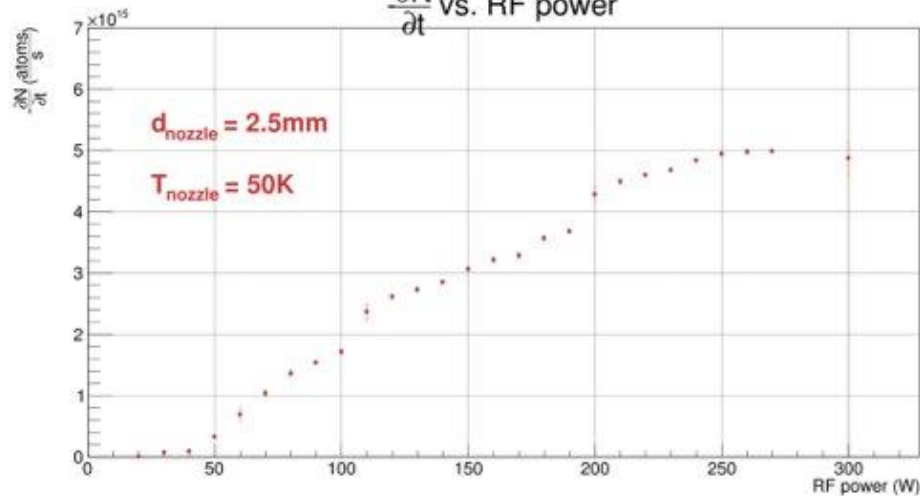
$T_{\text{nozzle}} = 50\text{K}$, RF power = 200 W



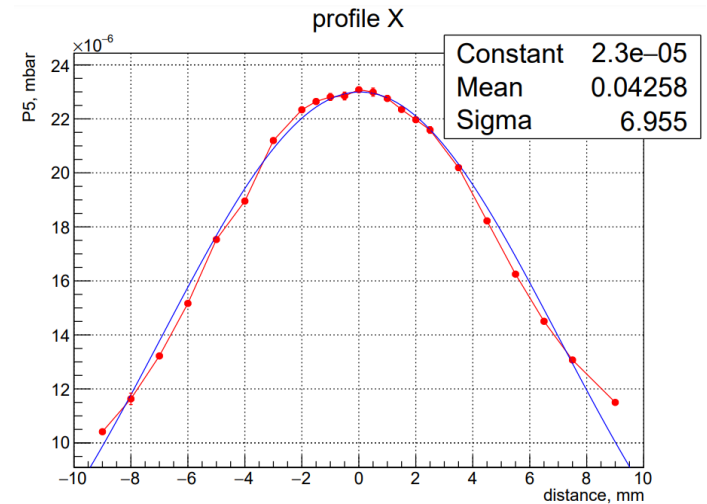
Зависимость интенсивности пучка от

ВЧ мощности

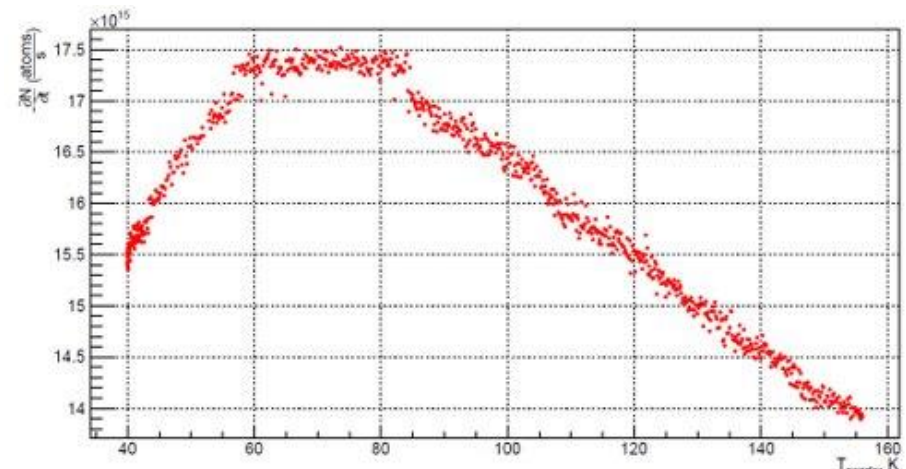
$\frac{dN}{dt}$ vs. RF power

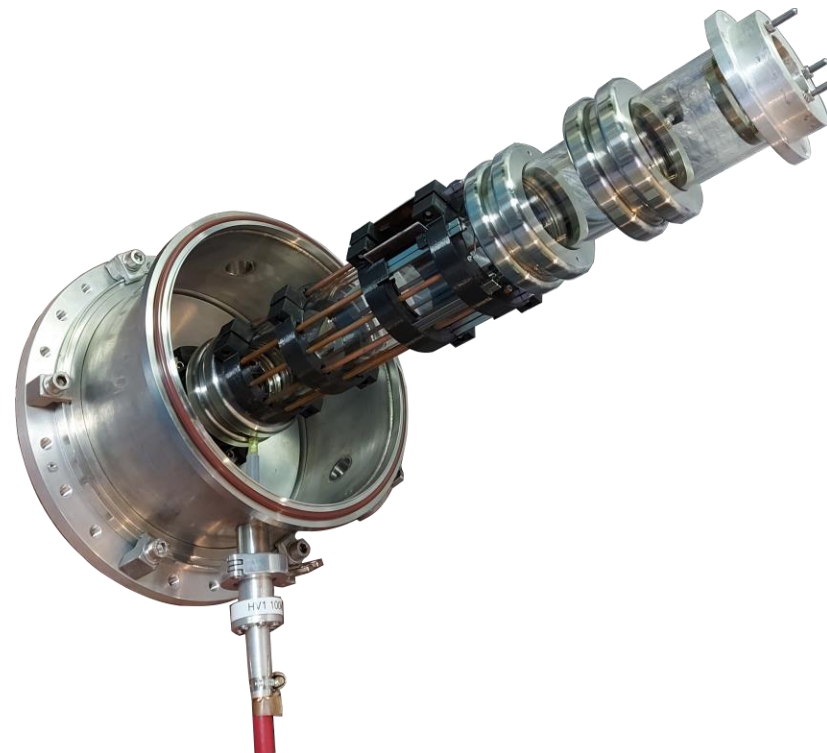
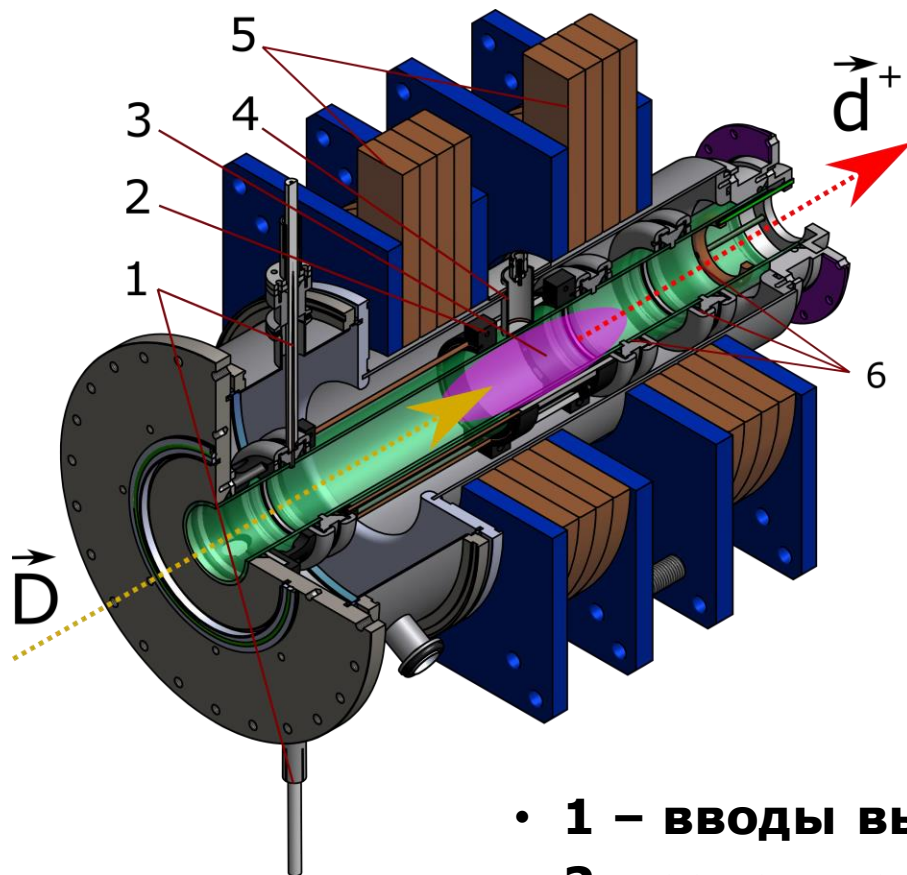


Профиль атомарного пучка

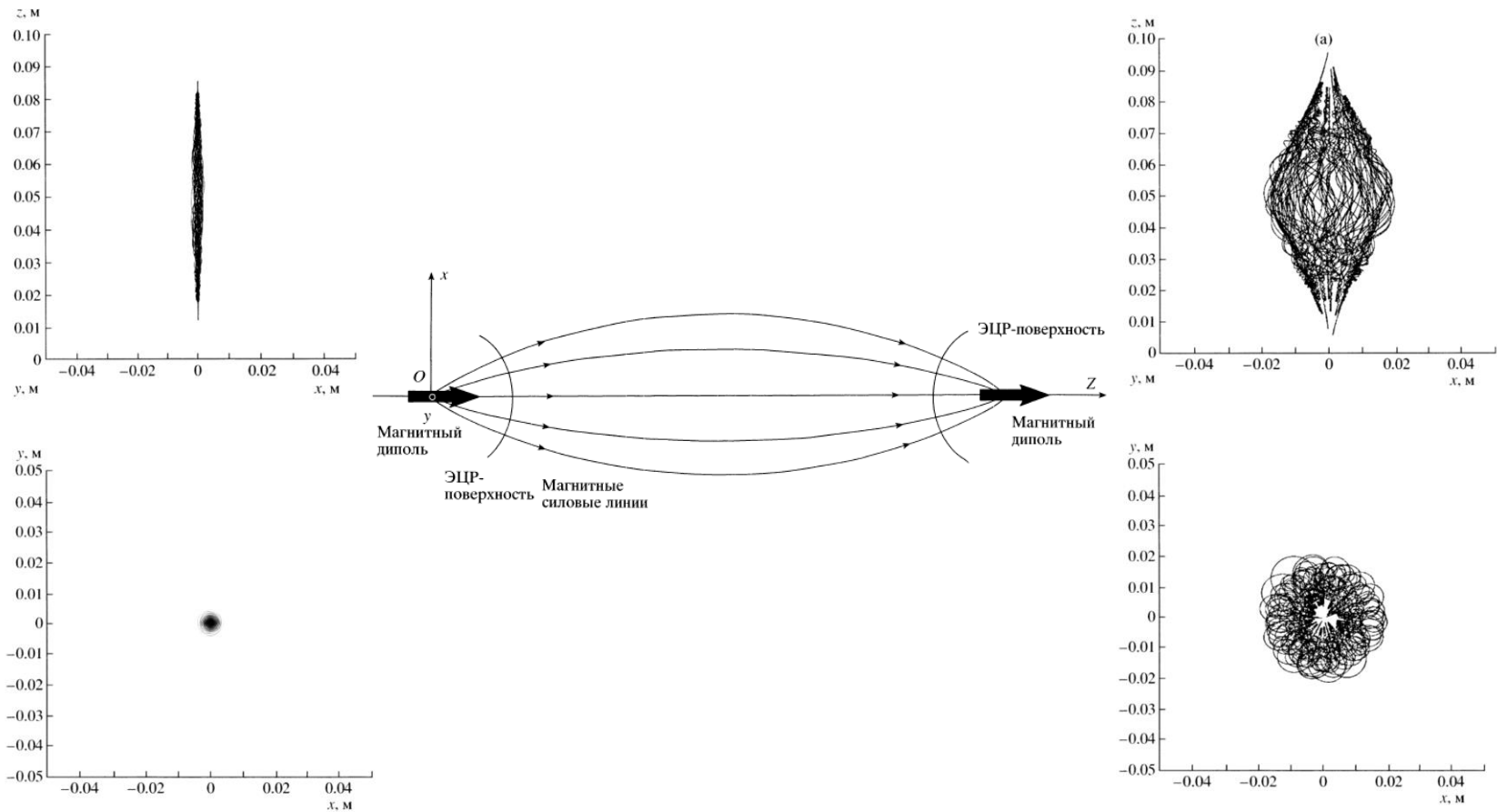


Зависимость интенсивности пучка от температуры сопла



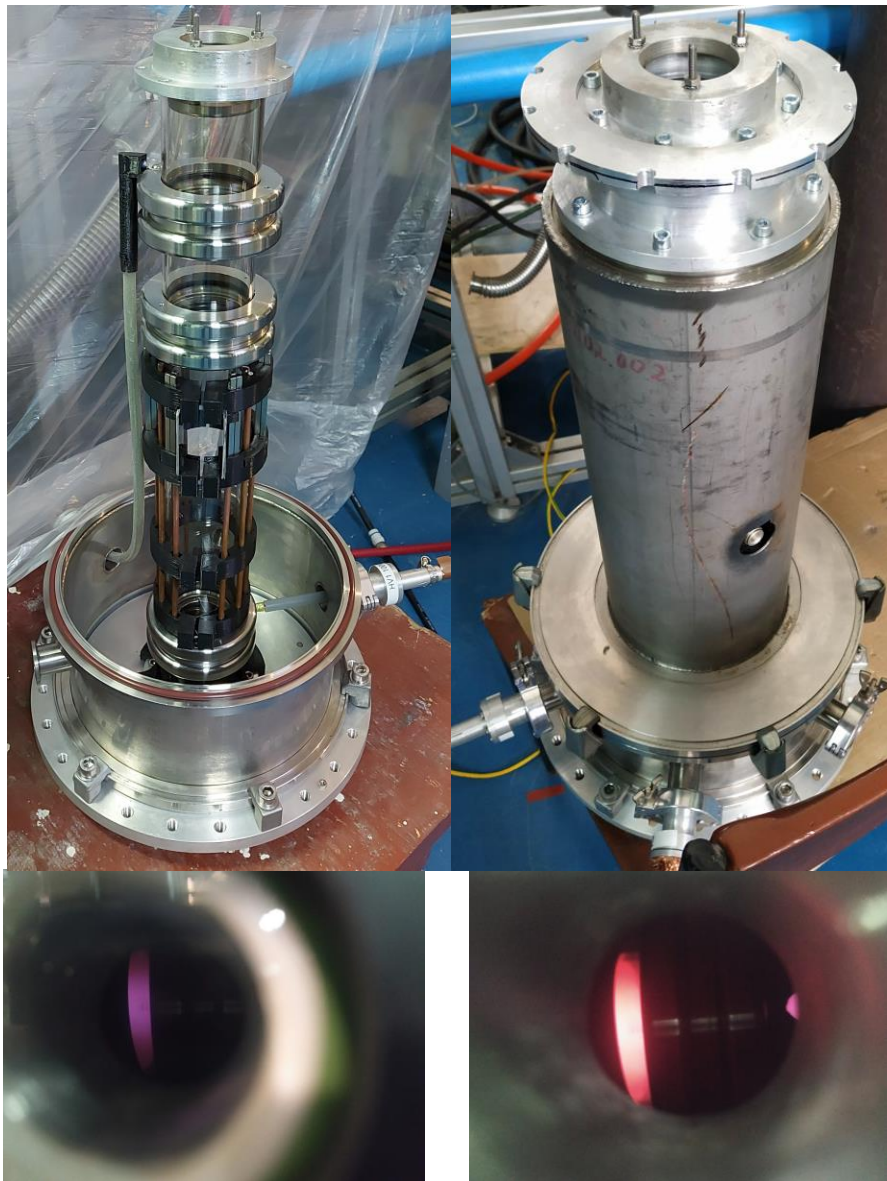


- 1 – вводы высокого напряжения для ИОС
- 2 – секступольный магнит
- 3 – область горения плазмы ЭЦР
- 4 – полуволновая рамочная антенна
- 5 – катушки индуктивности пробкотрона
- 6 – ионно-оптическая система (ИОС)



Траектория движения в магнитной ловушке электрона, находящегося в начальный момент на оси Z системы в проекции на плоскости (а) XZ; (б) XY.

