

# Создание источника поляризованных дейтронов на ускорителе Ван де Граафа Чешского Технического Университета.

Илья Гапиенко

Семинар ЛЯП ОИЯИ. 6 апреля 2023

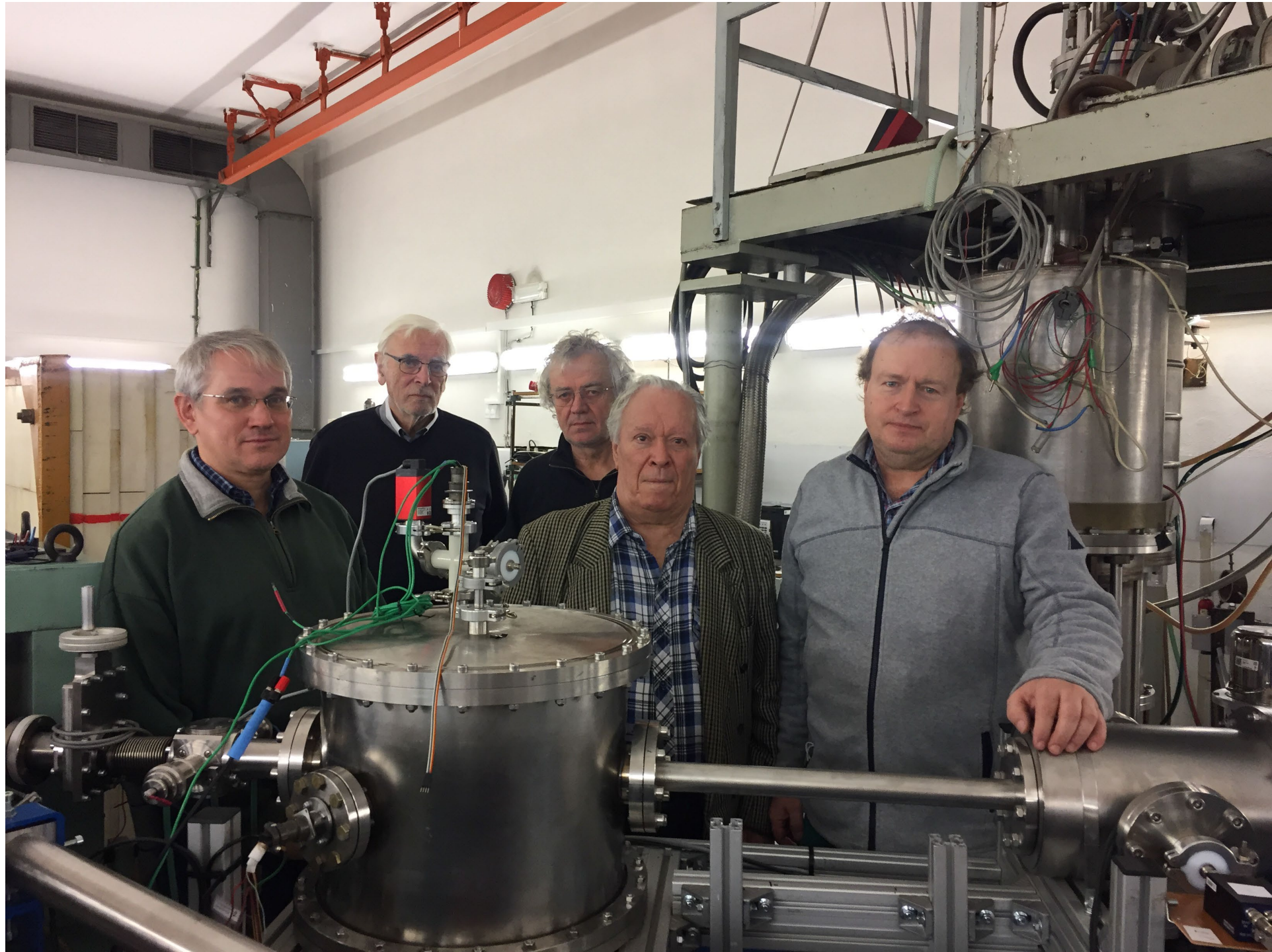
# Содержание

1. NN-эксперимент.
2. Методика получения поляризованных пучков и измерения поляризации.
3. Источник поляризованных дейтронов.
4. Итоги + планы.

# Участники

ОИЯИ: Д.В. Белов  
И.В. Гапиенко  
В.Г. Коломиец  
Ю.А. Плис  
Ю.А. Усов  
А.Н. Фёдоров

ČVUT: J. Černý  
Z. Kohout  
J. Petřík  
M. Solar  
J. Šveida  
I. Wilhelm

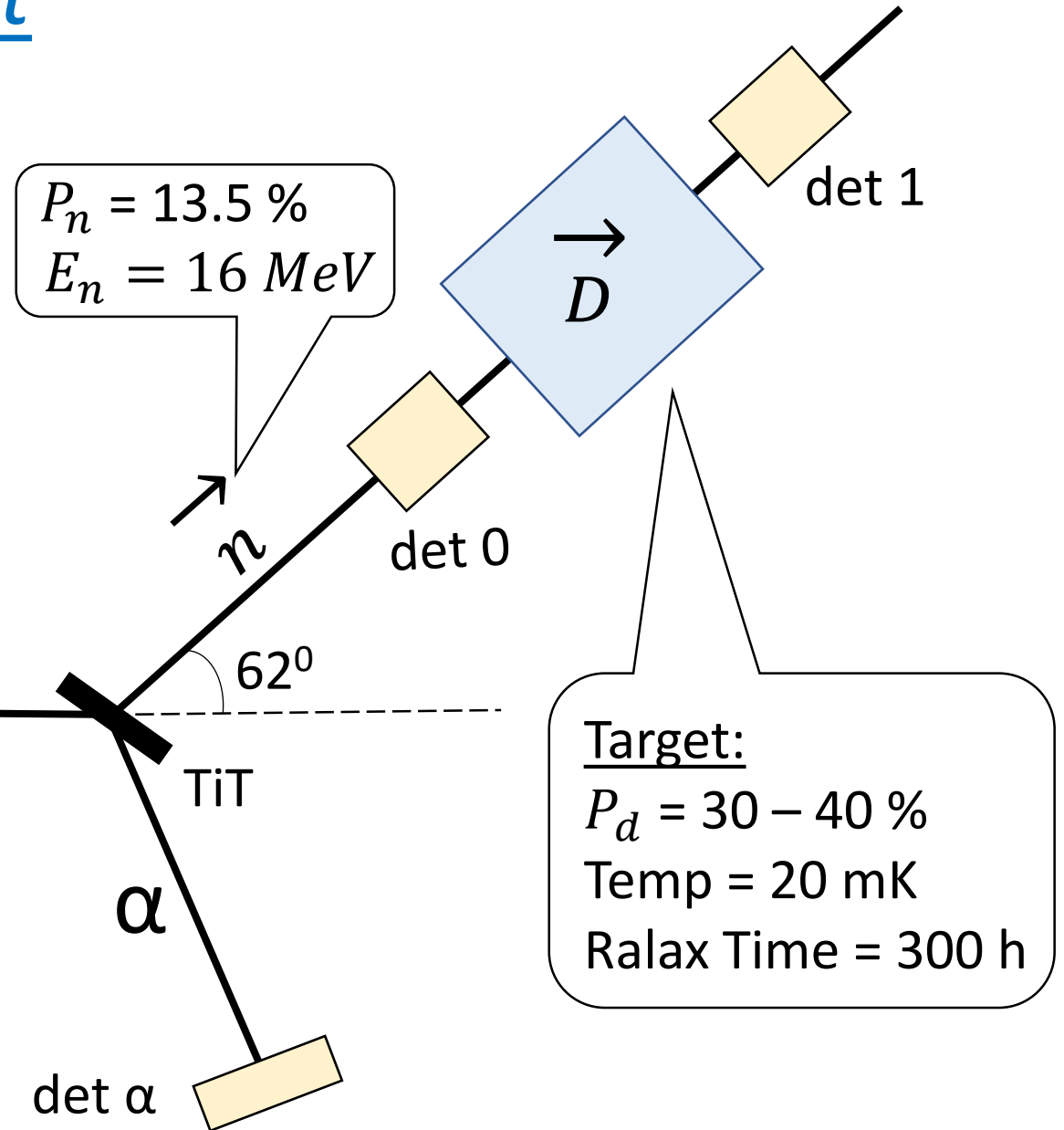


# Setup of the NN-experiment

$$\Delta\sigma = \frac{\ln\left(\frac{N_0^{\uparrow\downarrow}}{N_1^{\uparrow\downarrow}}\right) - \ln\left(\frac{N_0^{\uparrow\uparrow}}{N_1^{\uparrow\uparrow}}\right)}{\omega P_n P_d}$$

Van de Graaf  
300 KeV – 2 MeV

$D^+$   
 $E_d = 1.82 \text{ MeV}$



# Setup of the NN-experiment

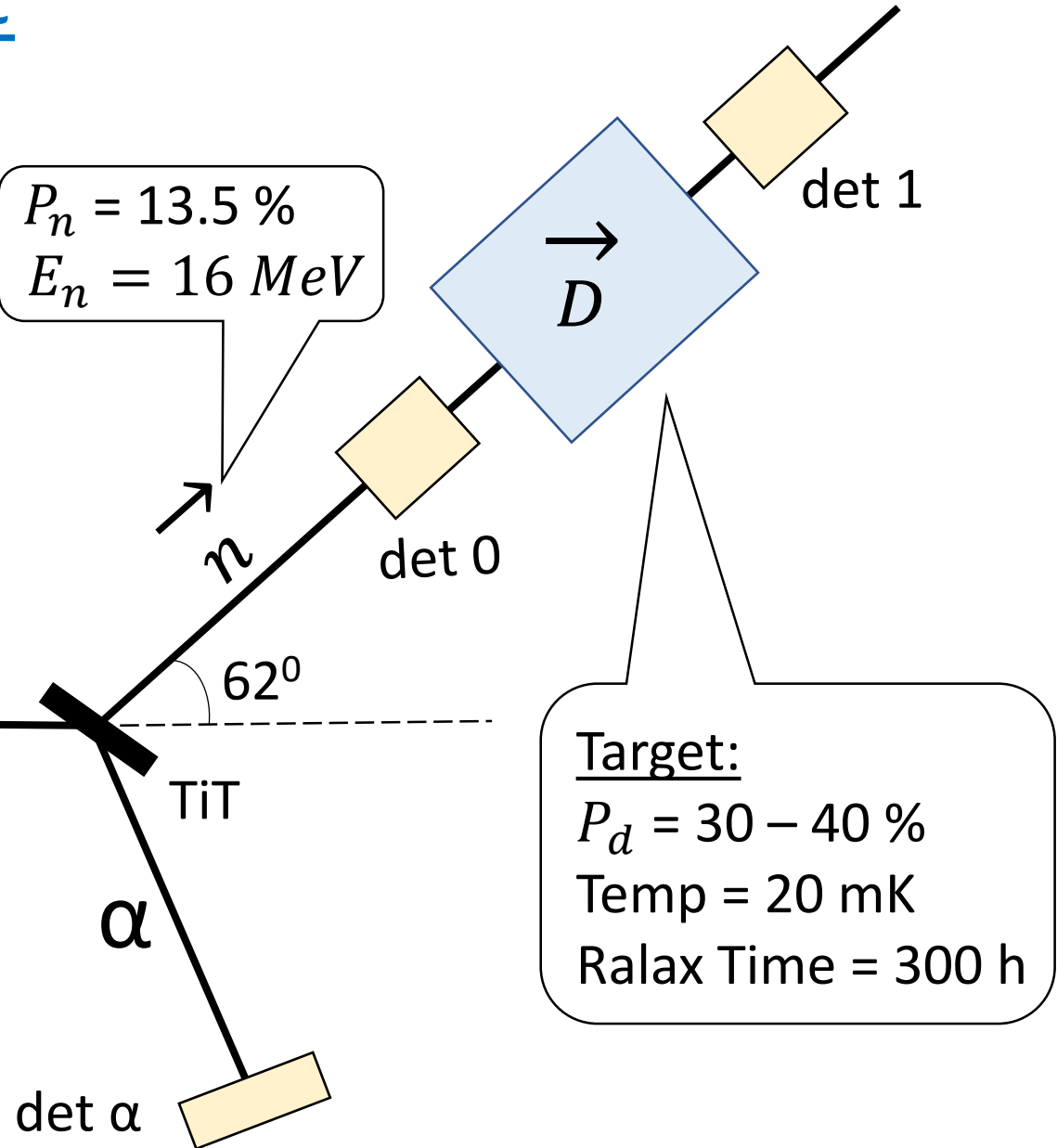
$$\Delta\sigma = \frac{\ln\left(\frac{N_0^{\uparrow\downarrow}}{N_1^{\uparrow\downarrow}}\right) - \ln\left(\frac{N_0^{\uparrow\uparrow}}{N_1^{\uparrow\uparrow}}\right)}{\omega P_n P_d}$$