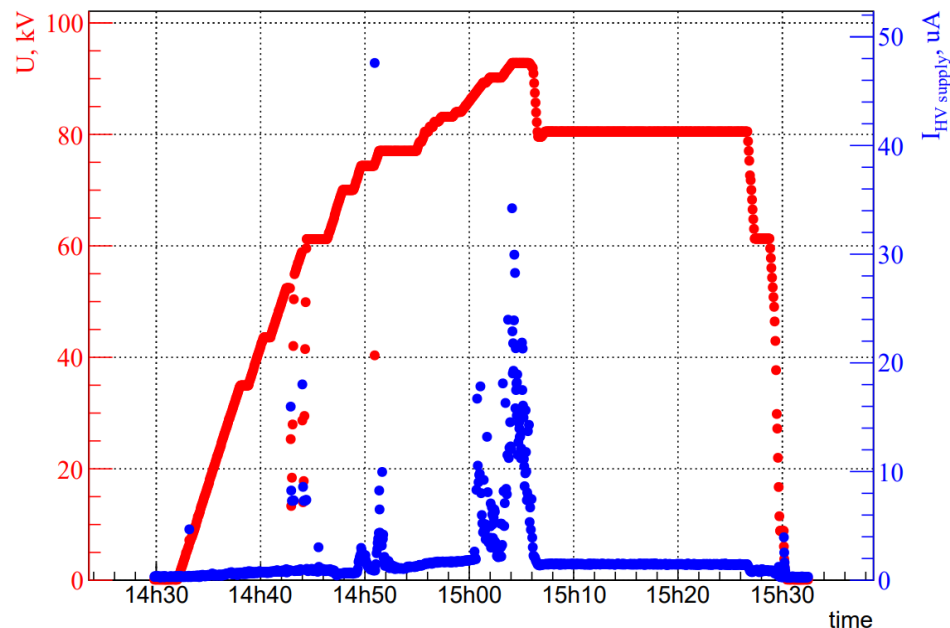
Траектория движения в магнитной ловушке электрона, находящегося в начальный момент не на оси Z системы в проекции на плоскости (а) XZ; (б) XY.



ЭЦР ионизатор состоит из:

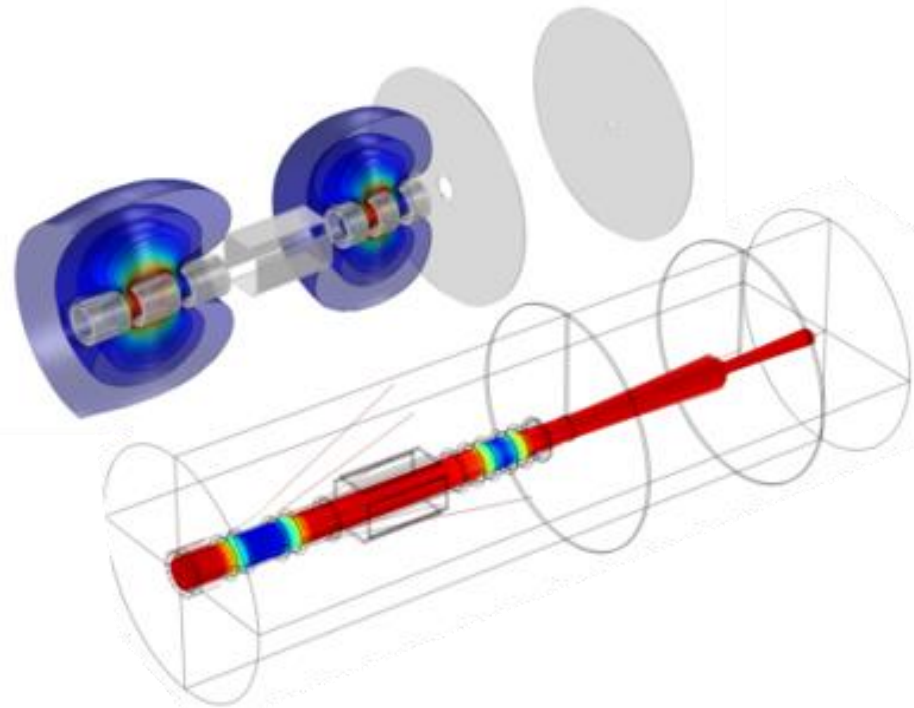
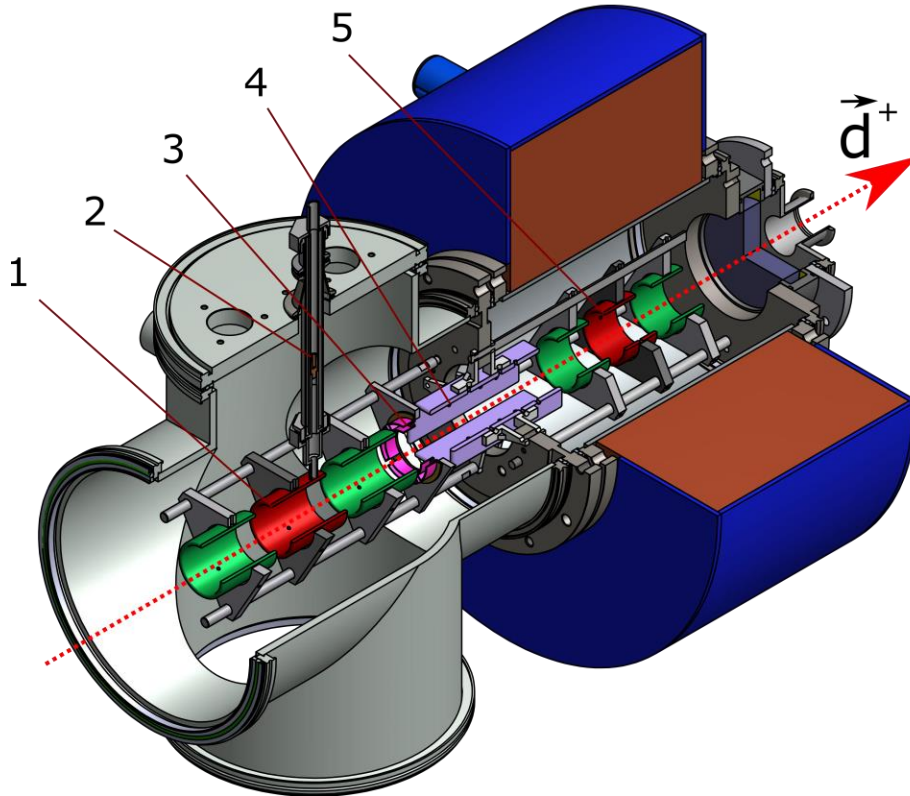
1. Газоразрядной камеры
2. Магнитной ловушки типа пробкотрон
3. LOOP - антенны
4. Ионно-оптической системы
5. Элегазового кожуха

Checking the ionizer for high voltage



Моделирование фокусирующей системы

- 1 - Первая электростатическая одиночная симметричная линза.
- 2 - Ввод высокого напряжения до 40 кВ.
- 3 - Четырех сегментный фарадей капа
- 4 - Отклоняющие пластины
- 5 - Вторая электростатическая одиночная симметричная линза

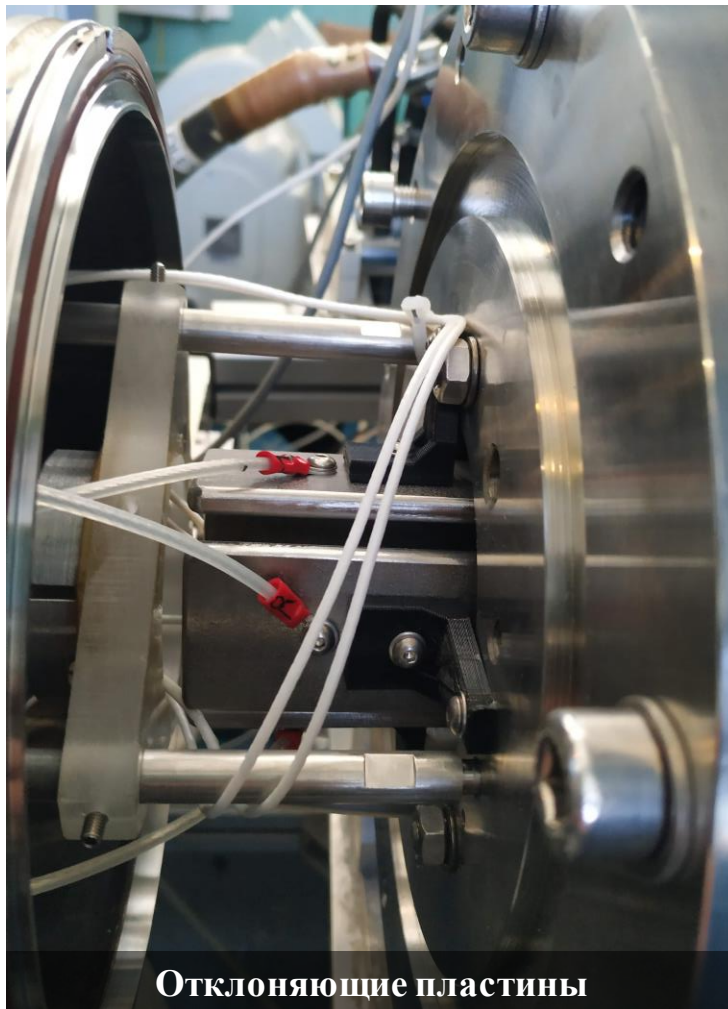




Линзы в сборе



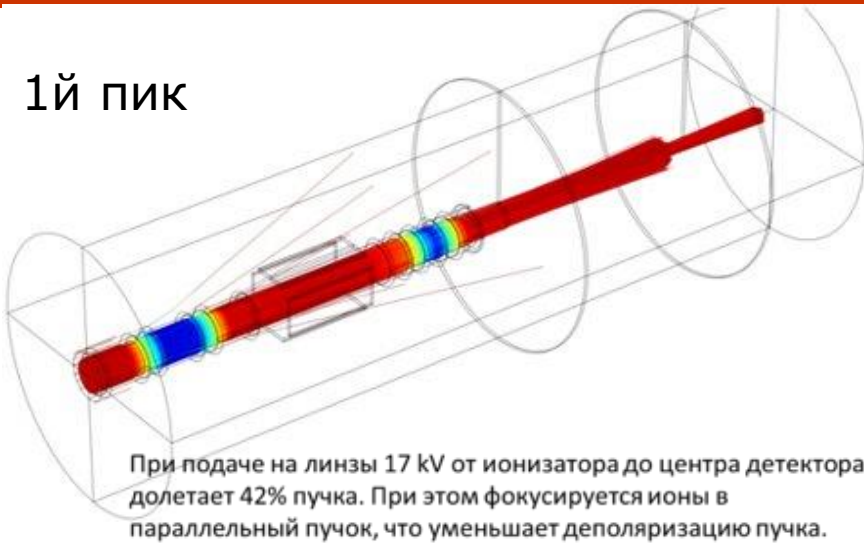
Ввод высокого напряжения



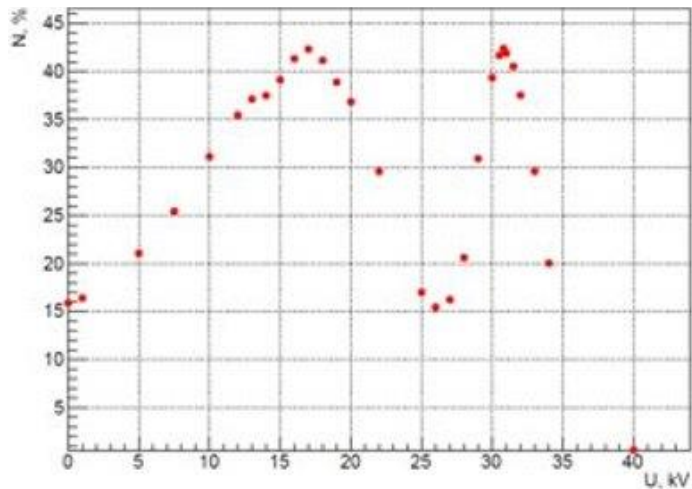
Отклоняющие пластины



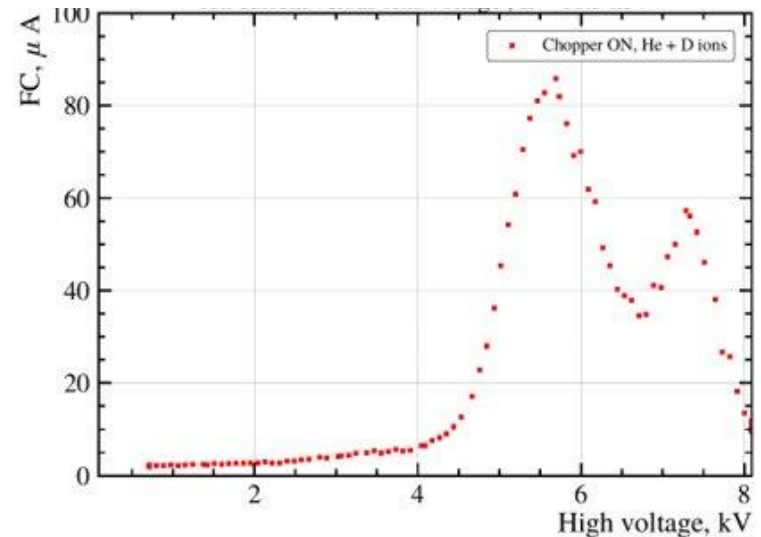
Линзы в сборе, на пучке

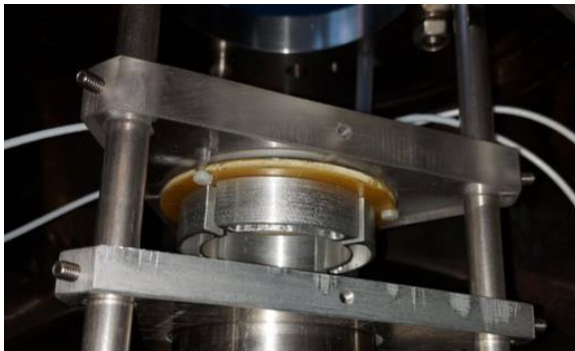
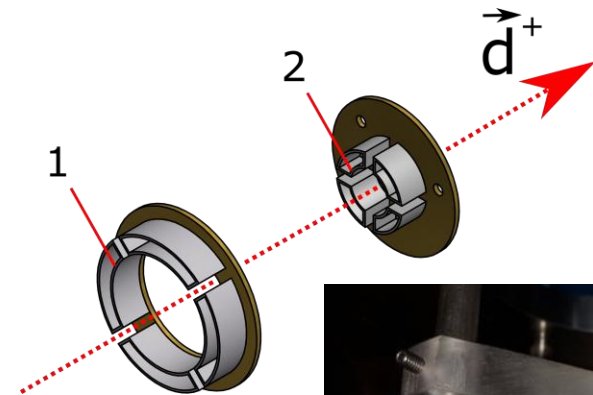


Моделирование фокусировки ионного пучка



Экспериментальная зависимость фокусировки ионного пучка при энергии дейтронов 10.3 кеВ

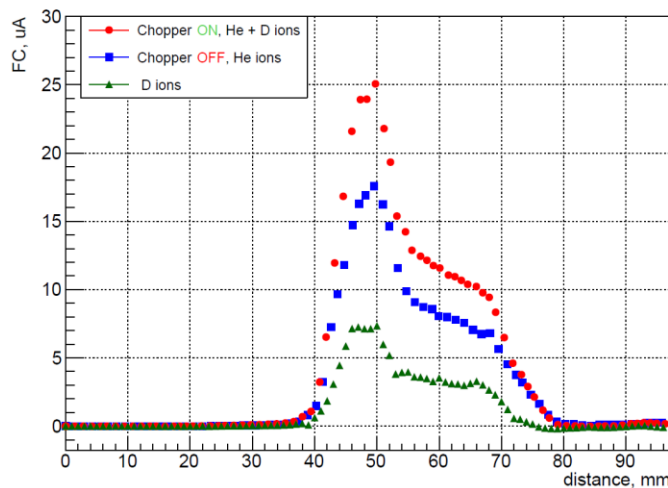




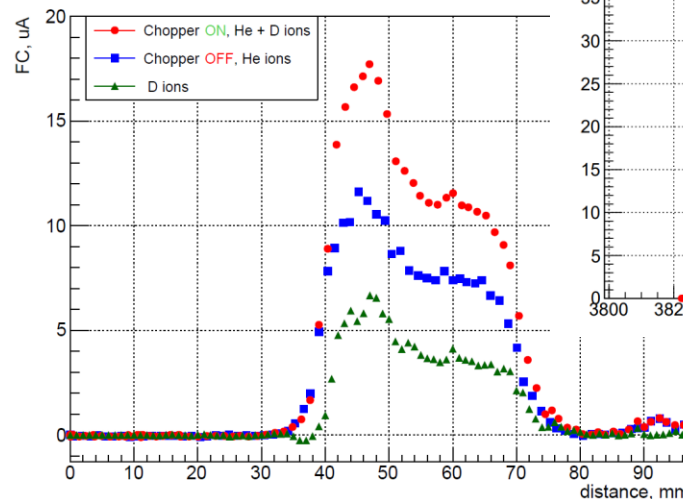
Система детектирования ионного пучка состоит из:

1. Четырех сегментный фарадей кап перед отклоняющими пластинами.
2. Четырех сегментный фарадей кап перед детектором.
3. Вспомогательный выдвижной фарадей кап

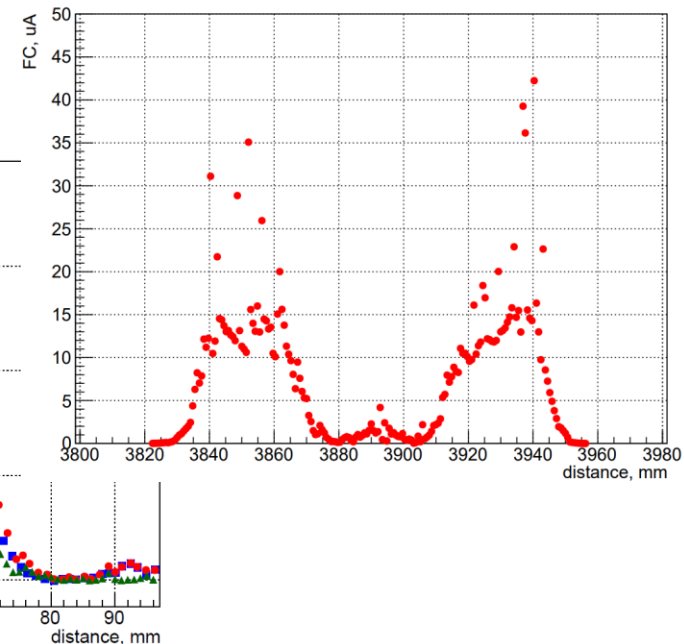
Profile, E = 10,3 keV



Profile, E = 20,8 keV

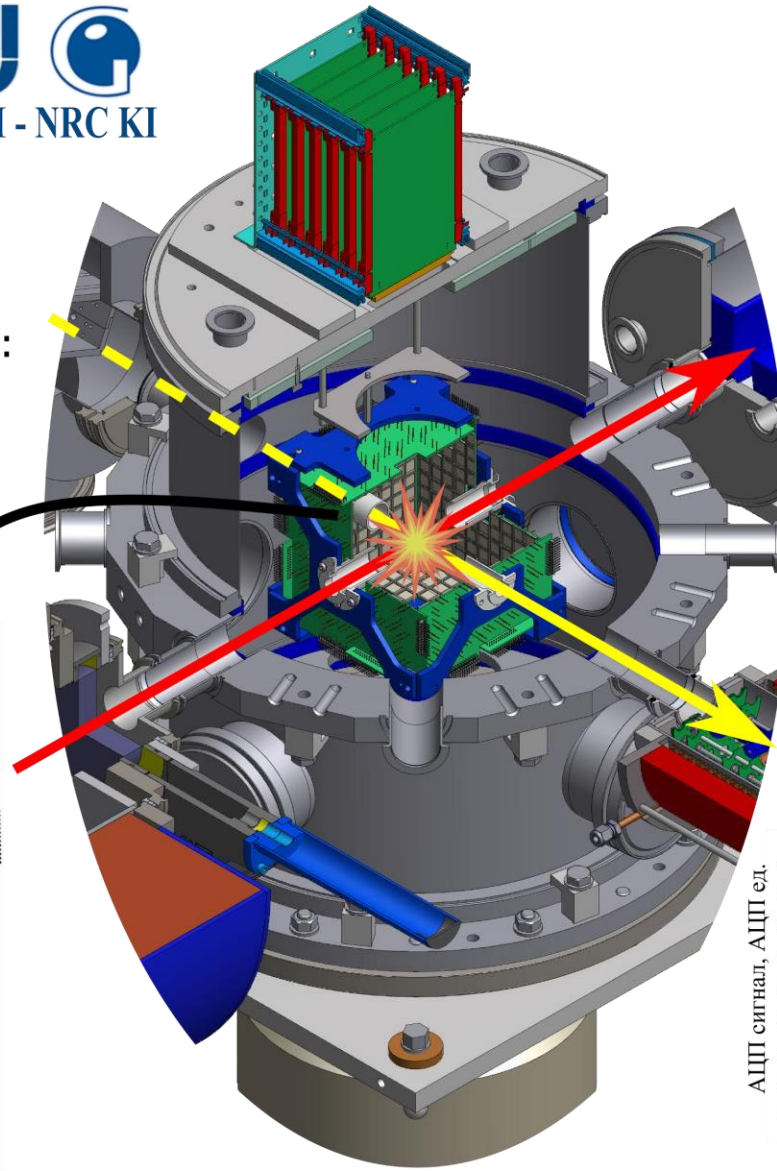
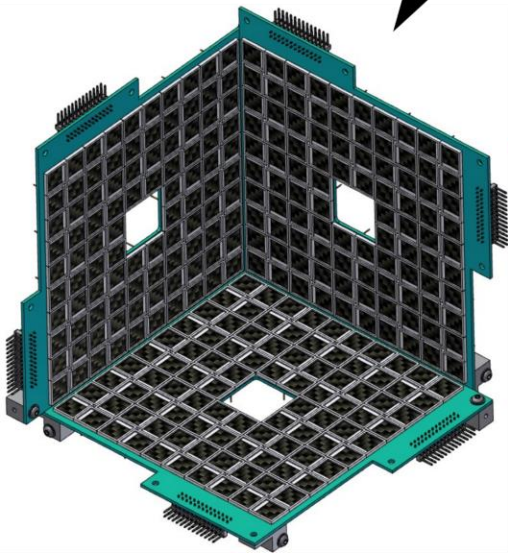


Profile, E = 41,9 keV

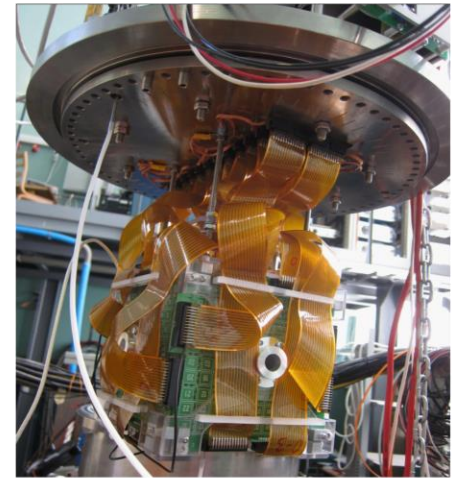




576 PIN диоды
Hamamatsu S3590-09
заряженные частицы:
0.2 - 4 MeV
с энергетическим
разрешением
< 50 keV

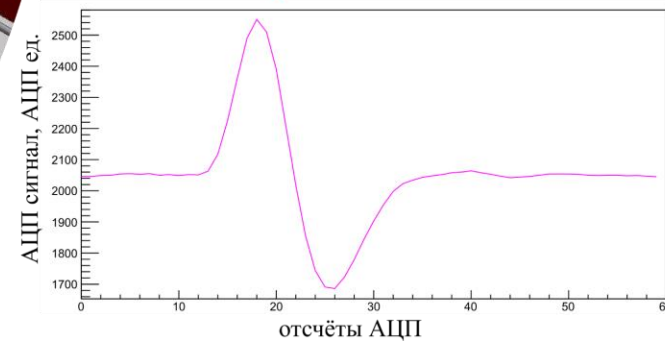


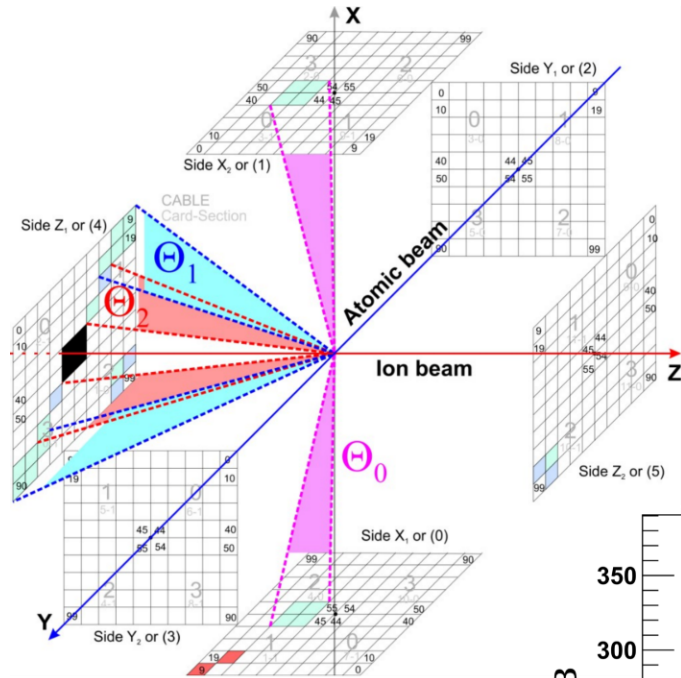
50% покрытие



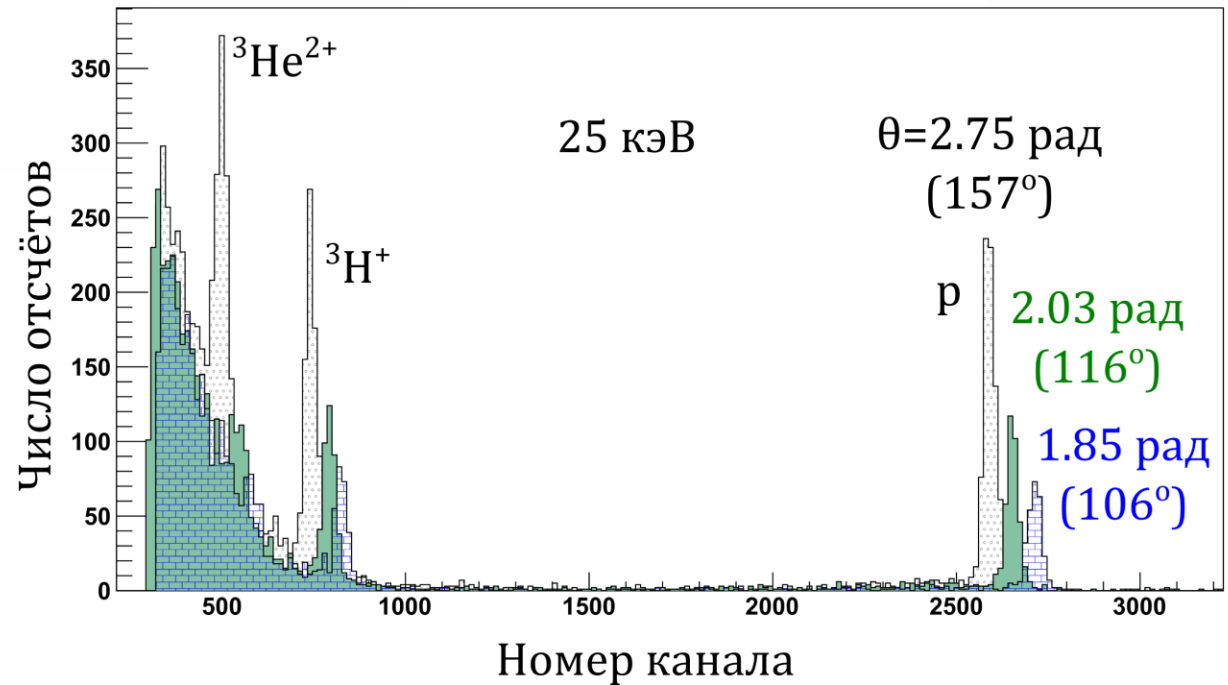
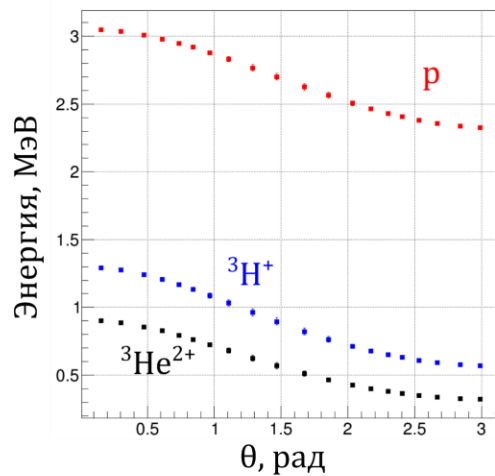
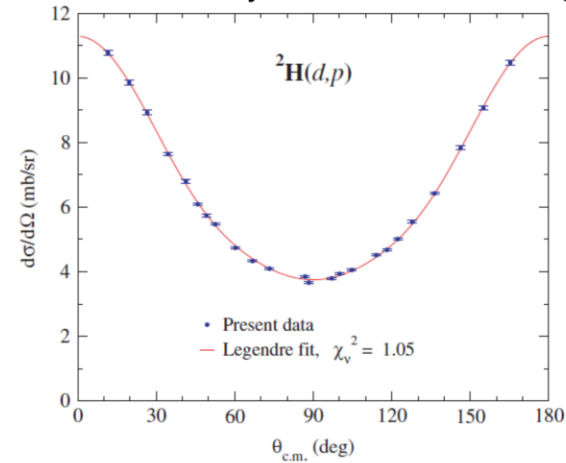
10 нс точность записи
времени сигнала

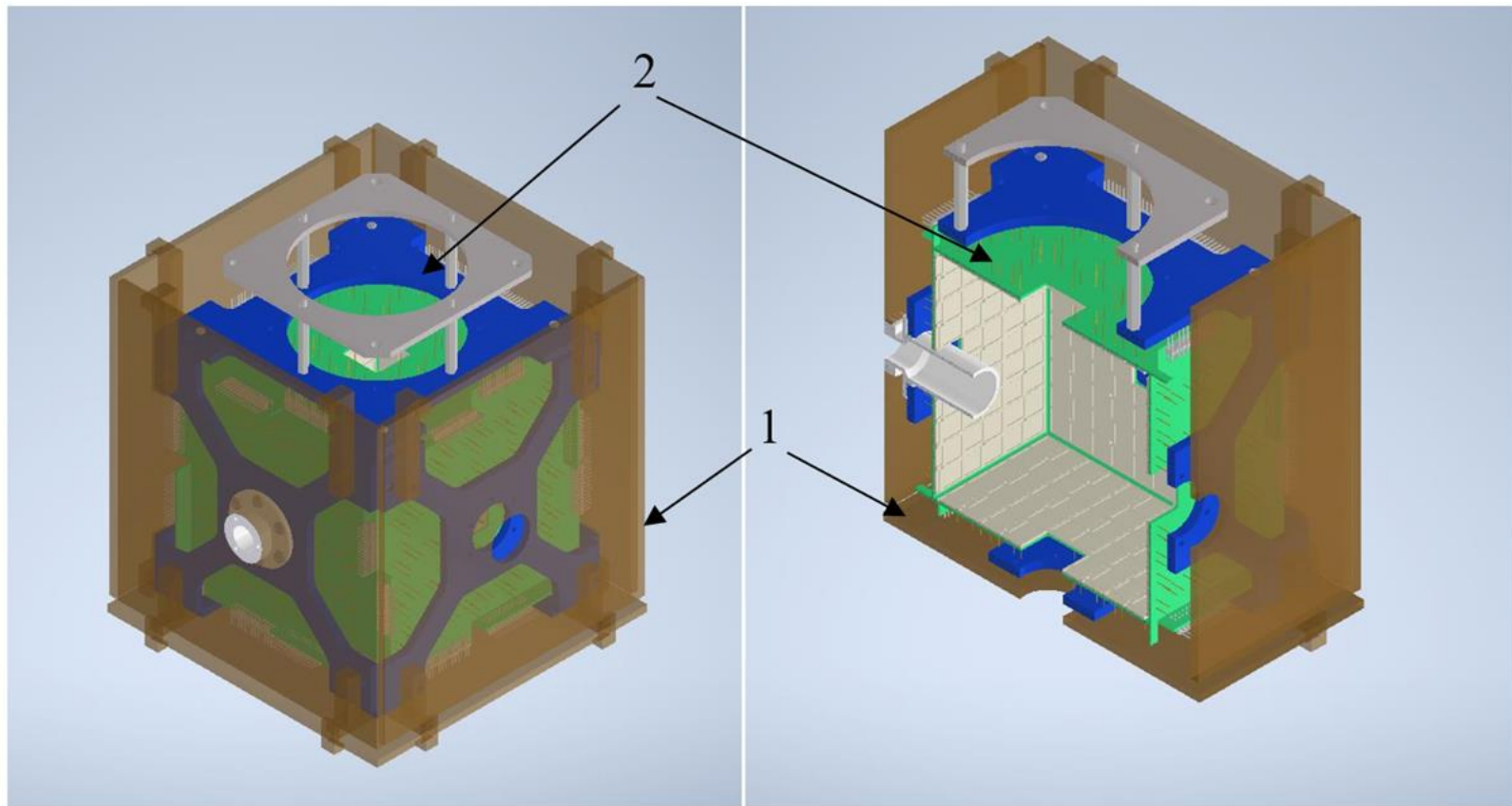
Форма сигнала:





D.S. Leonard et al., Phys. Rev. C **73**, 045801 (2006).