Van de Graaf  
300 KeV – 2 MeV

$D^+$   
Polarizer

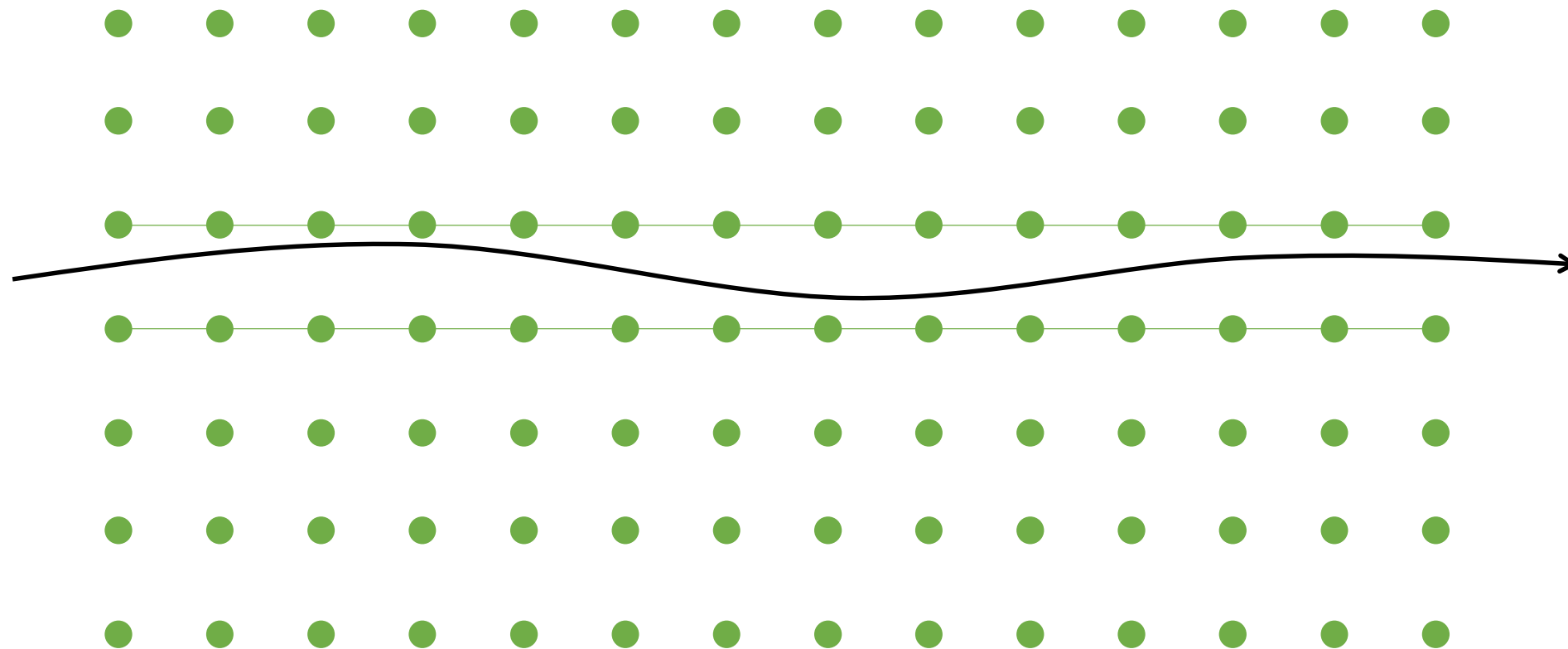
$D$

$P_n = 13.5\%$   
 $E_n = 16\text{ MeV}$



Target:  
 $P_d = 30 - 40\%$   
Temp = 20 mK  
Relax Time = 300 h

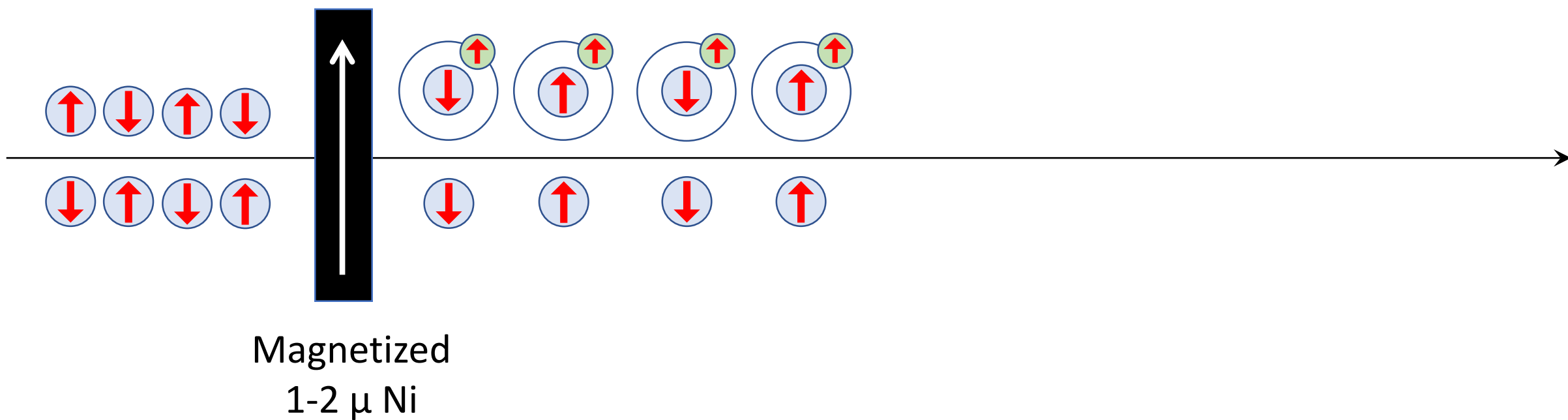
# Эффект каналирования



# Поляризация пучка. Метод Каминского

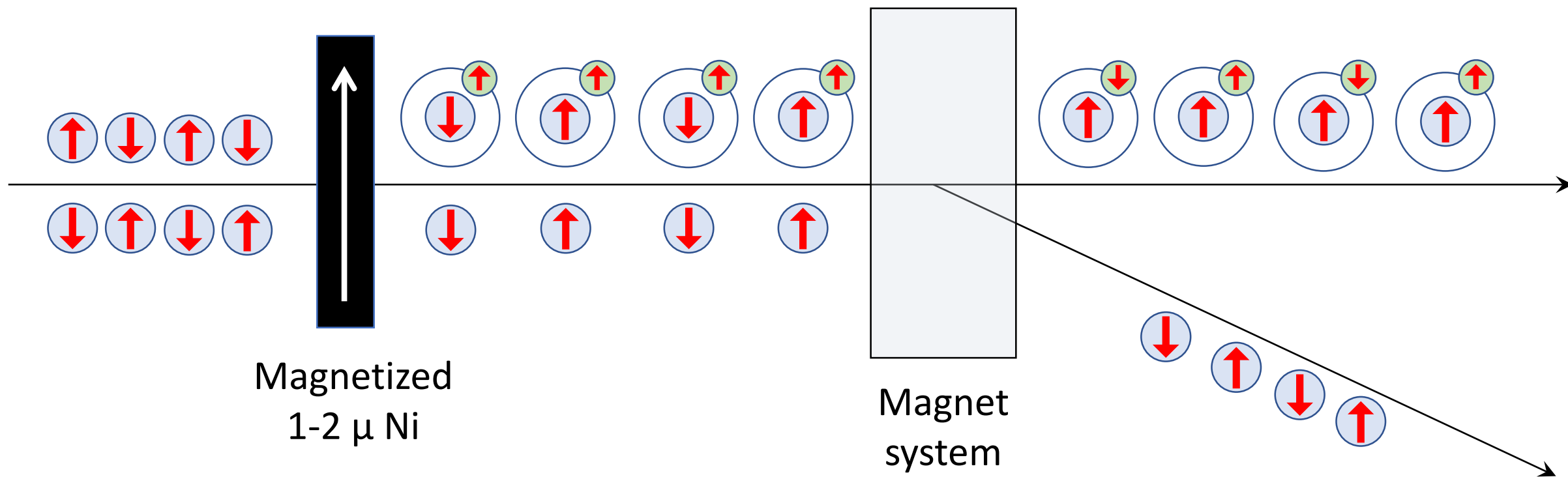


# Поляризация пучка. Метод Каминского





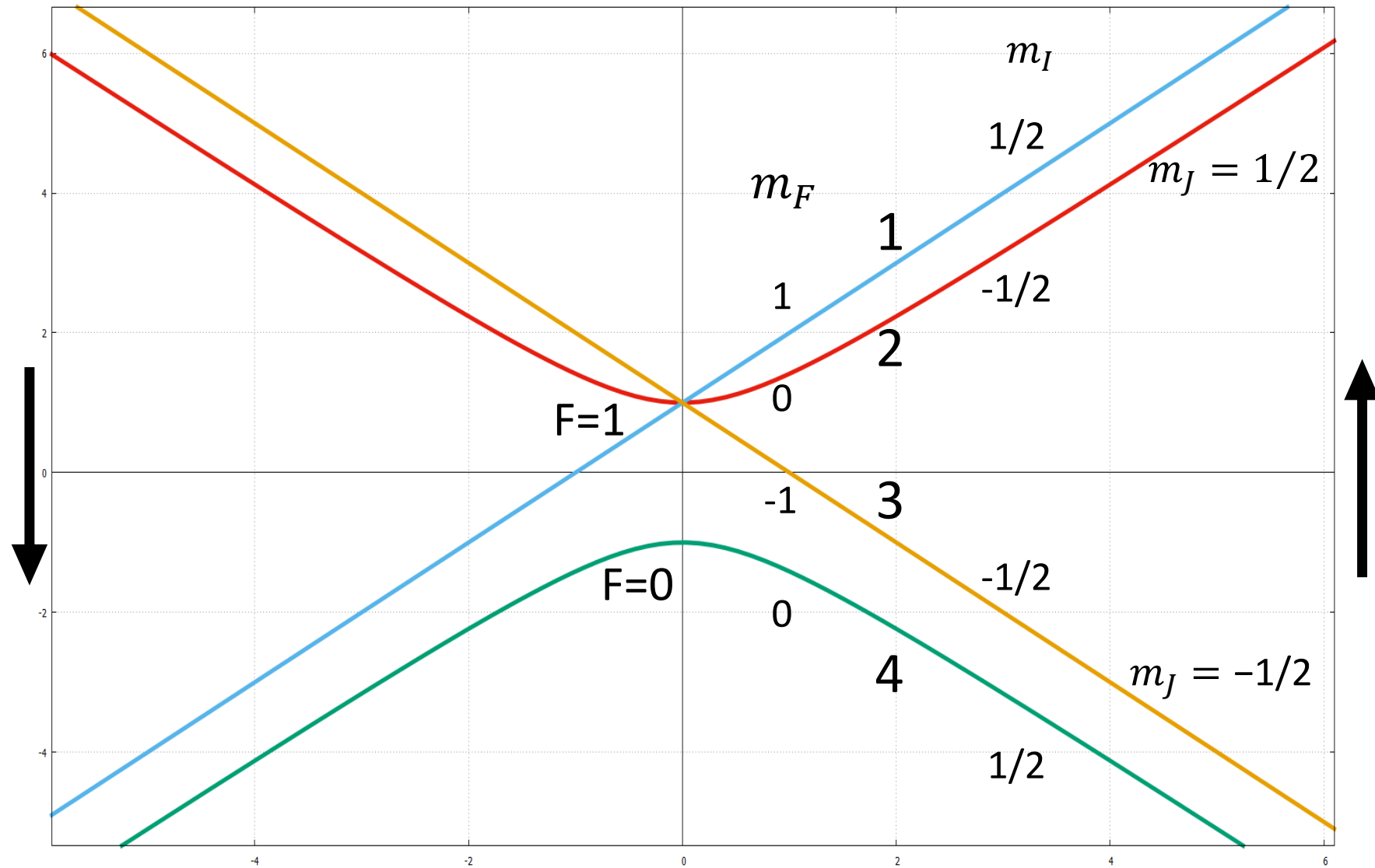
# Поляризация пучка. Метод Каминского



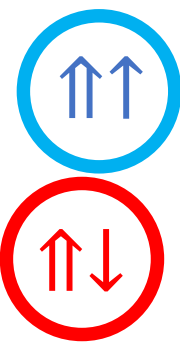