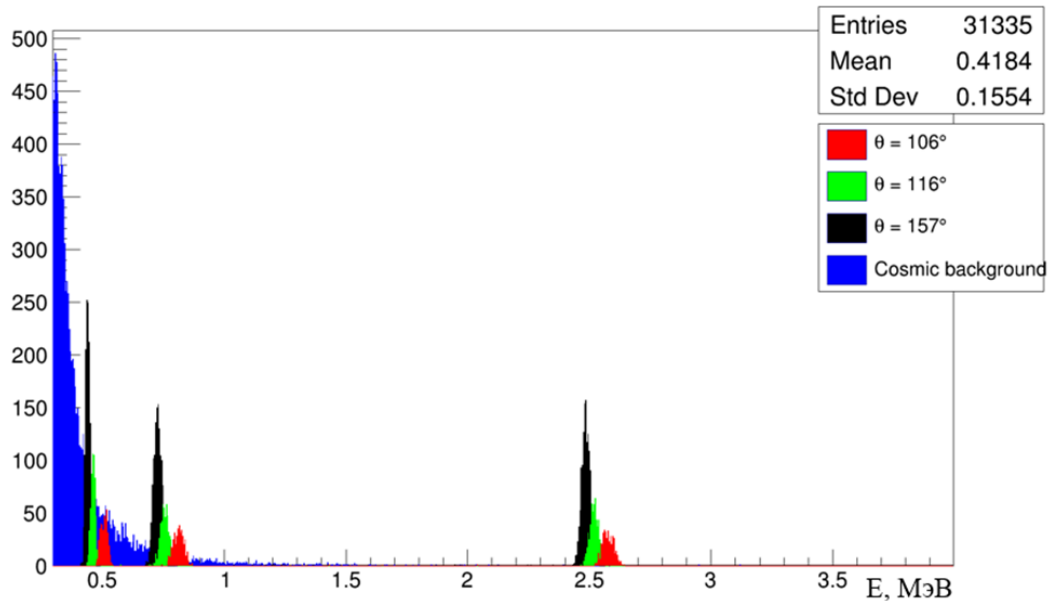




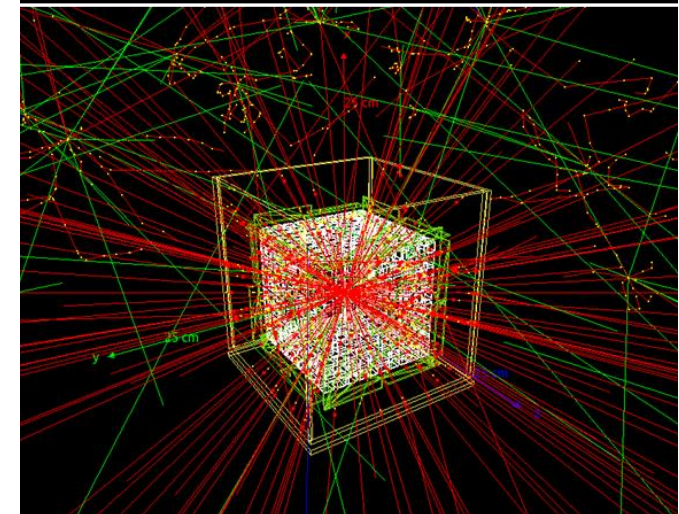
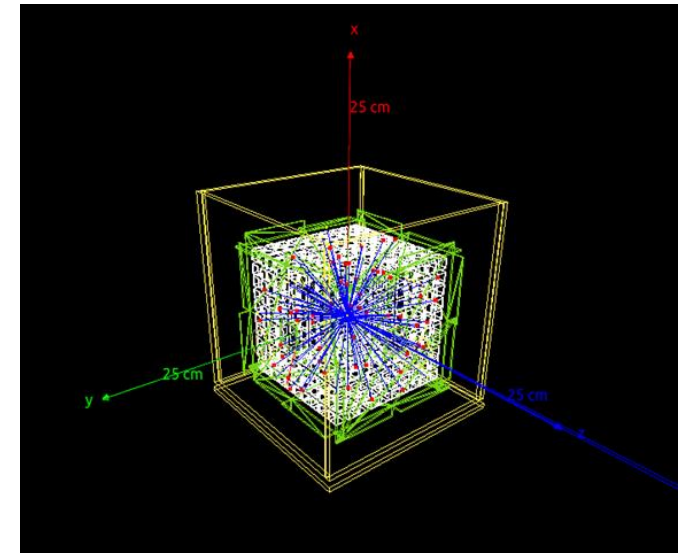
Модель детекторной системы, смоделированная в программном пакете Autodesk Inventor в полной сборке (слева) и разрезе (справа):

1 – сцинтилляционные панели; 2 – главный детектор.

Энергетический спектр с фоном
космического излучения

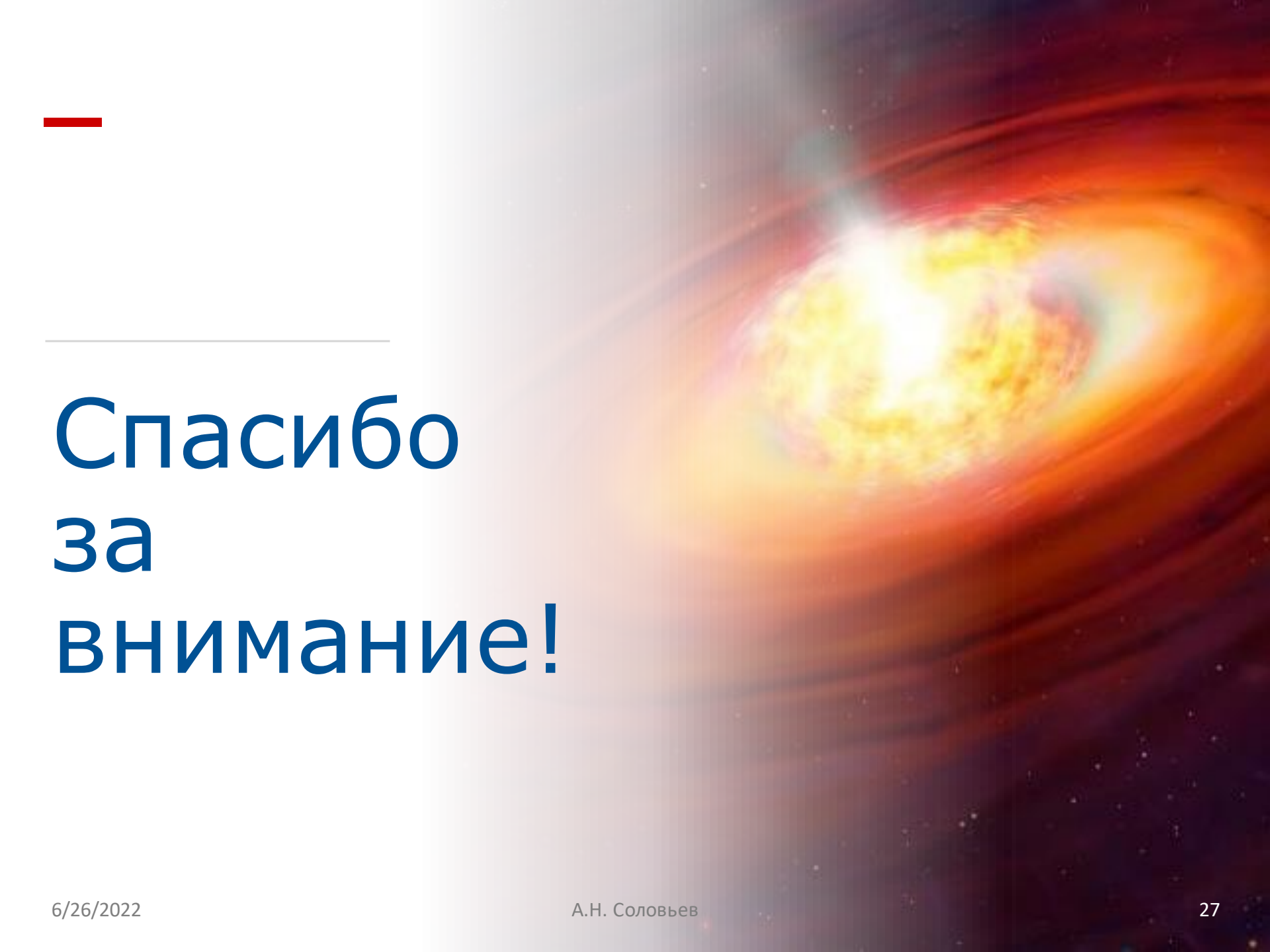


Первые оценки Монте-Карло говорят о том, что эффективность подавления космического излучения при использовании системы сцинтилляционных детекторов находится на уровне не менее 80 %, что подтверждает эффективность разработанной системы.



План на 2022

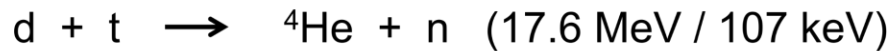
- Отладка RF ячеек POLIS
- Сеанс с неполяризованным ионным и неполяризованным атомарным пучками
- Изготовление системы детектирования космического фона
- Настройка RF ячеек ABS
- Сеанс с поляризованным ионным и неполяризованным атомарным пучками



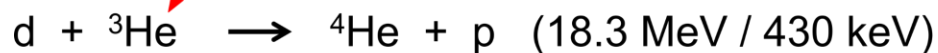
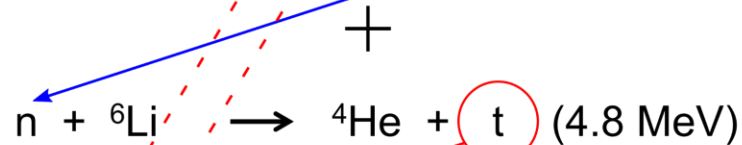
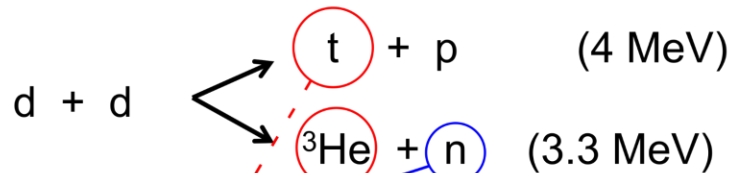
—

Спасибо
за
внимание!

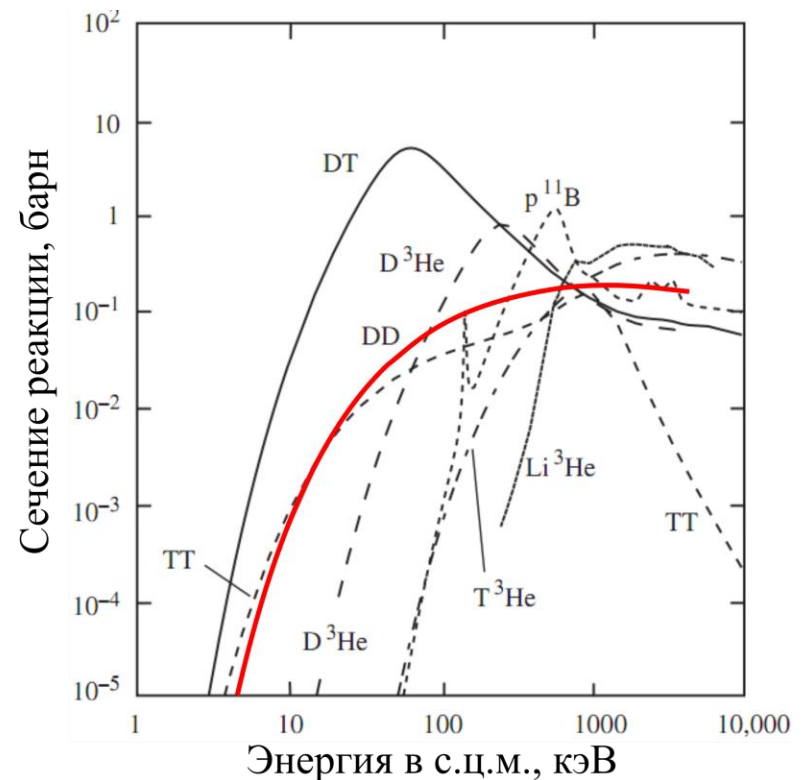
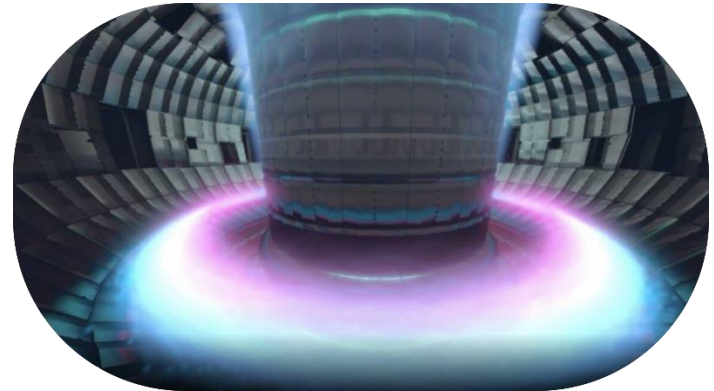
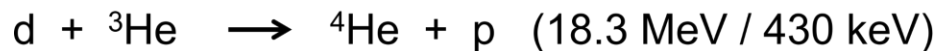
1 поколение:

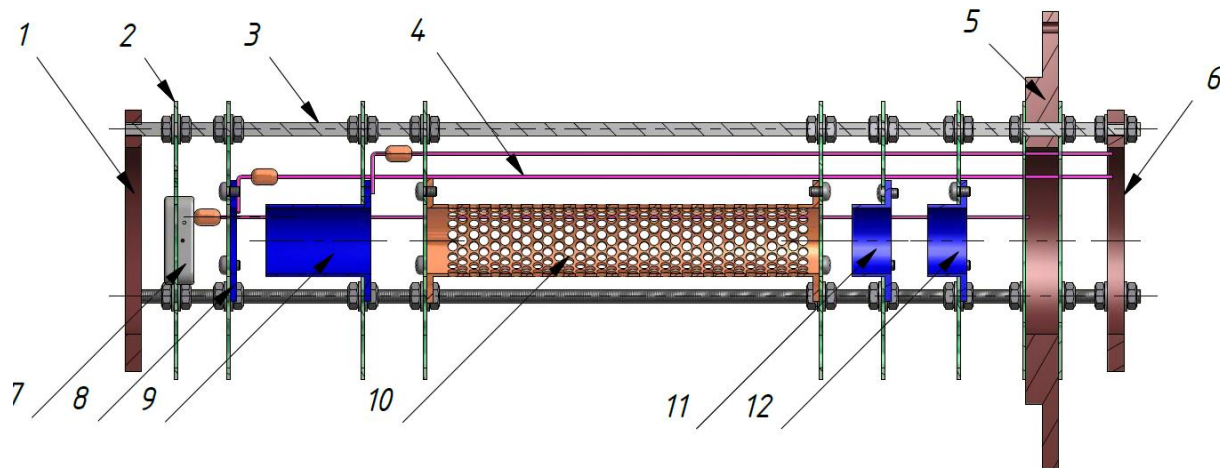
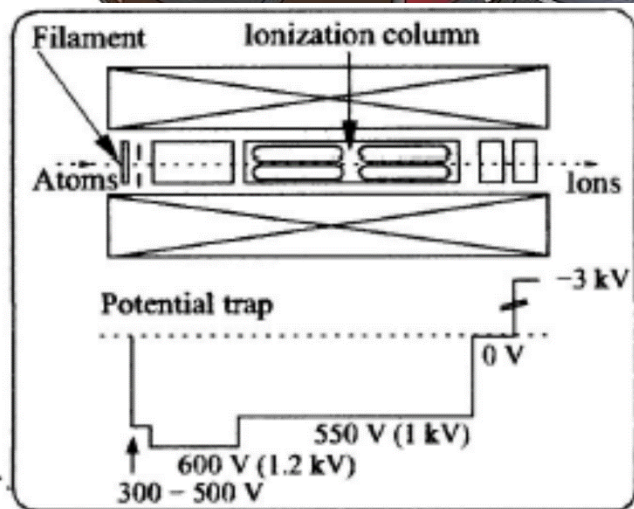
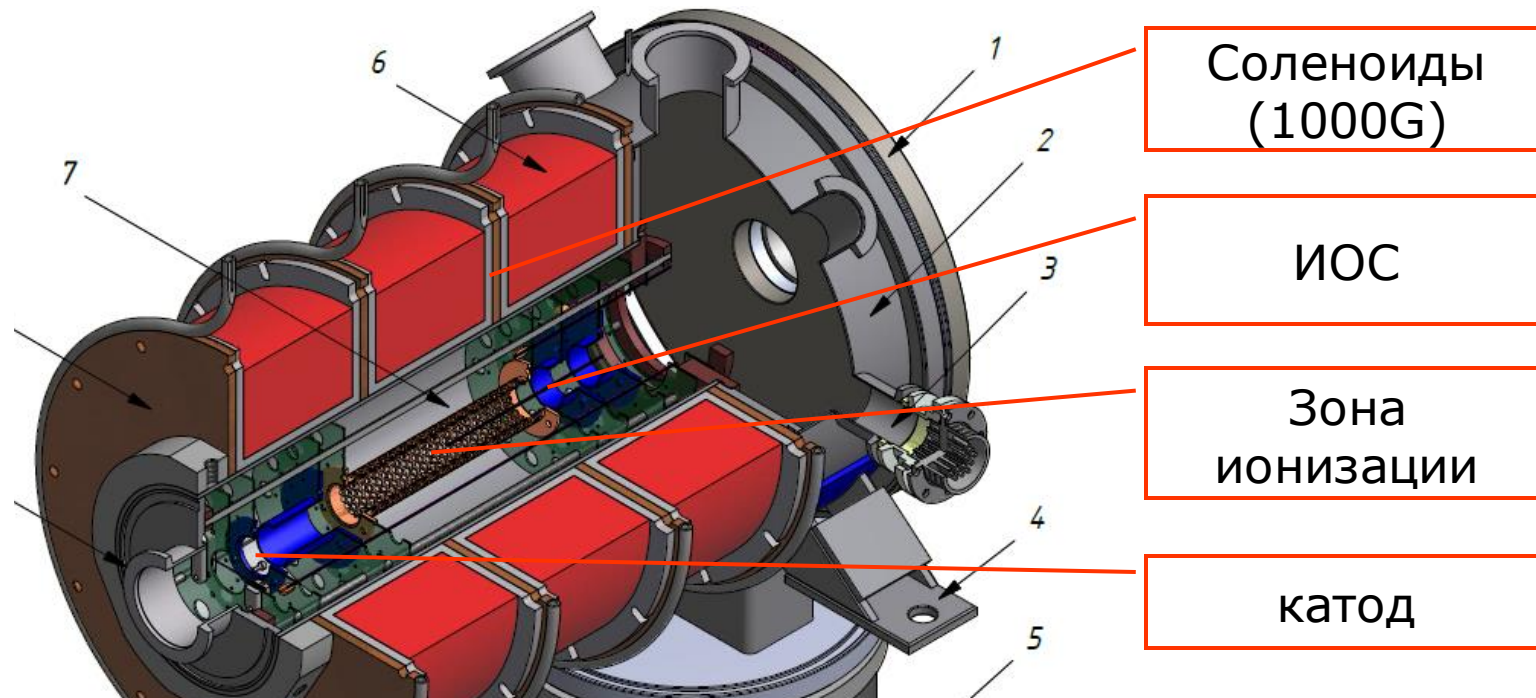


2 поколение:

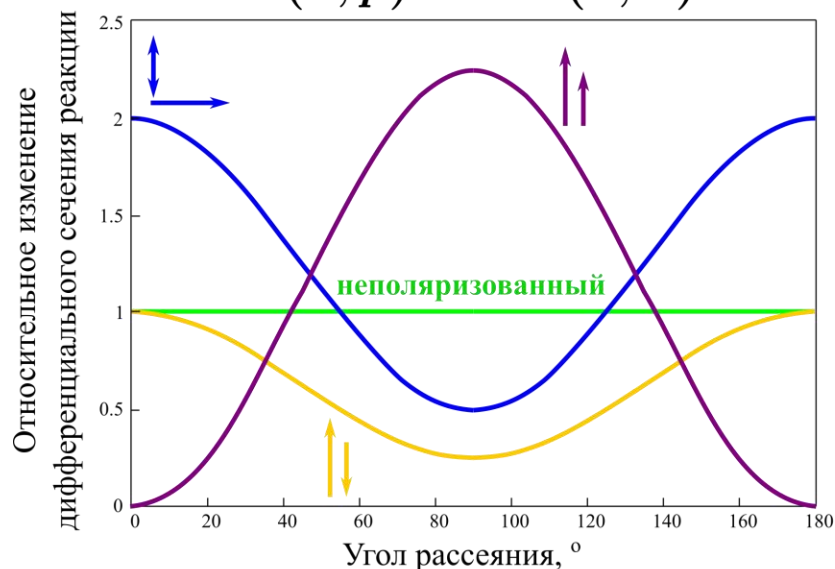


3 поколение:





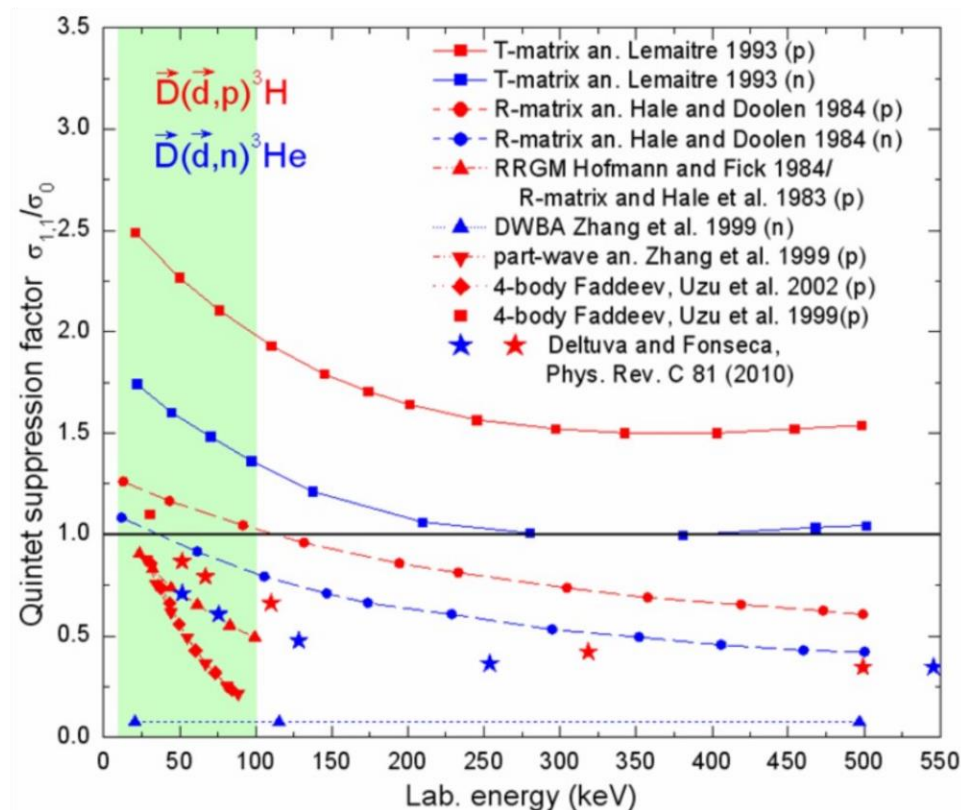
- Увеличение сечения реакции
- Контроль над направлением разлёта продуктов реакции
- Подавление нейтронного канала



Ch. Leemann et al., *Helv. Phys. Acta* **44**, 141 (1971)

R. Engels et al., *PoS SPIN* 2018, 176 (2019)

$$\text{QSF} = \frac{\sigma_{1,1}}{\sigma_0} \quad \sigma_0 = \frac{1}{9} \left(\underbrace{2\sigma_{1,1}}_{\text{Quintet}} + \underbrace{4\sigma_{1,0}}_{\text{Triplet}} + \underbrace{\sigma_{0,0} + 2\sigma_{1,-1}}_{\text{Singlet}} \right)$$



H. Paetz gen. Schieck *Nuclear physics with polarized particles* (Springer Verlag, Berlin, 2012);
Eur. Phys. J. A **44**, (2010) 321; *Few-Body Syst.* **54** (2013) 2159

$$\frac{L-R}{L+R} = \frac{\frac{3}{2} P_Z \sin \beta A_y}{1 + \frac{1}{2} P_{ZZ} [\sin^2 \beta A_{yy} + \cos^2 \beta A_{zz}]}$$

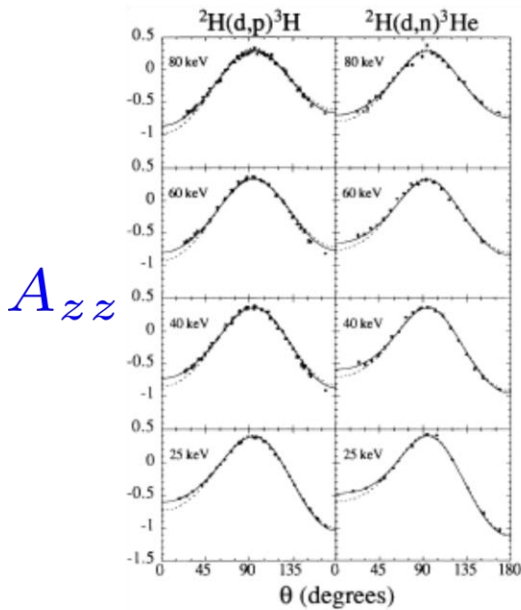
$$\frac{U-D}{U+D} = \frac{P_{ZZ} \sin \beta \cos \beta A_{xz}}{1 + \frac{1}{2} P_{ZZ} [\sin^2 \beta A_{xx} + \cos^2 \beta A_{zz}]}$$

$$\frac{2(L-R)}{L+R+U+D} = \frac{\frac{3}{2} P_Z \sin \beta A_y}{1 + \frac{1}{4} P_{ZZ} [3(\cos^2 \beta - 1) A_{zz}]}$$

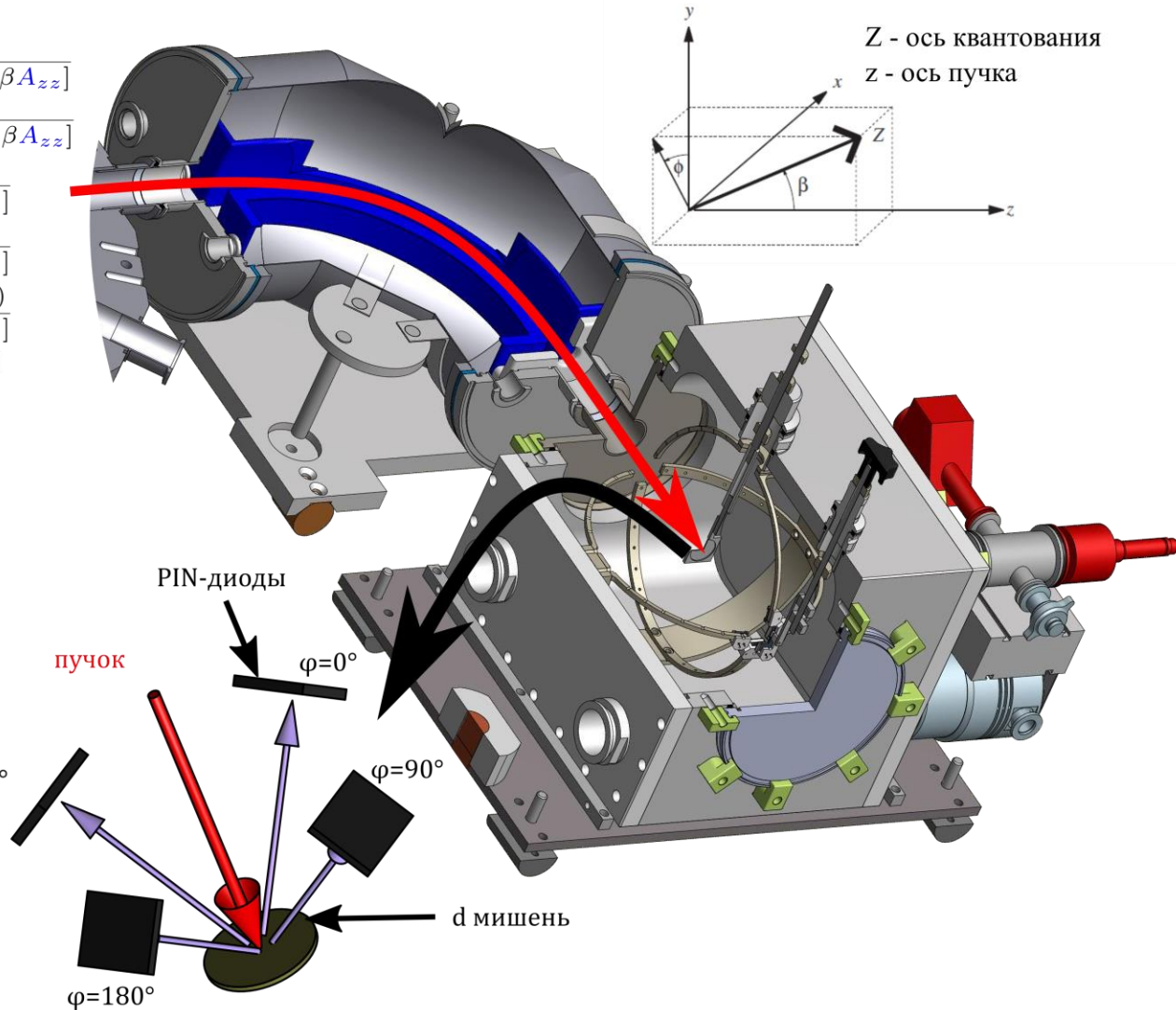
$$\frac{2(U-D)}{L+R+U+D} = \frac{P_{ZZ} \sin \beta \cos \beta A_{xz}}{1 + \frac{1}{4} P_{ZZ} [3(\cos^2 \beta - 1) A_{zz}]}$$