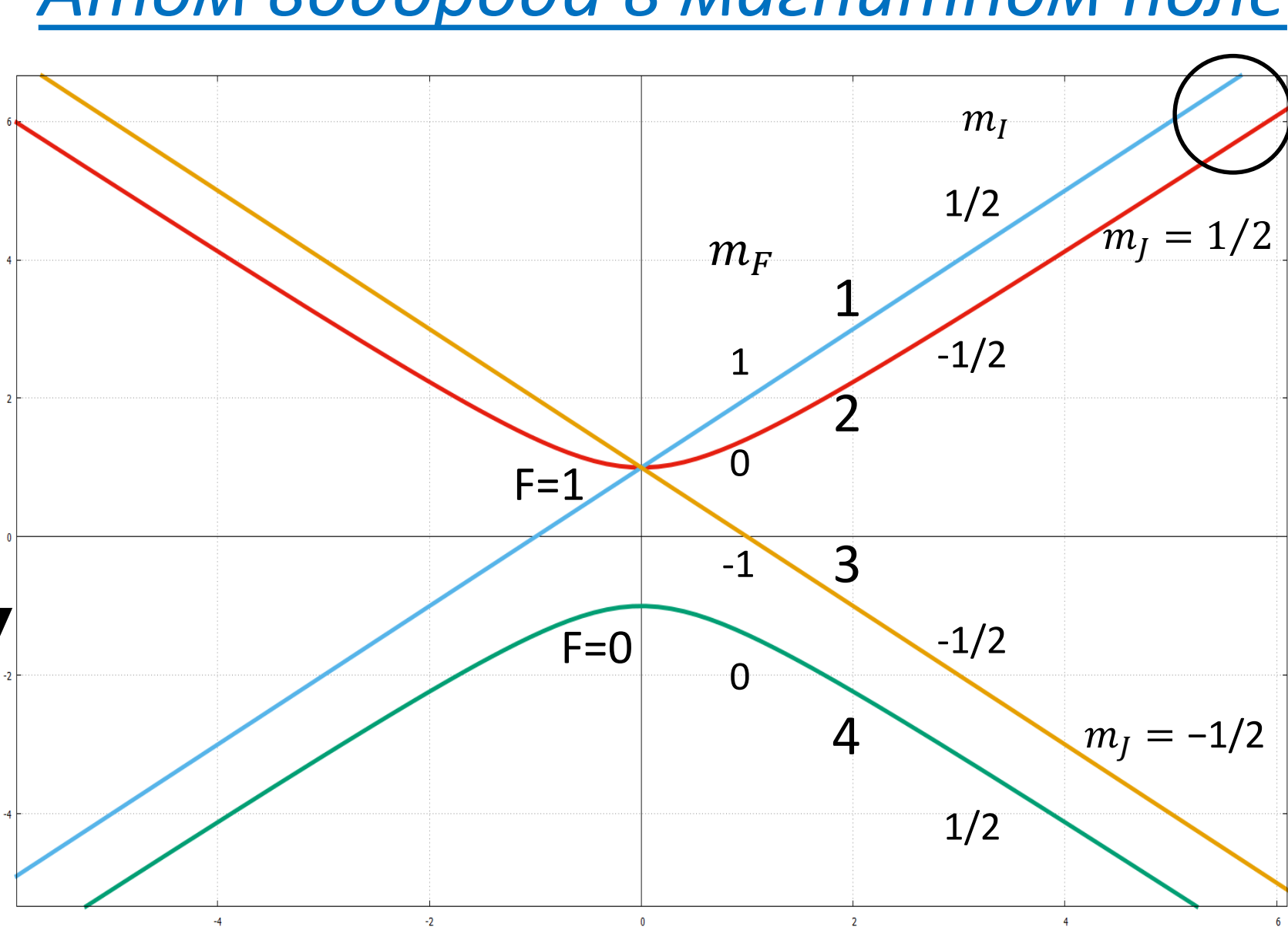
# Что такое поляризация

	$S = 1/2$	$S = 1$
Векторная поляризация	$P_z = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-}$	$P_z = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_- + N_0}$
Тензорная поляризация		$P_{zz} = 1 - \frac{3N_0}{N_+ + N_- + N_0}$

# Атом водорода в магнитном поле



# Атом водорода в магнитном поле



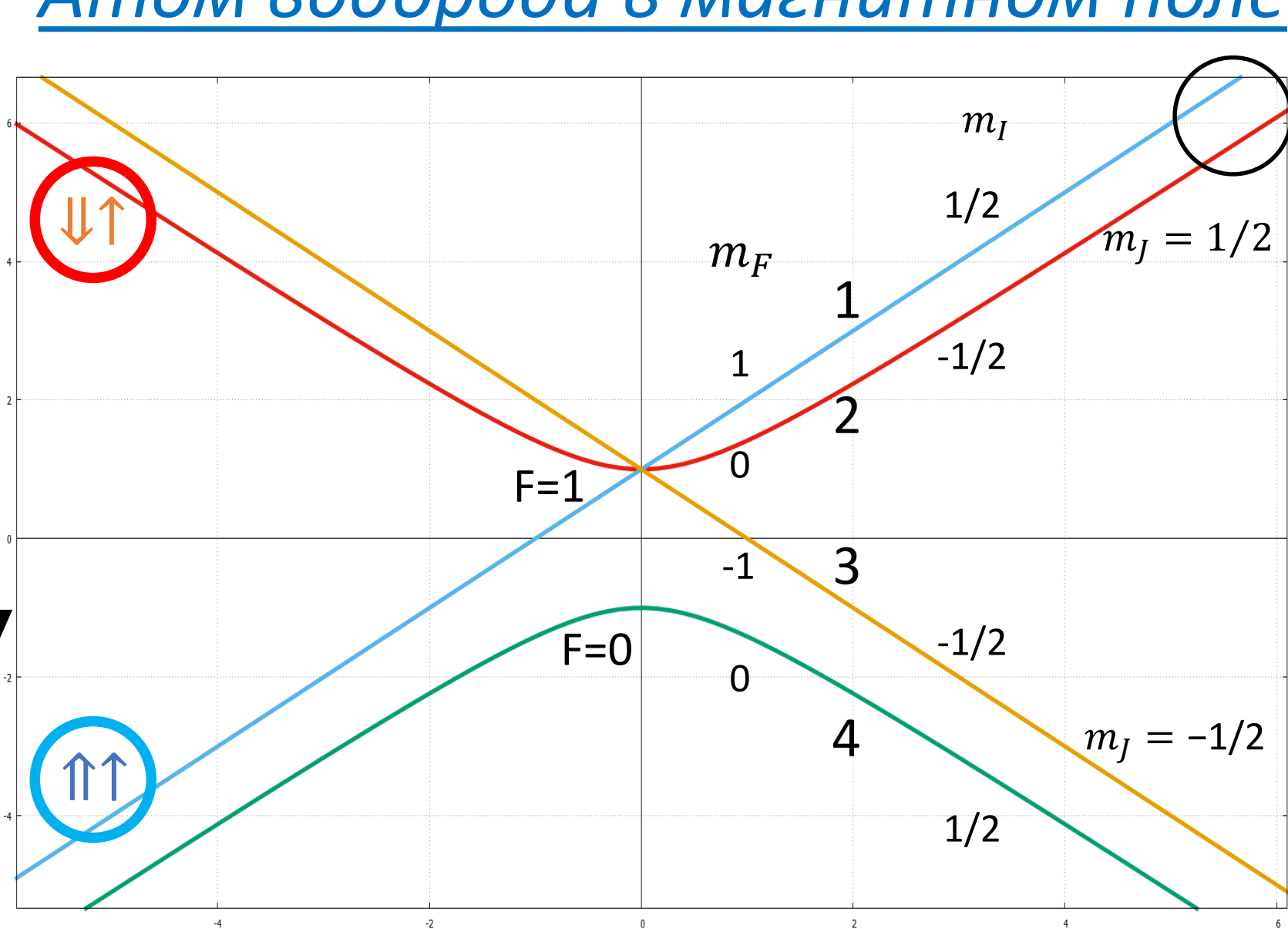
$$|1\rangle = |\uparrow\uparrow\rangle$$