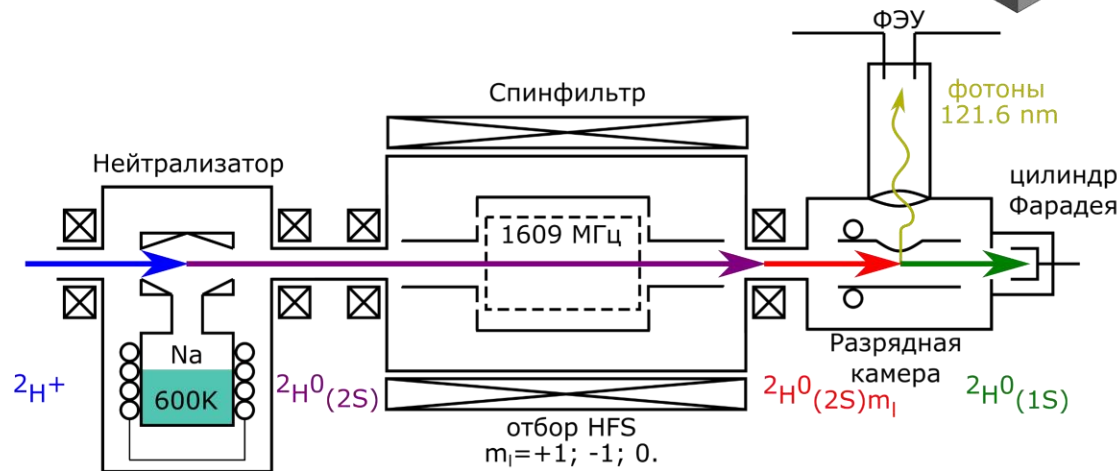
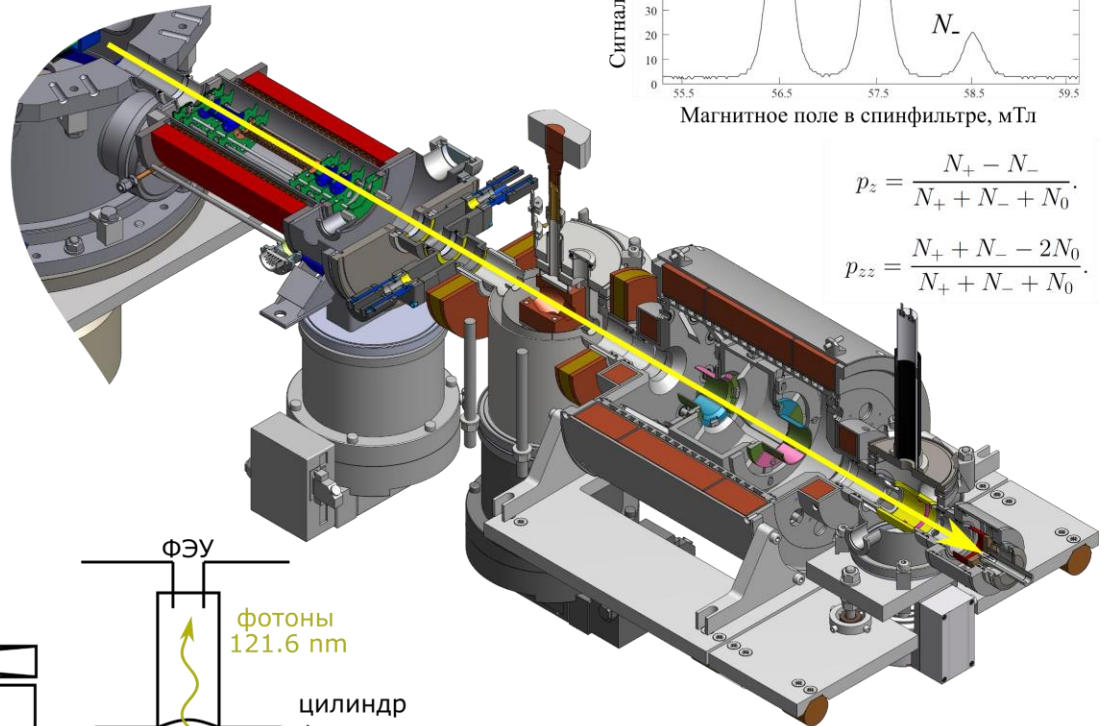
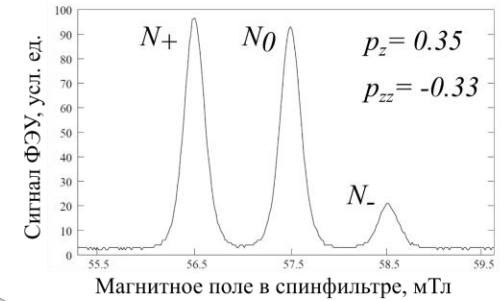
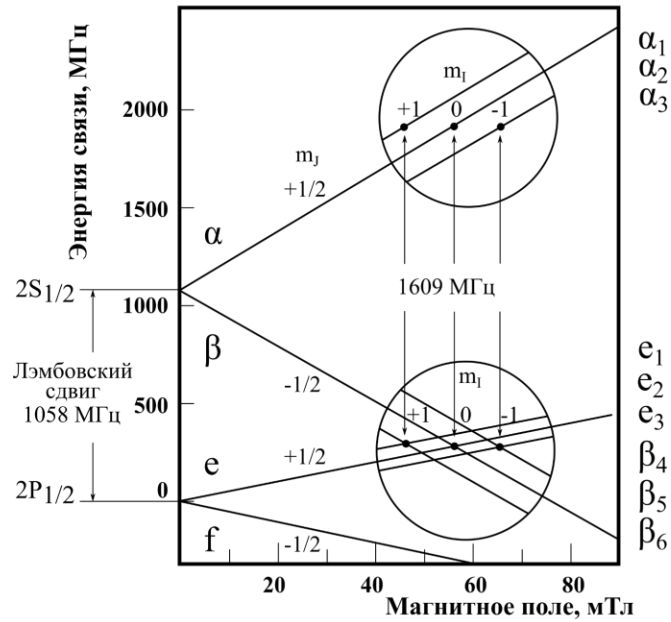
$$\frac{(L+R)-(U+D)}{L+R+U+D} = \frac{-\frac{1}{4} P_{ZZ} \sin^2 \beta (A_{xx} - A_{yy})}{1 + \frac{1}{4} P_{ZZ} [3(\cos^2 \beta - 1) A_{zz}]}$$

G.G. Ohlsen, P.W. Keaton, Jr., Nucl. Instr. and Meth. **109**, 41 (1973).



K. Fletcher, et al., Phys. Rev. C **49**, 2305 (1994).





$$\sigma(\theta, \phi) = \sigma_0(\theta) \left(1 + \sum_{j=1}^9 \bar{p}_j^b A_j^b(\theta) + \sum_{j=1}^9 \bar{p}_j^t A_j^t(\theta) + \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^9 \bar{p}_j^b \bar{p}_k^t C_{j,k}(\theta) \right)$$

$$p_{l'} \sigma(\theta, \phi) = \sigma_0(\theta) \left(P_{l'}(\theta) + \sum_{j=1}^9 \bar{p}_j K_j^{l'}(\theta) \right)$$

$$\bar{p}_1 = \frac{3}{2} p_x$$

$$\bar{p}_2 = \frac{3}{2} p_y$$

$$\bar{p}_3 = \frac{3}{2} p_z$$

$$\bar{p}_4 = \frac{2}{3} p_{xy}$$

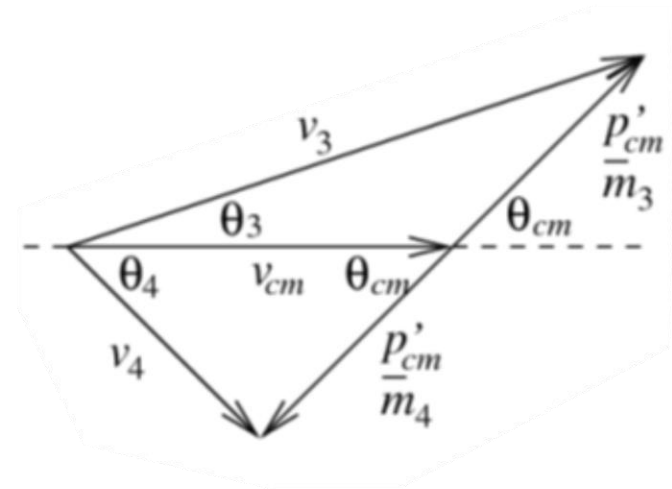
$$\bar{p}_5 = \frac{2}{3} p_{xz}$$

$$\bar{p}_6 = \frac{2}{3} p_{yz}$$

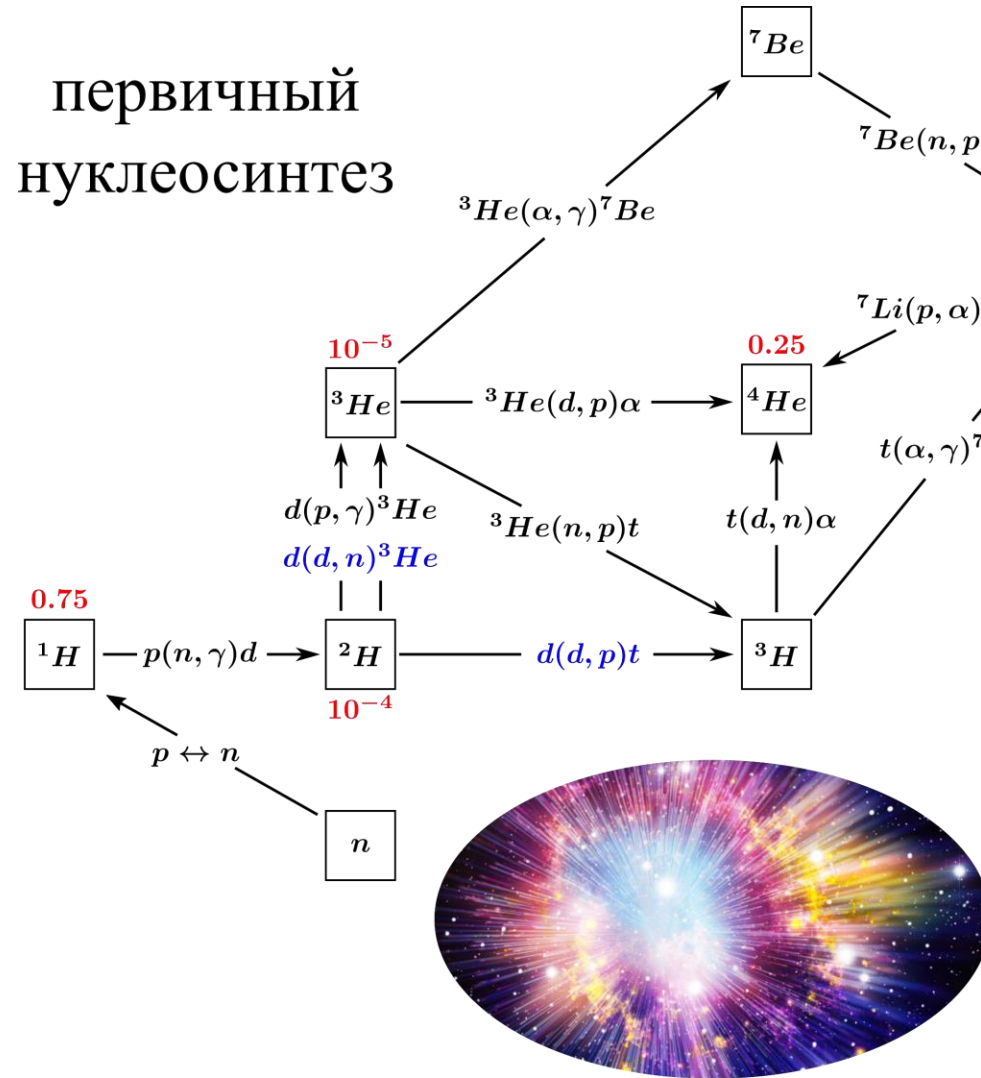
$$\bar{p}_7 = \frac{1}{3} p_{xx}$$

$$\bar{p}_8 = \frac{1}{3} p_{yy}$$

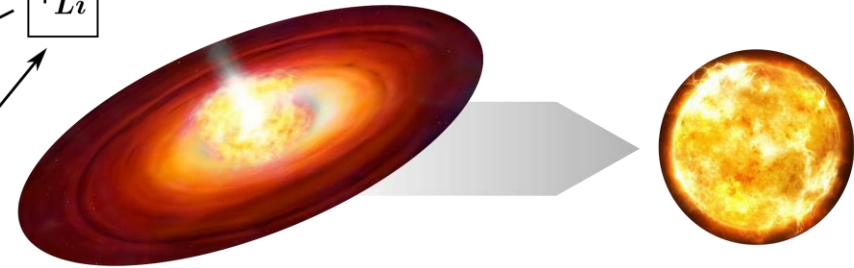
$$\bar{p}_9 = \frac{1}{3} p_{zz}$$



первичный нуклеосинтез



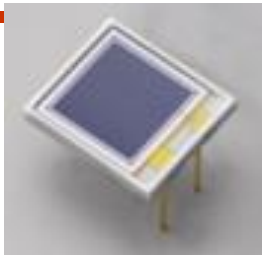
Эволюция звёзд



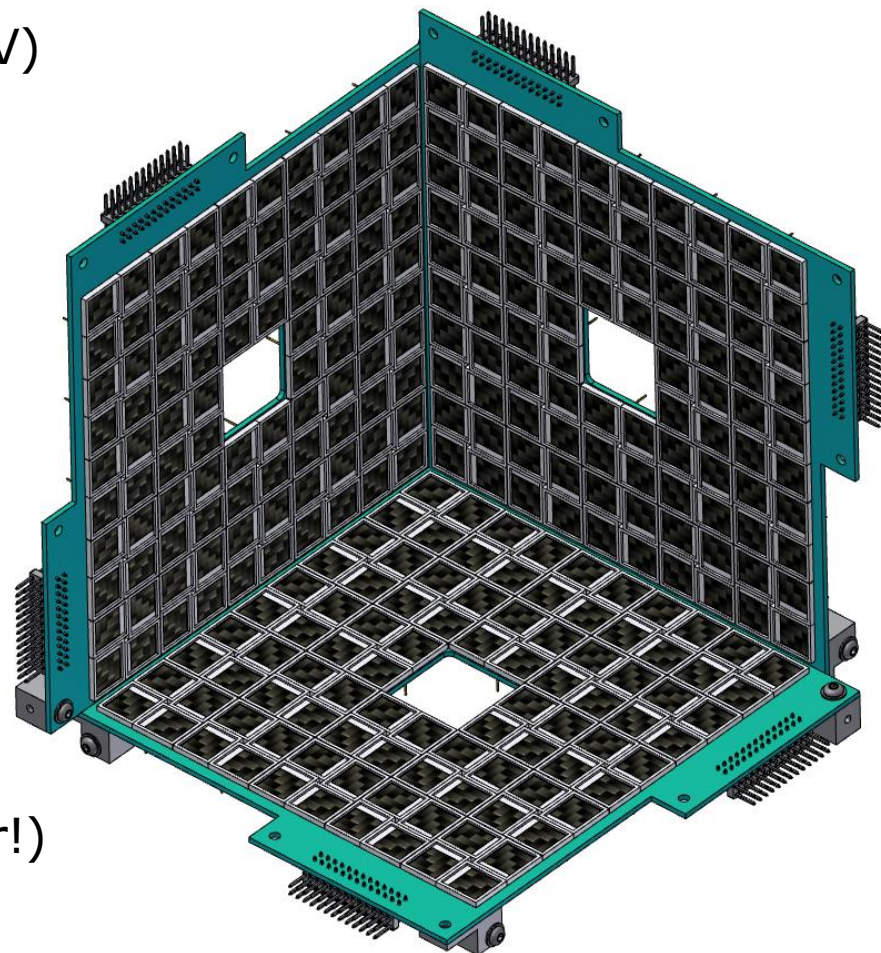
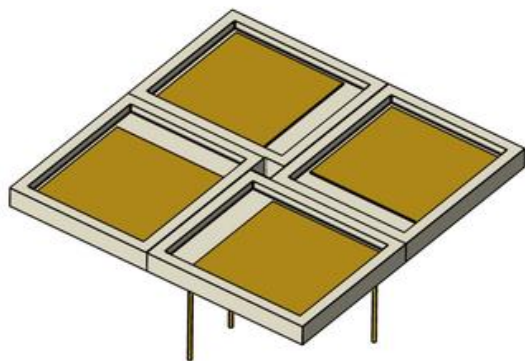
	$S(0), eV \times b$	T, K
$p(p, \nu e^+) d$	4×10^{-19}	10^7
$^3\text{He}(p, \nu e^+) \alpha$	8.6×10^{-17}	
$d(p, \gamma) ^3\text{He}$	0.2	
$^3\text{He}(\alpha, \gamma) ^7\text{Be}$	560	
$d(\alpha, \gamma) ^6\text{Li}$	2×10^{-3}	
$d(d, \gamma) \alpha$	5.4×10^{-3}	
$d(d, n) ^3\text{He}$	50000	10^6
$d(d, p) t$	56000	10^6

E. G. Adelberger et al., Rev. Mod. Phys. **83**, 195 (2011)

C. Angulo et al., Nuclear Physics A **656**, 3-183 (1999)



- 4- π detector with 51% filling
- 576 Hamamatsu PIN-diodes (S3590-09)
- PIN-diode active area: 1 cm²
- depleted layer: 300 μ m
- energy resolution: <50keV
- low reverse voltage ($\leq$ 50V)



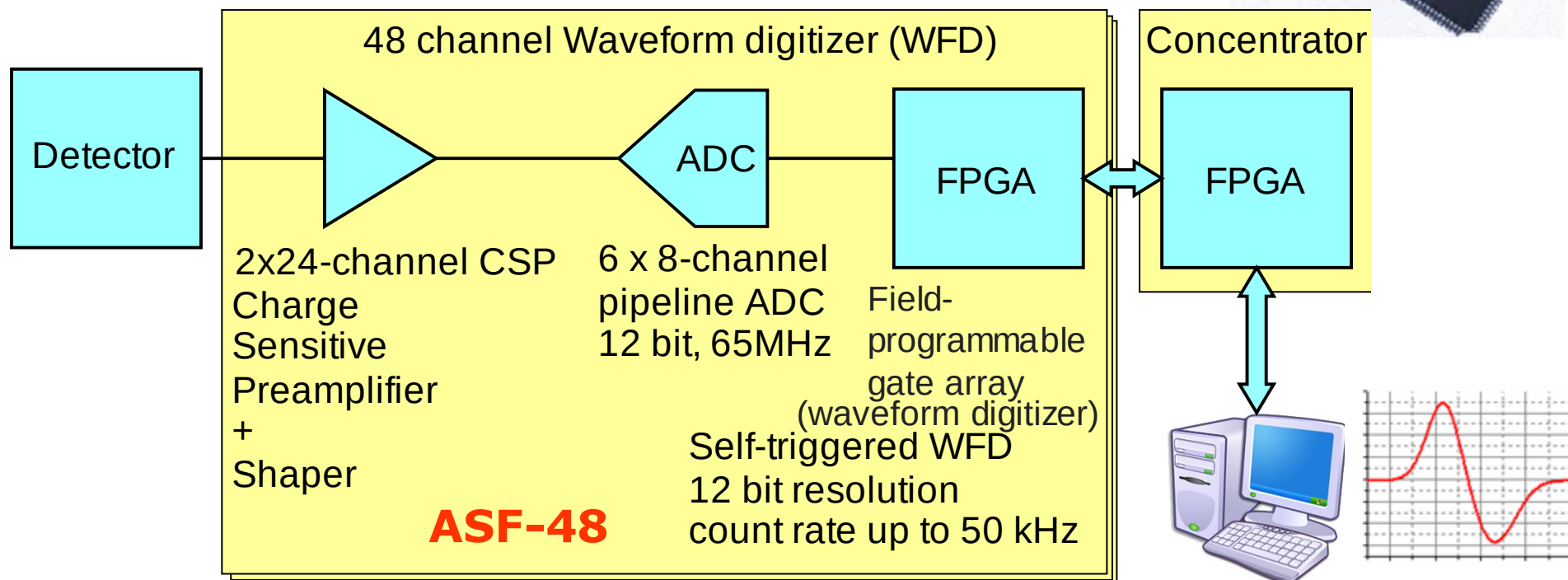
Square detector elements (4x4 diodes)
Standard PCB assembly with
spring through-hole mounting (no solder!)

Readout requirements:

- ☐ 600 channels
- ☐ Total count rate $\leq 1\text{kHz}$
- ☐ Standard interface (Ethernet?)
- ☐ Event synchronization for coincidence trigger

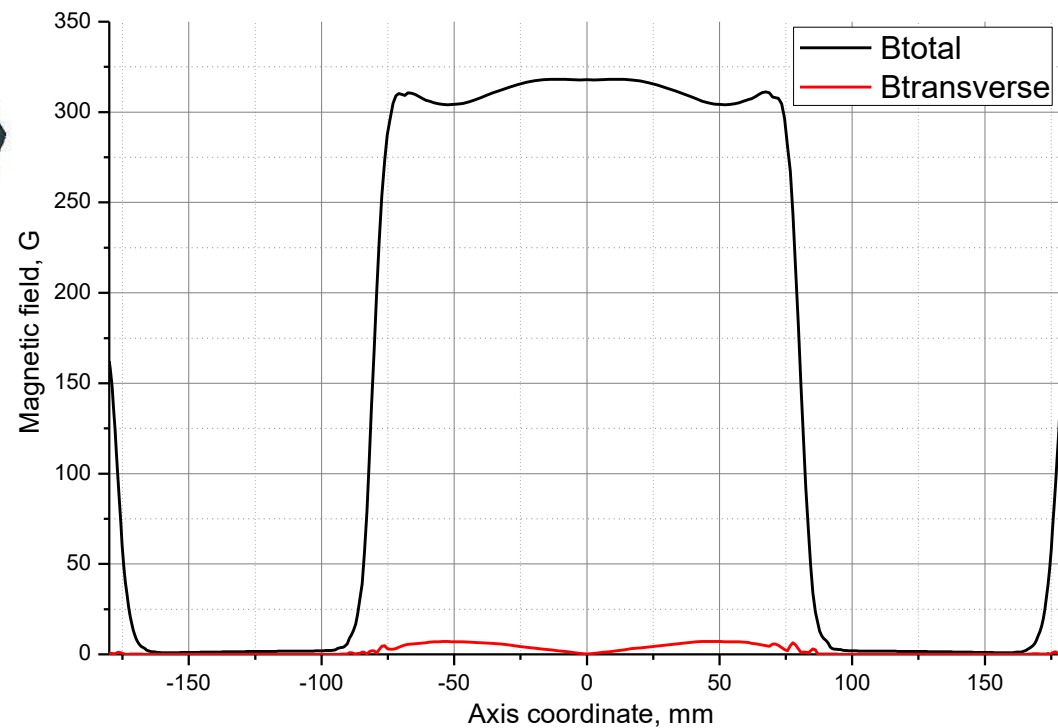
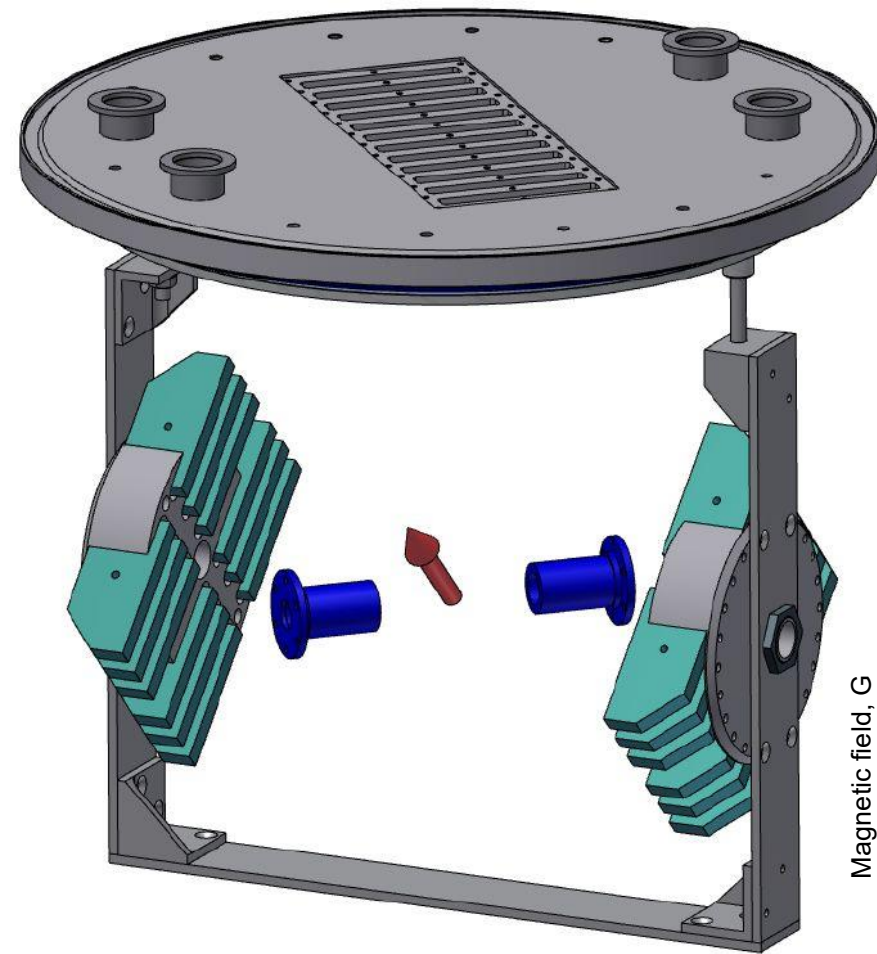
CSP from ATLAS CSC [BNL]

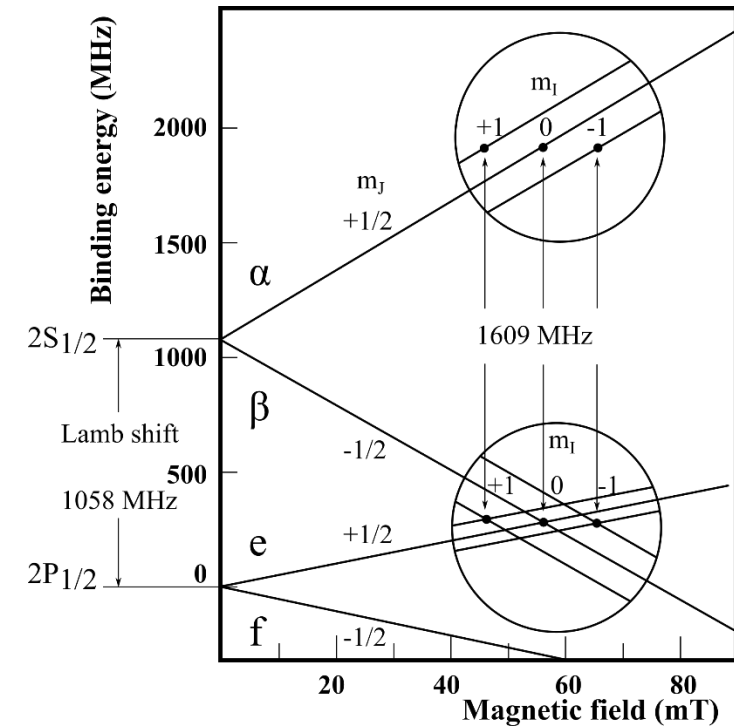
Junnarkar et al. IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record (2005)



$$B = 300 \text{ G} = 2.5 B_c$$

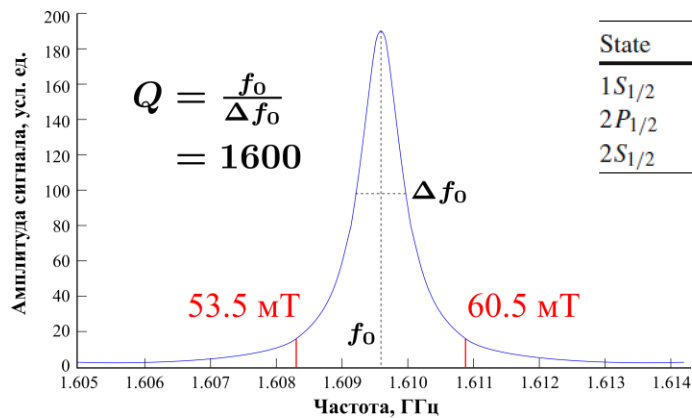
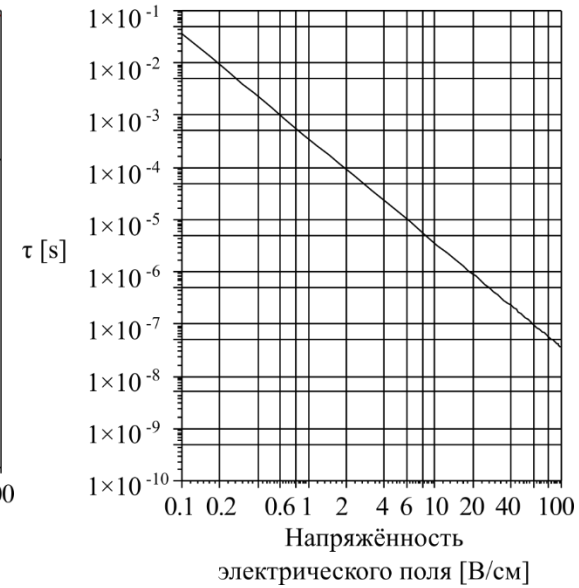
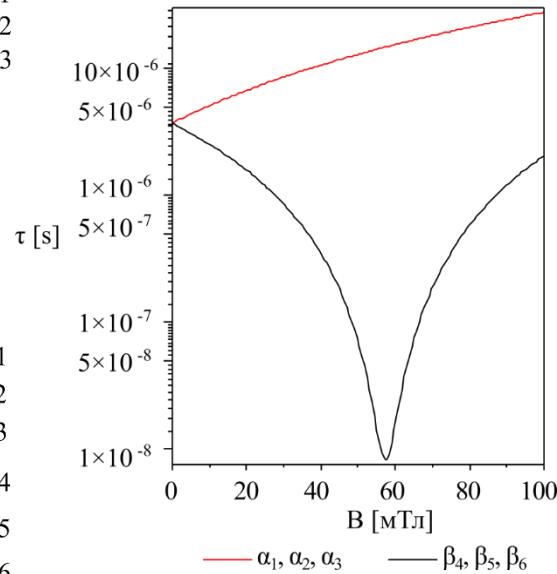
Magnet field is generated by 24 permanent magnets with dimensions $80 \times 40 \times 10 \text{ mm}^3$ with pole tip field of 1.25 T at the surface (NdFeB N40)



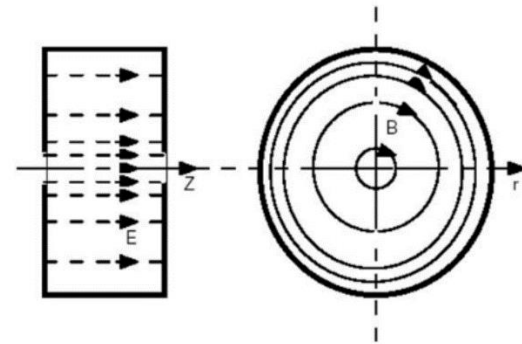


α_1
 α_2
 α_3

e_1
 e_2
 e_3
 β_4
 β_5
 β_6



State	B_{crit} (mT)	ΔW (MHz)
1S _{1/2}	11.7	327
2P _{1/2}	0.5	14
2S _{1/2}	1.5	41



$$\sigma(\theta, \phi) = \sigma_0 \left(1 + \frac{3}{2} P_Z A_y(\theta) \cos \phi \sin \beta - P_{ZZ} A_{xz}(\theta) \sin \beta \cos \beta \sin \phi - \frac{1}{4} P_{ZZ} (A_{xx}(\theta) - A_{yy}(\theta)) \sin^2 \beta \cos 2\phi + \frac{1}{4} P_{ZZ} A_{zz}(\theta) (3 \cos^2 \beta - 1) \right).$$

G.G. Ohlsen, P.W. Keaton, Jr., Nucl. Instr. and Meth. **109**, 41 (1973).

$$\sigma_L = \sigma_0 \left(1 + \frac{3}{2} P_Z A_y(\theta) \sin \beta + \frac{1}{2} P_{ZZ} (A_{yy}(\theta) \sin^2 \beta + A_{zz} \cos^2 \beta) \right),$$

$$\sigma_R = \sigma_0 \left(1 - \frac{3}{2} P_Z A_y(\theta) \sin \beta + \frac{1}{2} P_{ZZ} (A_{yy}(\theta) \sin^2 \beta + A_{zz} \cos^2 \beta) \right),$$

$$\sigma_U = \sigma_0 \left(1 + P_{ZZ} A_{xz}(\theta) \sin \beta \cos \beta + \frac{1}{2} P_{ZZ} (A_{xx}(\theta) \sin^2 \beta + A_{zz} \cos^2 \beta) \right),$$

$$\sigma_D = \sigma_0 \left(1 + P_{ZZ} A_{xz}(\theta) \sin \beta + \frac{1}{2} P_{ZZ} (A_{yy}(\theta) \sin^2 \beta \cos \beta + A_{zz} \cos^2 \beta) \right).$$