$$|2\rangle = A^* |\uparrow\downarrow\rangle + B^* |\downarrow\uparrow\rangle$$

$$H \rightarrow +\infty, |2\rangle \rightarrow |\uparrow\downarrow\rangle$$

$$H \rightarrow -\infty, |2\rangle \rightarrow |\downarrow\uparrow\rangle$$

# Атом водорода в магнитном поле



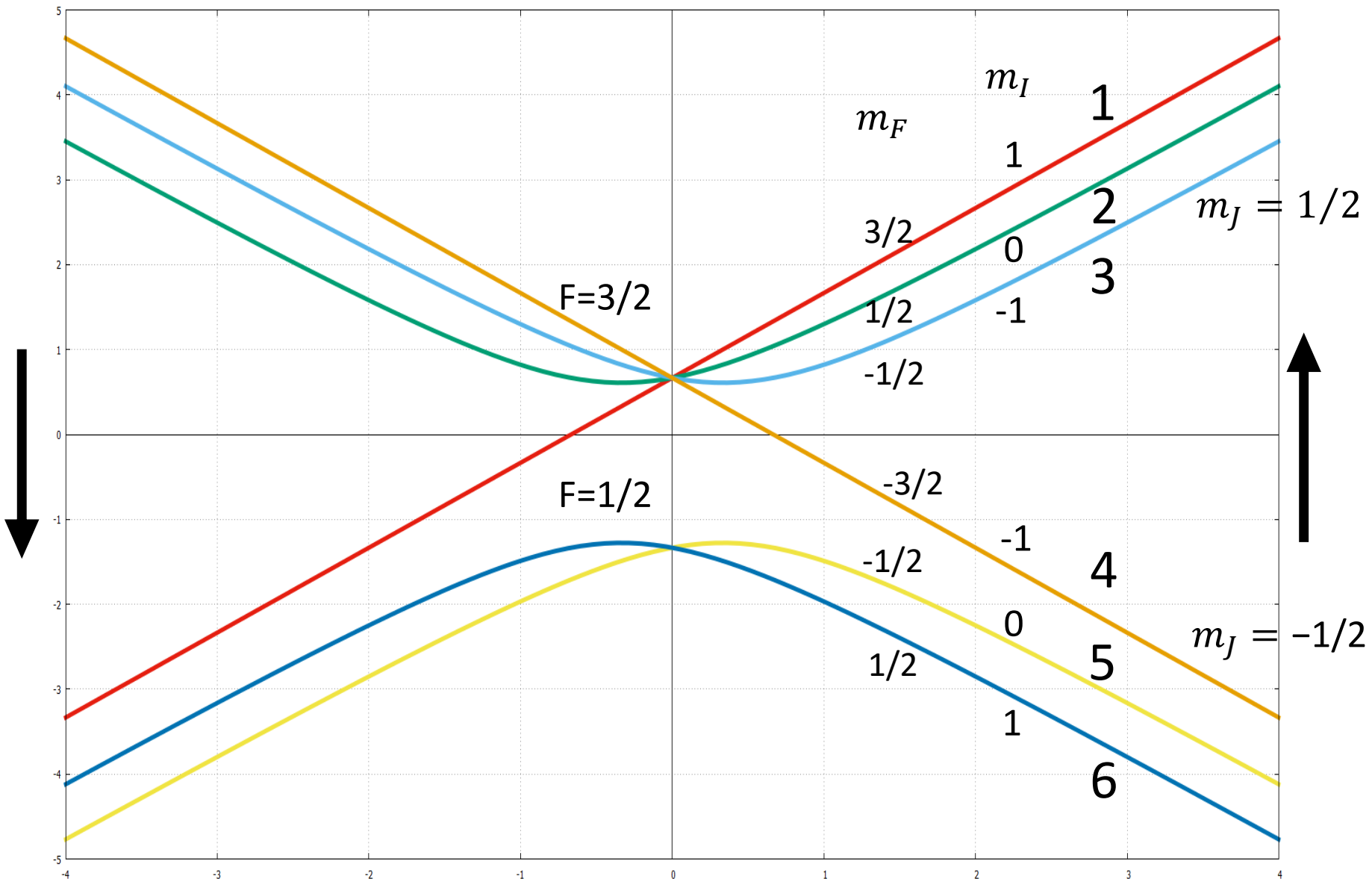
$$|1\rangle = |\uparrow\uparrow\rangle$$

$$|2\rangle = A^* |\uparrow\downarrow\rangle + B^* |\downarrow\uparrow\rangle$$

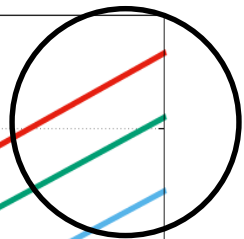
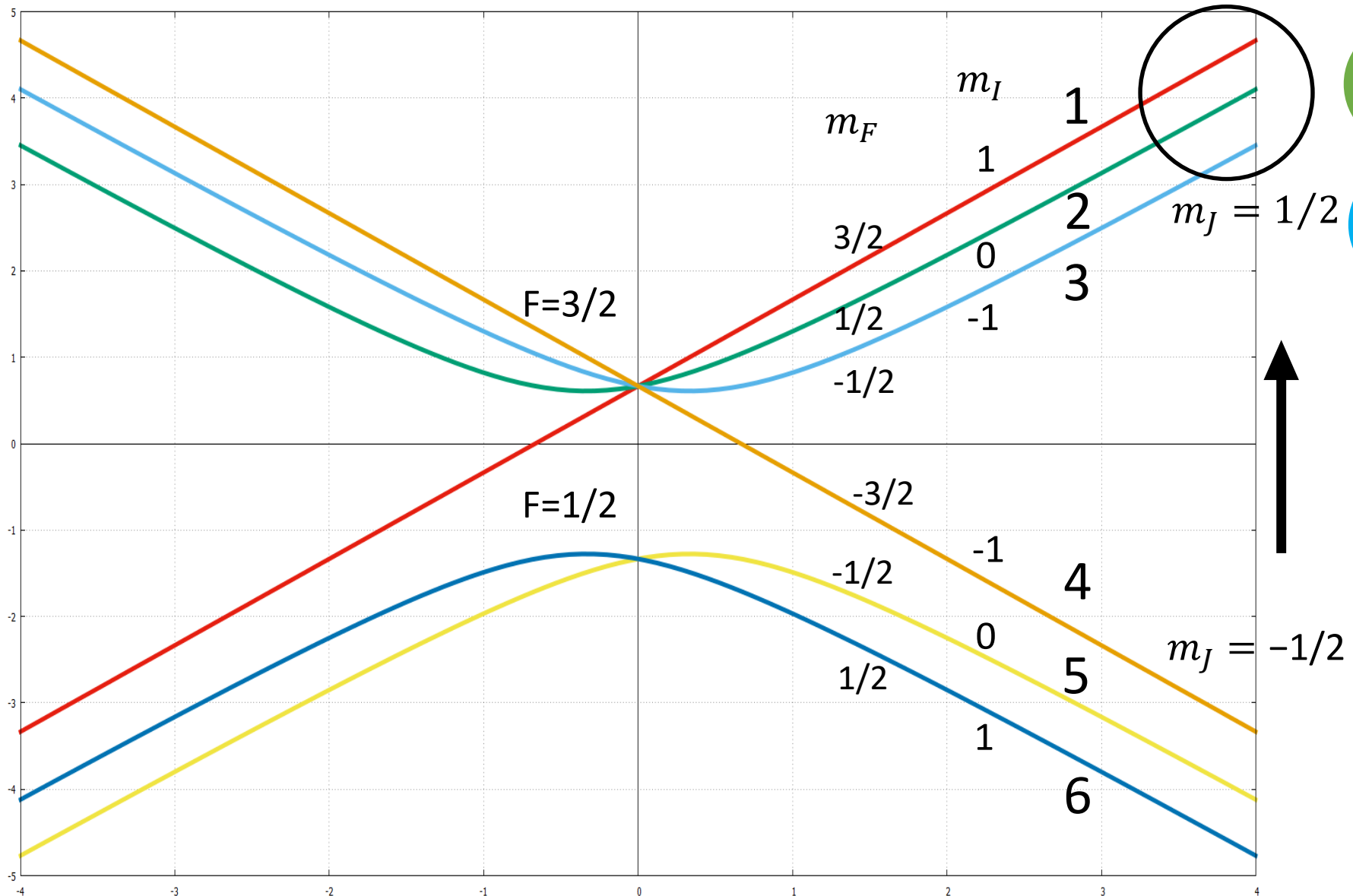
$$H \rightarrow +\infty, |2\rangle \rightarrow |\uparrow\downarrow\rangle$$

$$H \rightarrow -\infty, |2\rangle \rightarrow |\downarrow\uparrow\rangle$$

# Атом дейтерия в магнитном поле



# Атом дейтерия в магнитном поле

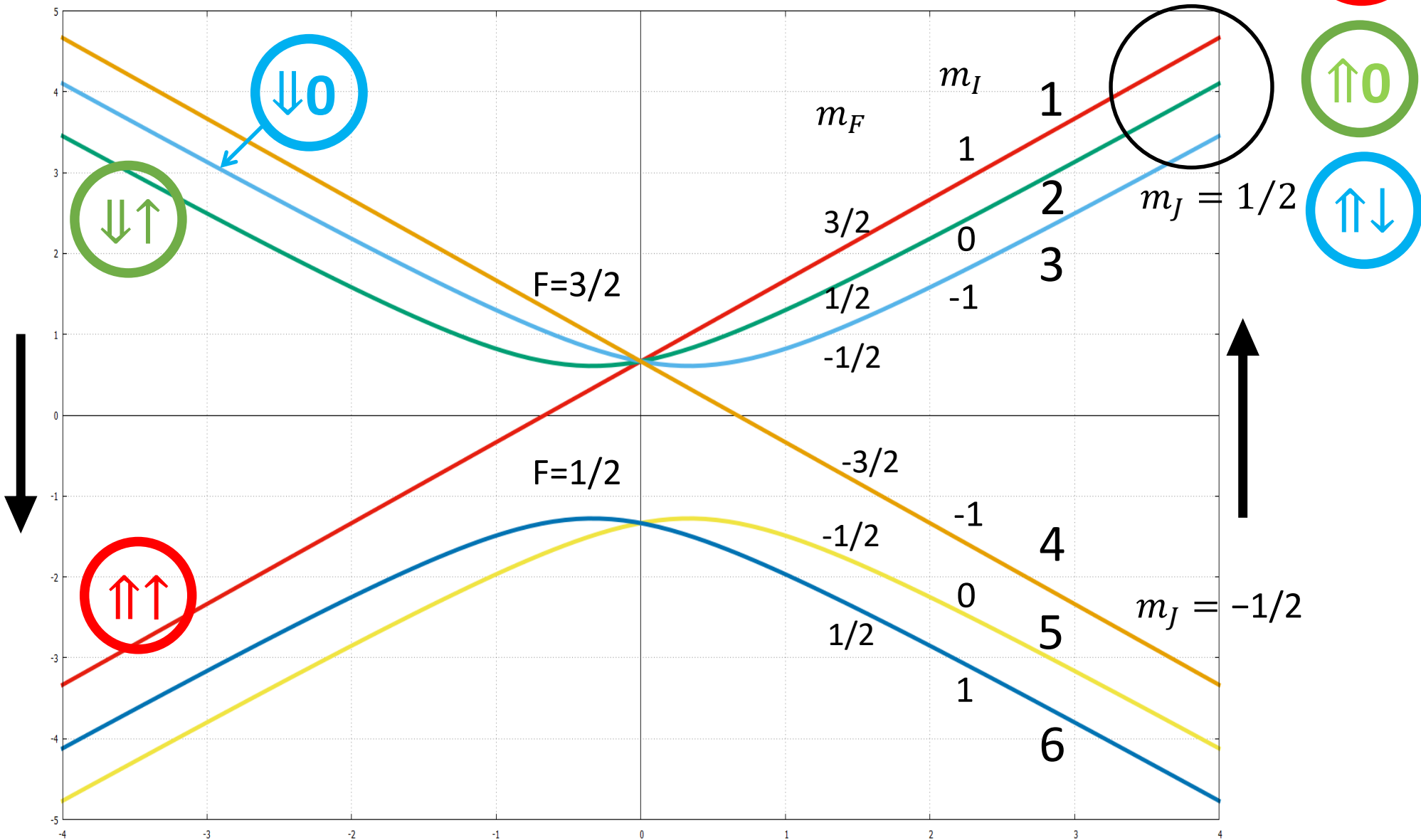


$m_J = 1/2$

$m_J = -1/2$



# Атом дейтерия в магнитном поле



$H \rightarrow -\infty$

$P_z = 2/3$

$P_{zz} = 0$

$H \rightarrow 0$

$P_z = 1/3$

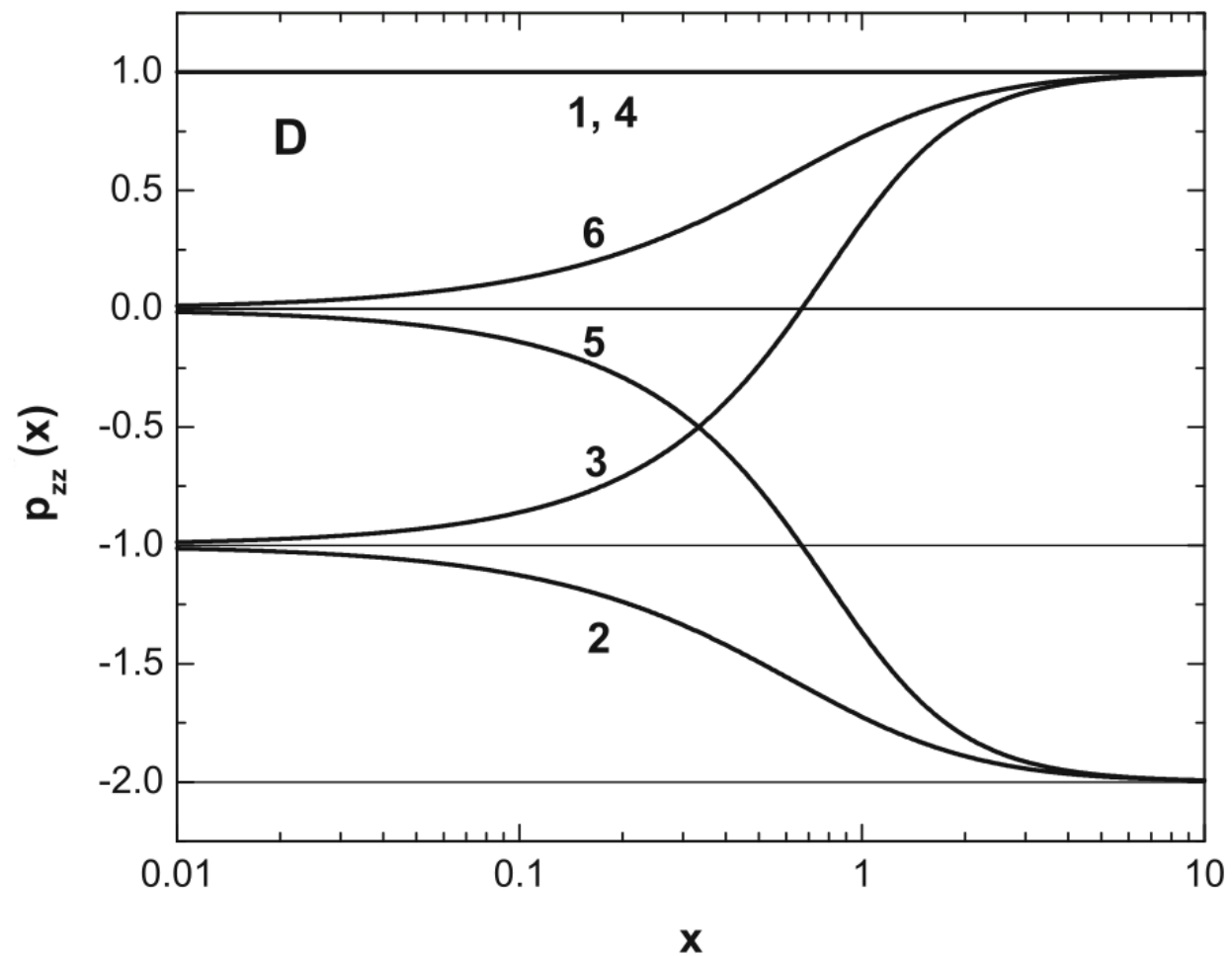
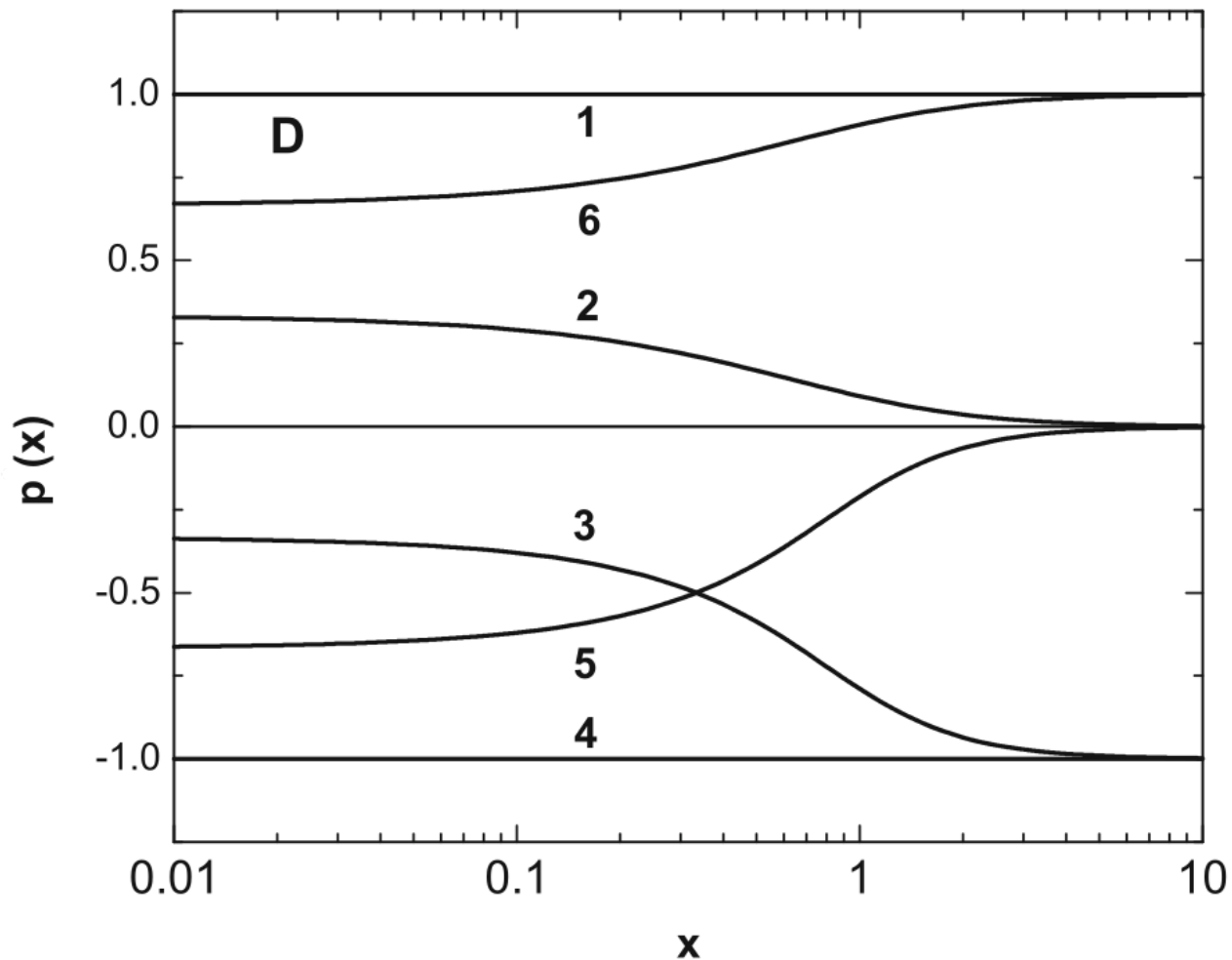
$P_{zz} = -1/3$



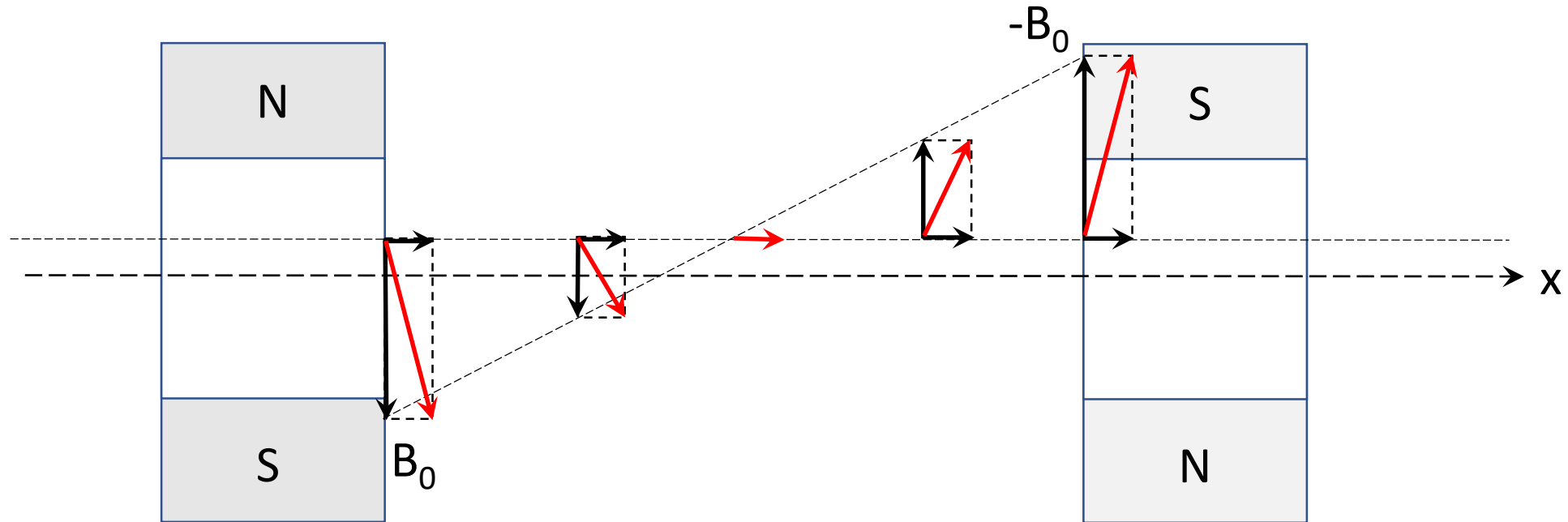
# Атом дейтерия в магнитном поле

Векторная и тензорная поляризация каждой из компонент.