$$L \propto \sigma_L$$

$$R \propto \sigma_R$$

$$U \propto \sigma_U$$

$$D \propto \sigma_D.$$

$$R = \frac{R_{polarized}}{R_{unpolarized}}.$$



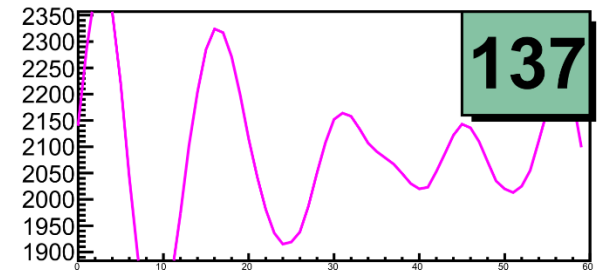
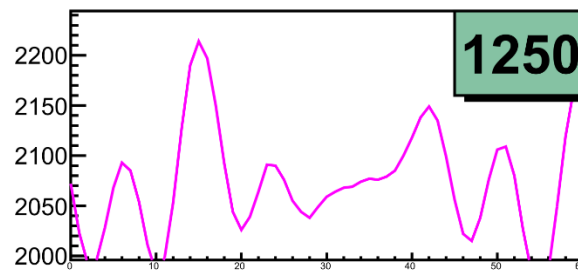
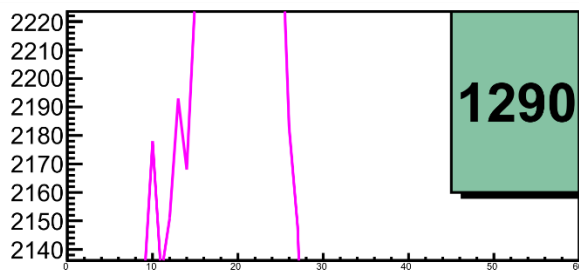
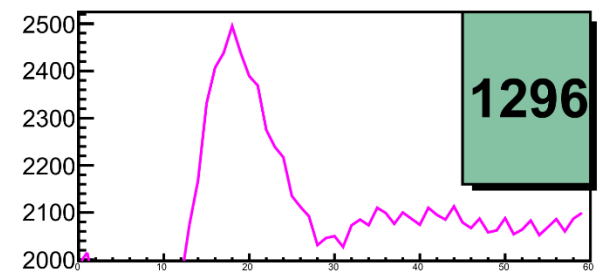
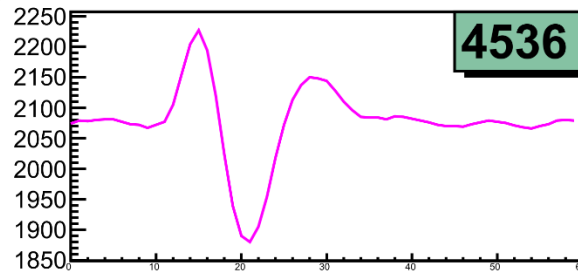
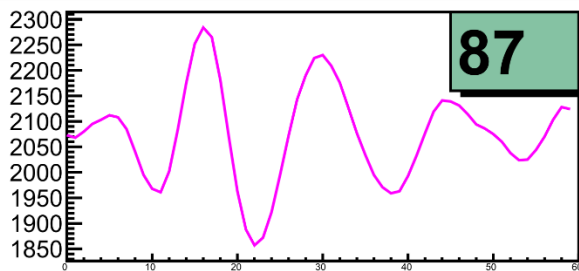
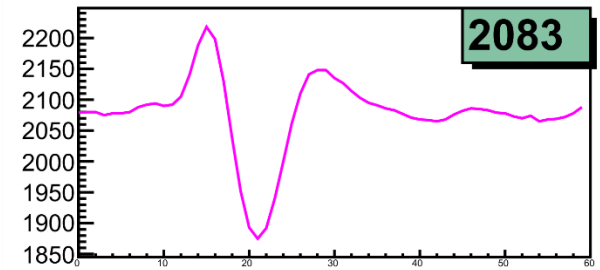
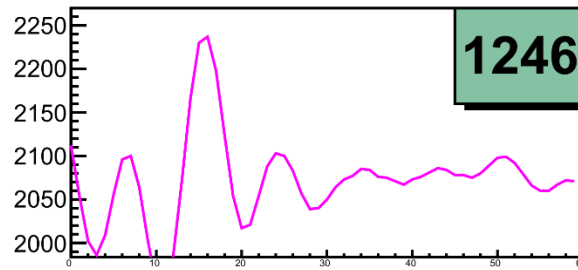
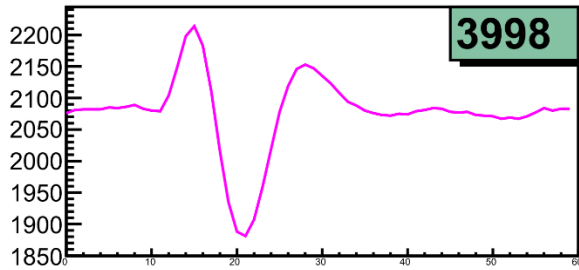
$$\epsilon_1 \equiv \frac{L - R}{L + R} = \frac{\frac{3}{2} P_Z \sin \beta A_y}{1 + \frac{1}{2} P_{ZZ} [\sin^2 \beta A_{yy} + \cos^2 \beta A_{zz}]}$$

$$\epsilon_2 \equiv \frac{U - D}{U + D} = \frac{P_{ZZ} \sin \beta \cos \beta A_{xz}}{1 + \frac{1}{2} P_{ZZ} [\sin^2 \beta A_{xx} + \cos^2 \beta A_{zz}]}$$

$$\epsilon_3 \equiv \frac{2(L - R)}{L + R + U + D} = \frac{\frac{3}{2} P_Z \sin \beta A_y}{1 + \frac{1}{4} P_{ZZ} [3(\cos^2 \beta - 1) A_{zz}]}$$

$$\epsilon_4 \equiv \frac{2(U - D)}{L + R + U + D} = \frac{P_{ZZ} \sin \beta \cos \beta A_{xz}}{1 + \frac{1}{4} P_{ZZ} [3(\cos^2 \beta - 1) A_{zz}]}$$

$$\epsilon_5 \equiv \frac{(L + R) - (U + D)}{L + R + U + D} = \frac{-\frac{1}{4} P_{ZZ} \sin^2 \beta (A_{xx} - A_{yy})}{1 + \frac{1}{4} P_{ZZ} [3(\cos^2 \beta - 1) A_{zz}]},$$



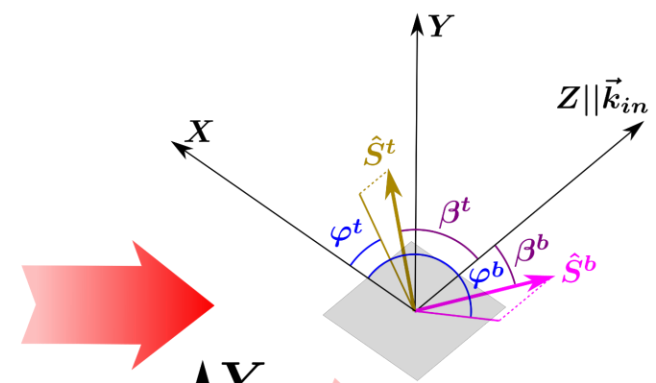
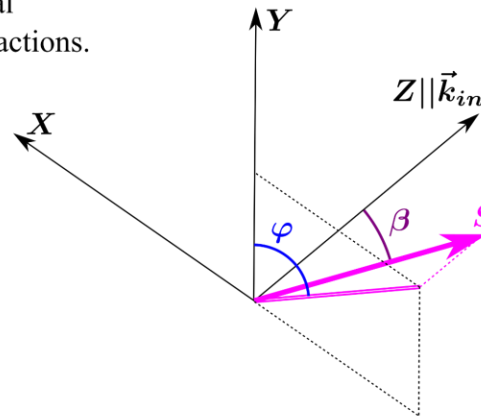


Basel convention (1961): Huber, P., Meyer, K.P. (eds.): Proceedings of the International Symposium on Polarization Phenomena of Nucleons. Helv. Phys. Acta Suppl. VI. Birkhäuser

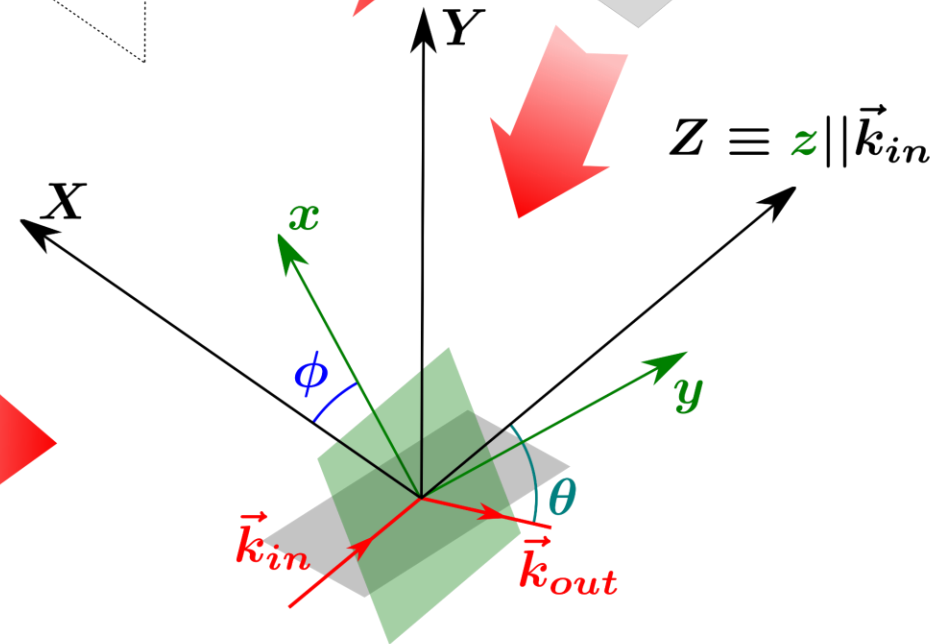
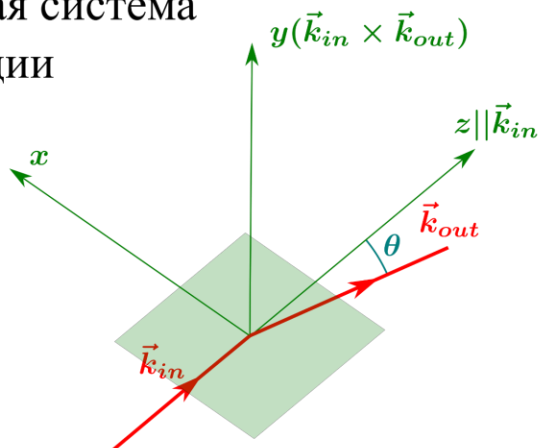
Madison convention (1971): Barschall, H.H., Haeberli, W. (eds.): Proceedings of the 3rd International Symposium on Polarization Phenomena in Nuclear Reactions. University of Wisconsin Press

Описание поляризации
(фиксированная в пространстве
координатная система)

$\vec{k}_{in}$ - момент импульса
налетающей частицы
 $\vec{k}_{out}$ - момент импульса
вылетающей частицы
 $\hat{S}^b, \hat{S}^t$ - оси квантования
пучка и мишени



Координатная система
реакции



$$Y(\theta, \phi) = L \cdot \sigma(\theta, \phi)$$

$$\sigma(\theta, \phi) = \sigma_0(\theta) \left(1 + \sum_1^9 p_j^b A_j^b(\theta) + \sum_1^9 p_j^t A_j^t(\theta) + \sum_1^9 \sum_1^9 p_j^b p_k^t C_{j,k}(\theta) \right)$$

Gerald G. Ohlsen, Rep. Prog. Phys. **35**, 717 (1972)

Знак поляризации: ($L_{POLIS, ABS}$)

$$L_{++} = L_{-+} = L_{+-} = L_{--}$$

$$\mathcal{A}^b(\theta, \phi) = \frac{(Y_{++} + Y_{+-}) - (Y_{-+} + Y_{--})}{Y_{++} + Y_{+-} + Y_{-+} + Y_{--}}$$

$$\mathcal{A}^t(\theta, \phi) = \frac{(Y_{++} + Y_{-+}) - (Y_{+-} + Y_{--})}{Y_{++} + Y_{+-} + Y_{-+} + Y_{--}}$$

$$\mathcal{A}^{b,t}(\theta, \phi) = \frac{(Y_{++} + Y_{--}) - (Y_{-+} + Y_{+-})}{Y_{++} + Y_{+-} + Y_{-+} + Y_{--}}$$

$$\beta^b = \beta^t = 0^\circ :$$

$$\sigma(\theta, \phi) = \sigma_0(\theta) \left[1 + \frac{1}{2}p_{ZZ}^b A_{zz}^b(\theta) + \frac{1}{2}p_{ZZ}^t A_{zz}^t(\theta) + \frac{9}{4}p_Z^b p_Z^t C_{z,z}(\theta) + \frac{1}{4}p_{ZZ}^b p_{ZZ}^t C_{zz,zz}(\theta) \right]$$

$$\mathcal{A}^b(\theta, \phi) = \frac{2|p_{ZZ}^b|A_{zz}^b(\theta)}{4+9C_{z,z}}$$

$$\mathcal{A}^t(\theta, \phi) = \frac{2|p_{ZZ}^t|A_{zz}^t(\theta)}{4+9C_{z,z}}$$

$$\mathcal{A}_Z^{b,t}(\theta, \phi) = \frac{9|p_Z^b||p_Z^t|C_{z,z}(\theta)}{4+2p_{ZZ}^b A_{zz}^b(\theta)+2p_{ZZ}^t A_{zz}^t(\theta)+p_{ZZ}^b p_{ZZ}^t C_{zz,zz}(\theta)}$$

$$\mathcal{A}_{ZZ}^{b,t}(\theta, \phi) = \frac{|p_{ZZ}^b||p_{ZZ}^t|C_{zz,zz}}{4+9|p_Z^b||p_Z^t|C_{z,z}}$$

$$p_Z^b = p_Z^t = \pm \frac{2}{3}$$

$$p_{ZZ}^b = p_{ZZ}^t = 0$$

$$\mathcal{A}_Z^{b,t}(\theta, \phi) = C_{z,z}$$

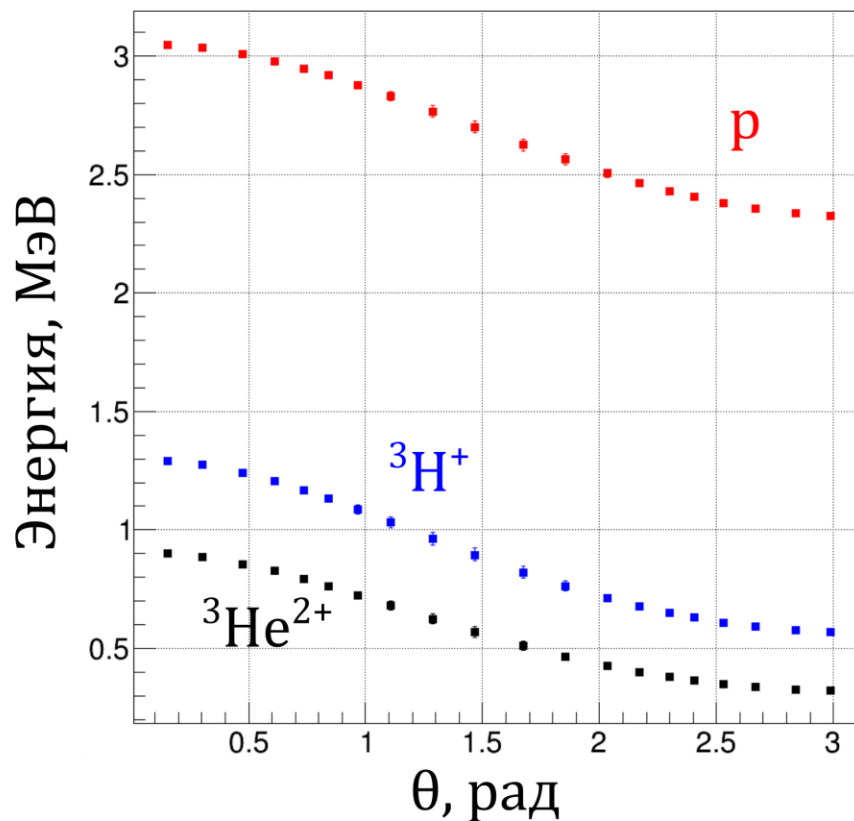
$$p_Z^b = p_Z^t = +\frac{1}{3}$$

$$p_{ZZ}^b = p_{ZZ}^t = \pm 1$$

$$\mathcal{A}_{ZZ}^{b,t}(\theta, \phi) = \frac{C_{zz,zz}}{4+C_{z,z}}$$

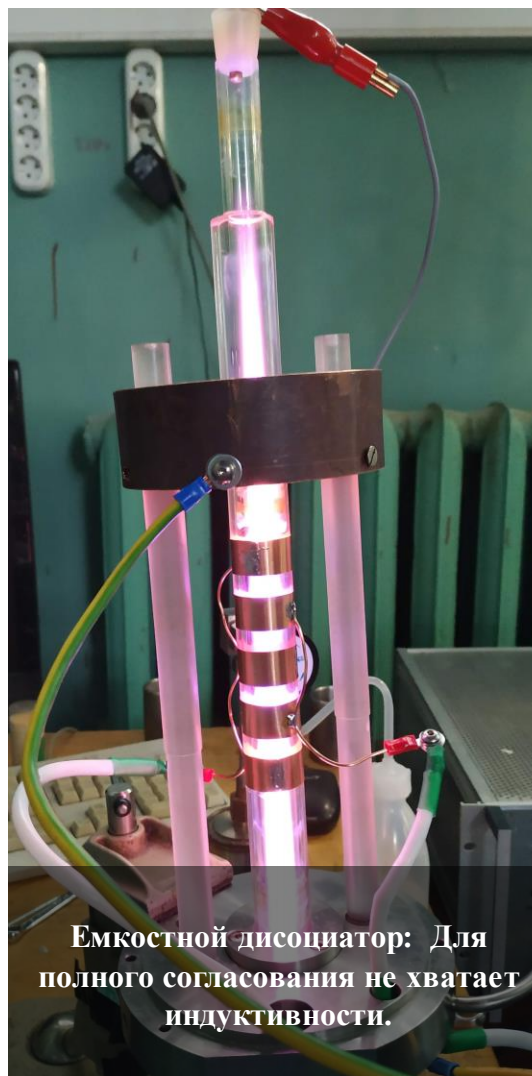
$$\mathcal{A}_{ZZ}^b(\theta, \phi) = \frac{2A_{zz}^b(\theta)}{4+9C_{z,z}}$$

$$\mathcal{A}_{ZZ}^t(\theta, \phi) = \frac{2A_{zz}^t(\theta)}{4+9C_{z,z}}$$



На основе формул из [Г.А.Борисов, Р.Д.Васильев, В.Ф.Шевченко
Кинематические таблицы ядерных реакций d,n и p,n
Издательство стандартов, Москва 1974]

Сравнение диссоциаторов



Емкостной диссоциатор: Для полного согласования не хватает индуктивности.



Параллельный LC контур: Узкая резонансная полоса, сложность в согласовании (обратная мощность на уровне 50%).