«Nuclear Physics with Polarized Particles», Hans Paetz gen. Schieck, Lecture Notes in Physics, vol 842 (2012)



# Быстрый переход через нулевое поле



$$B_z(x) = B_0(1 - 2x/l)$$

$$\omega_L \ll \omega_B$$

$\Rightarrow$

$$\frac{B_0 z^2}{Vl} \ll \frac{3\hbar}{4\mu_B}$$

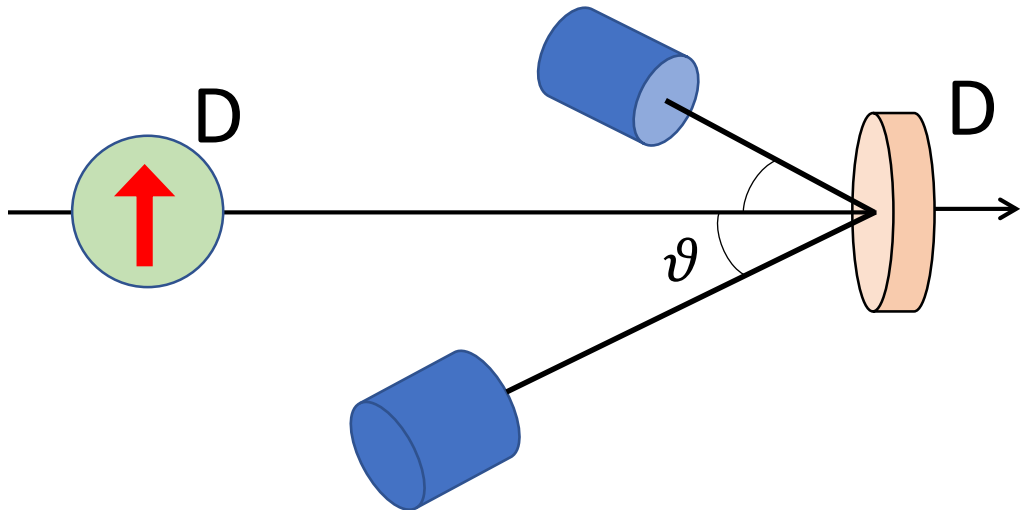
# Измерение поляризации

## Векторная поляризация

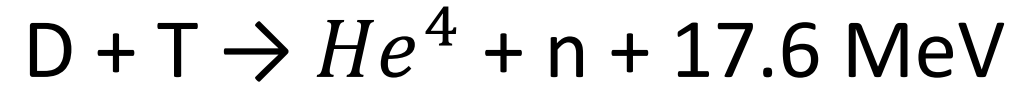


$$\sigma_L(\vartheta) = \sigma_{0L}(\vartheta) \left[ 1 + \frac{3}{2} P_z A_y(\vartheta) \right]$$

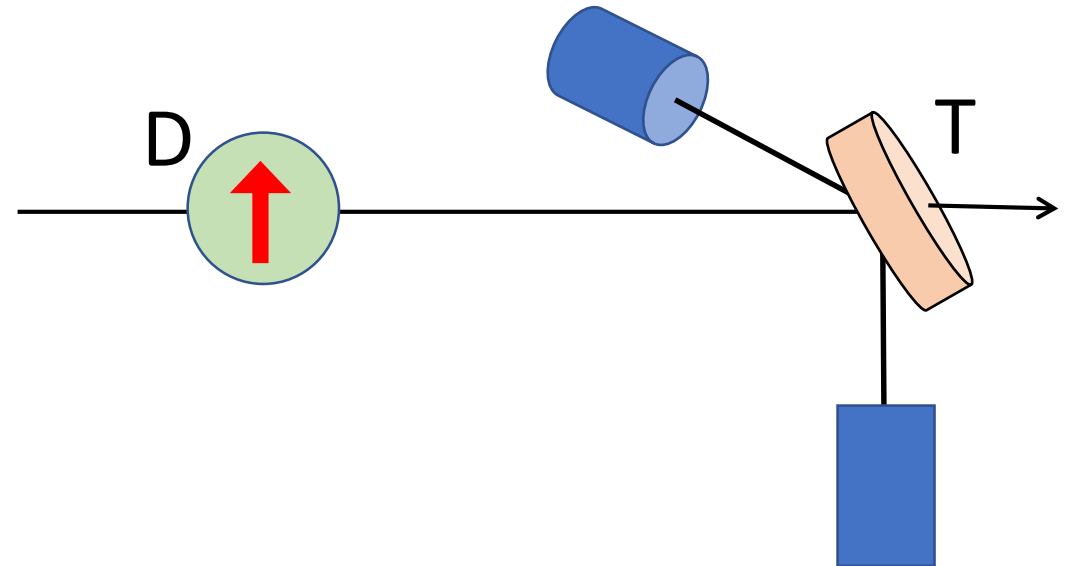
$$\sigma_R(\vartheta) = \sigma_{0R}(\vartheta) \left[ 1 - \frac{3}{2} P_z A_y(\vartheta) \right]$$

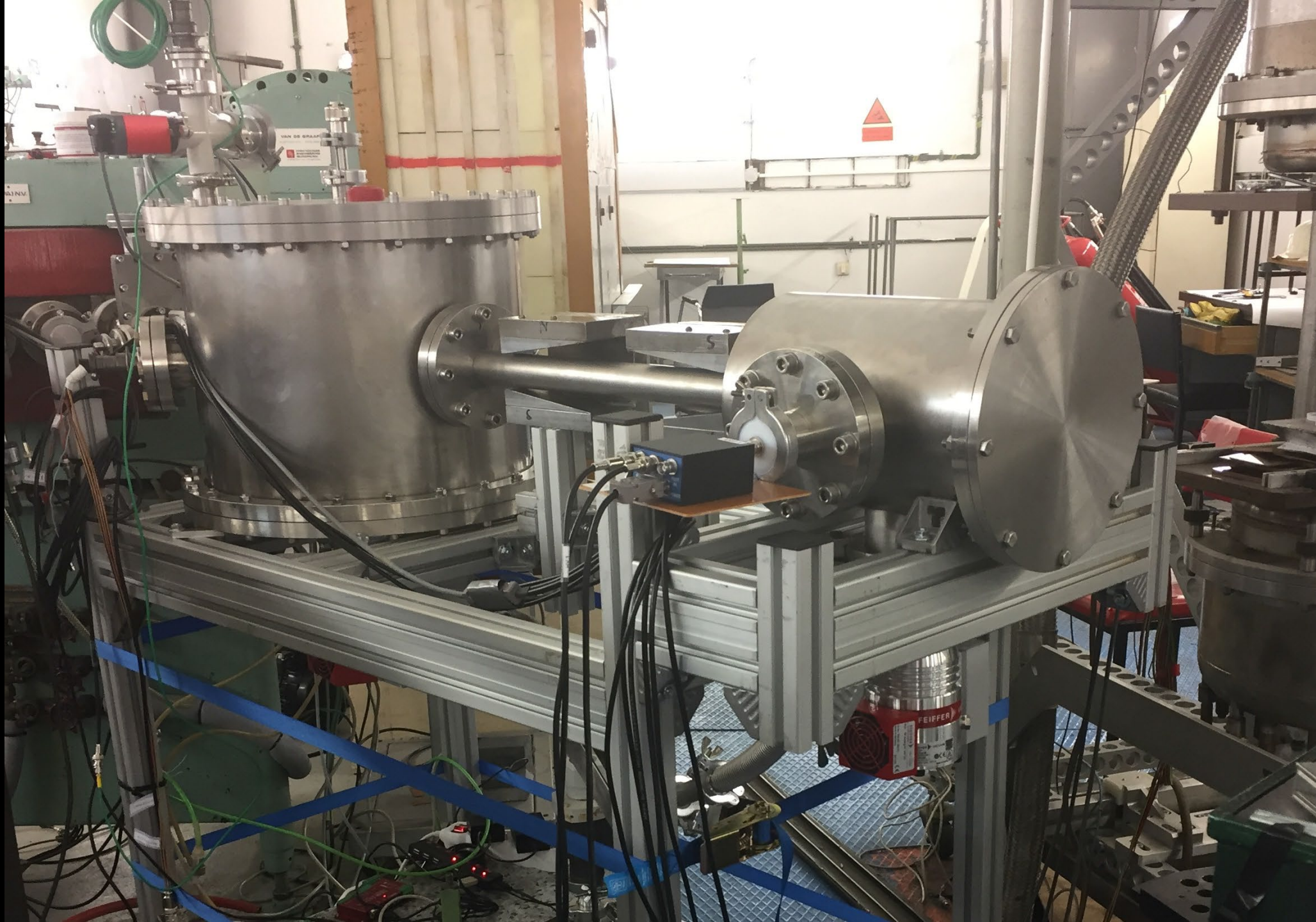


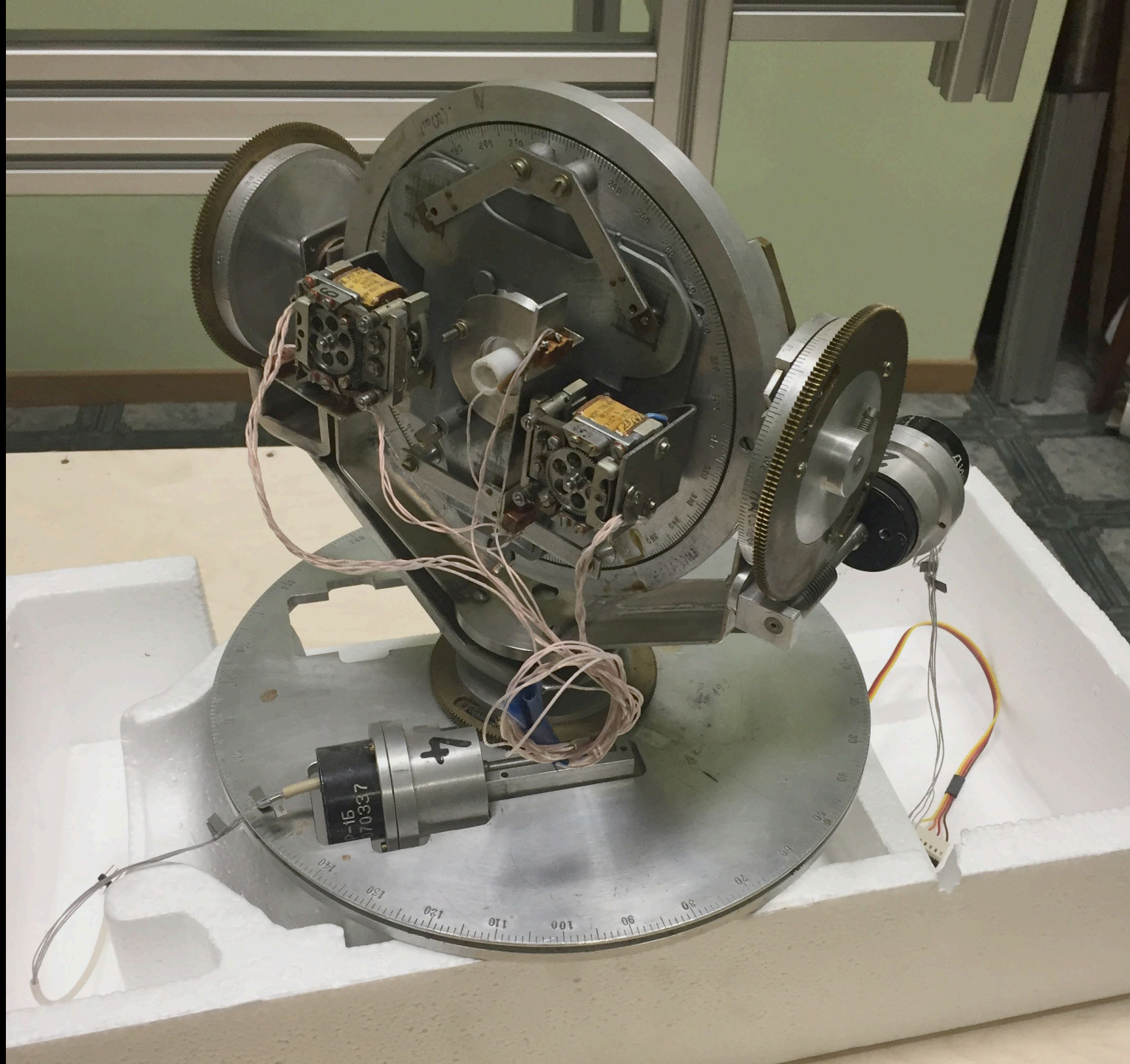
## Тензорная поляризация



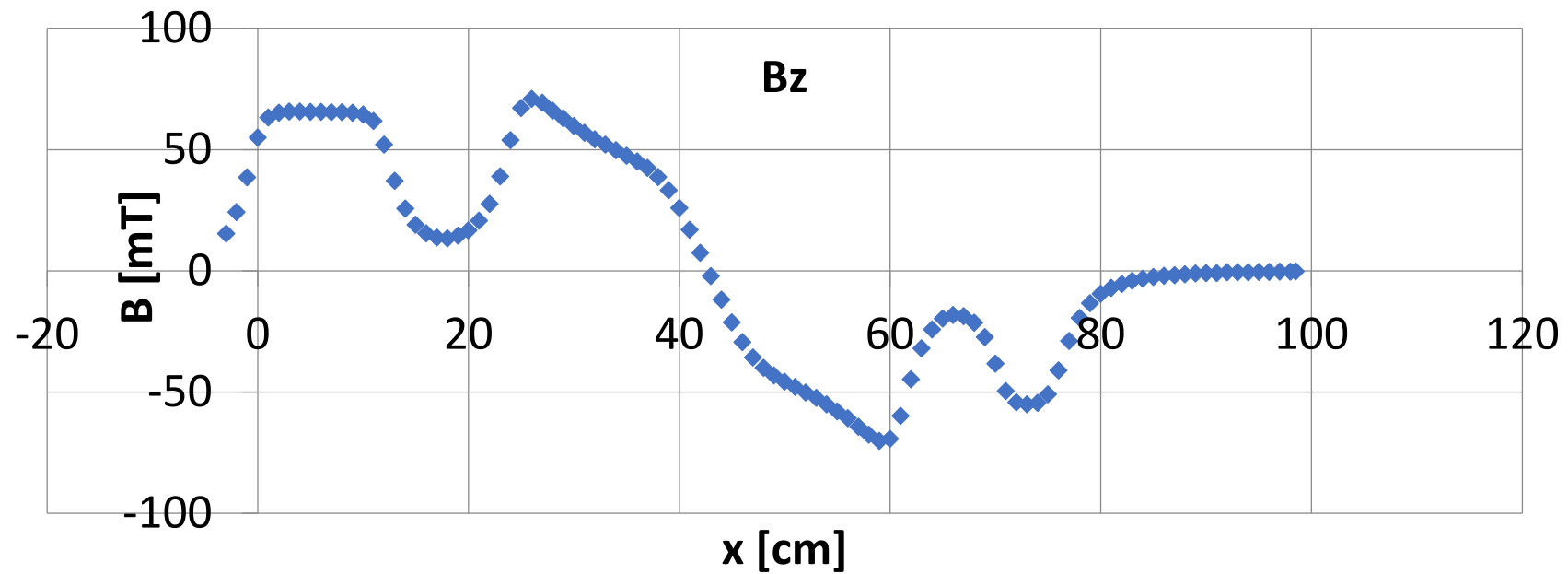
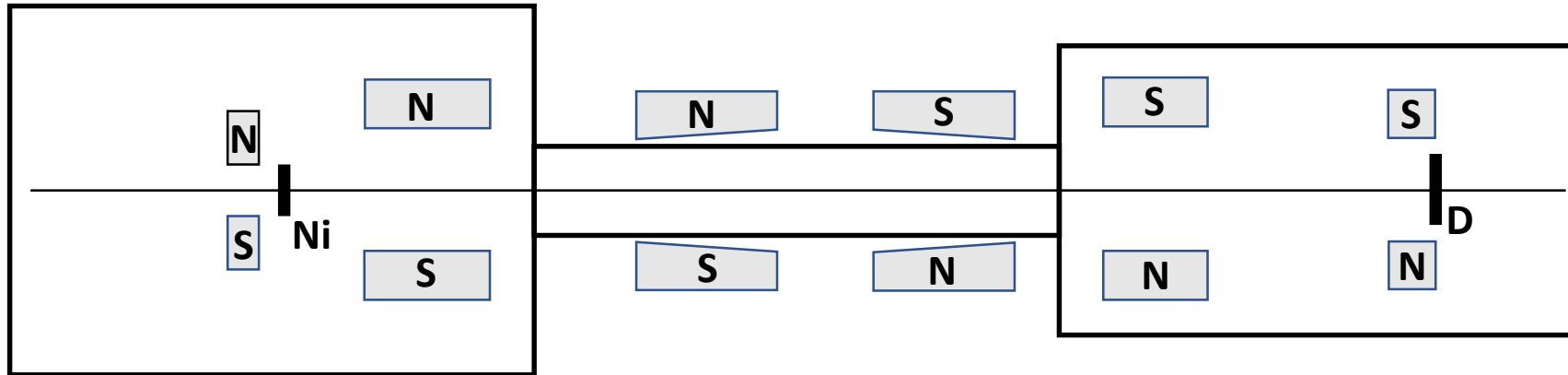
$$\sigma(\varphi) = \sigma_0 \left[ 1 - \frac{1}{4} (3 \cos^2 \varphi - 1) P_{zz} \right]$$



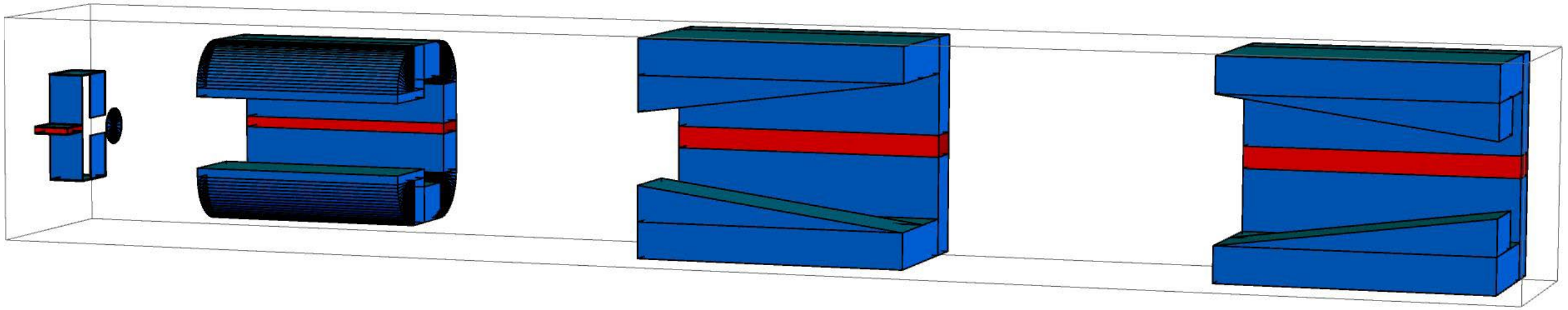




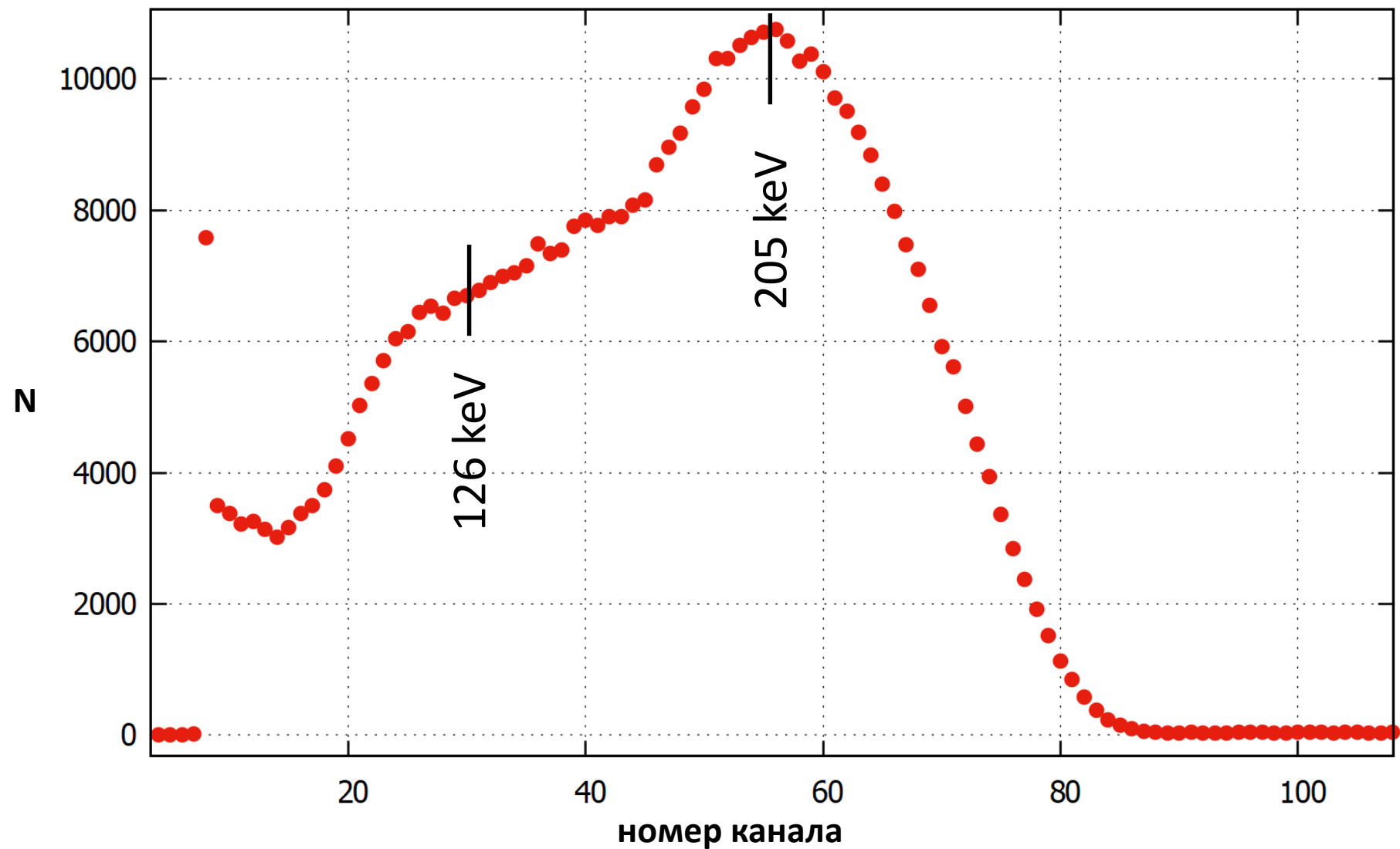
# Схема расположения магнитов



# Схема расположения магнитов



# Эффект каналирования



Target: Au

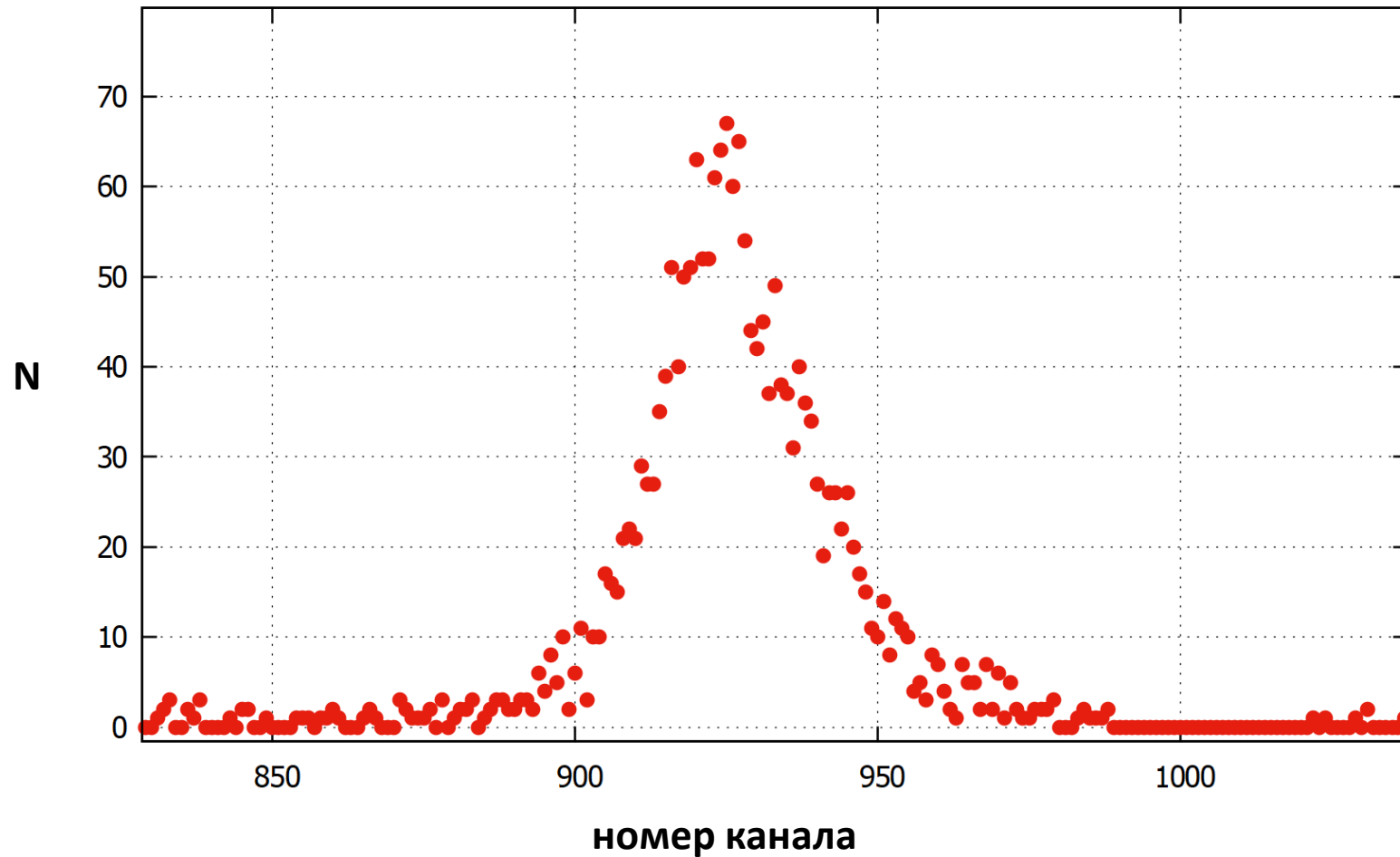
$E_d = 500 \text{ keV}$

Ni  $1.5 \mu$



# Измерение векторной поляризации

$D + D \rightarrow T + p$ , спектр протонов



Target: d

$E_d = 800$  keV

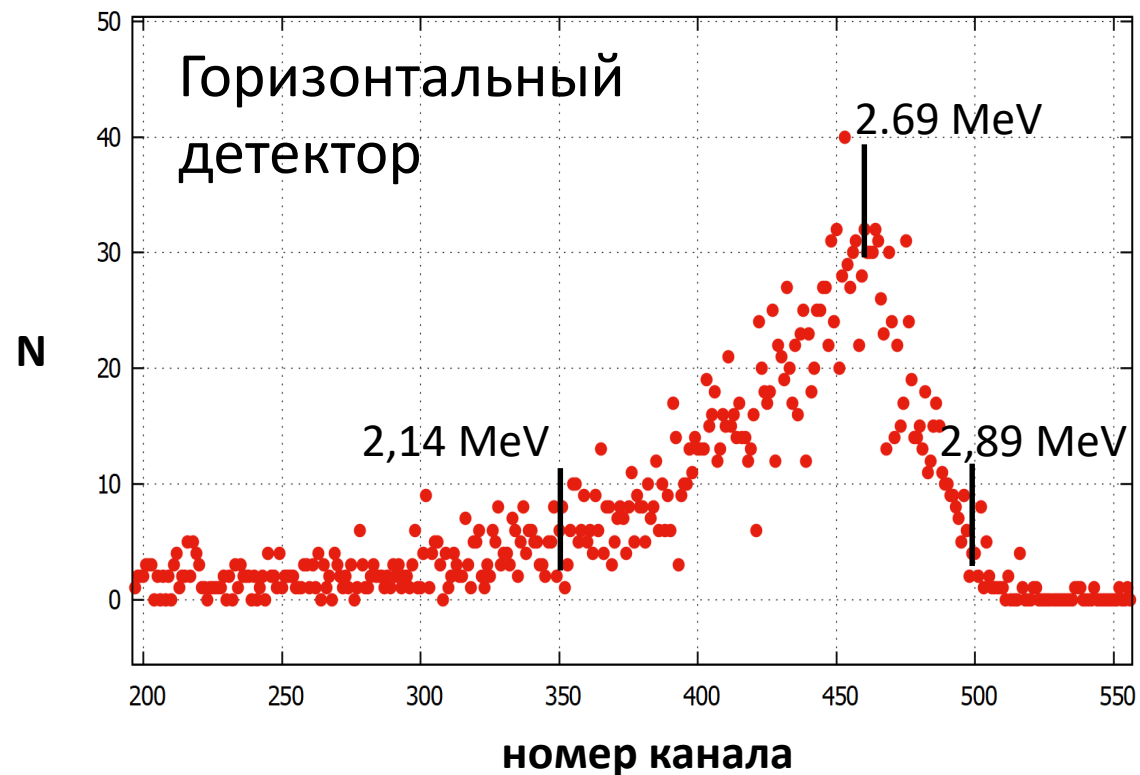
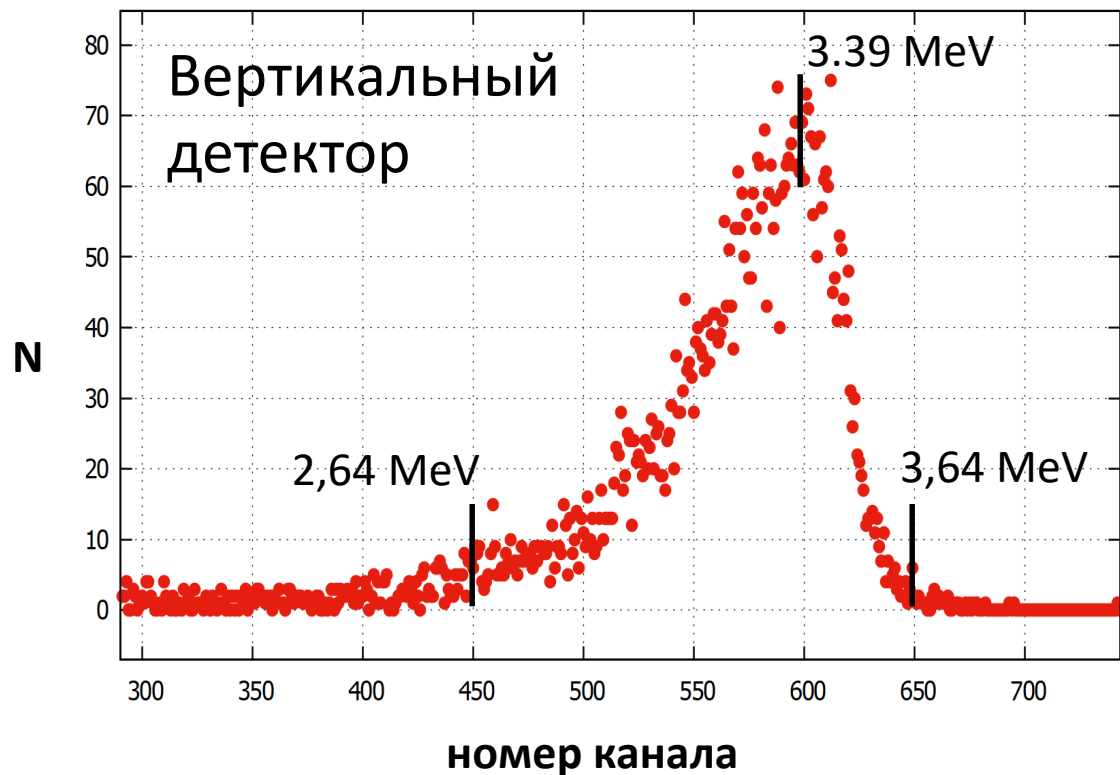
1.5  $\mu$  Ni

20 min

$P_z = ?$

# Измерение тензорной поляризации

$D + T \rightarrow He^4 + n$ , спектр  $\alpha$



Target: T,  $E_d = 500$  keV,  $1.5 \mu$  Ni, 30 min,  $P_{zz} = -0.10 \pm 0.02$  (preliminary)

## Заключение

1. Собрали и настроили установку.
2. Наблюдали эффект каналирования.
3. Провели измерения поляризации.
4. Планы.