



Совещание по неупругому рассеянию нейтронов "Спектрина - 2022"  
21-23 июня 2022 г. Гатчина Ленинградской обл., НИЦ "Курчатовский институт" - ПИЯФ, мал.  
конф.-зал 7 корп

# Трехосный спектрометр поляризованных нейтронов IN3

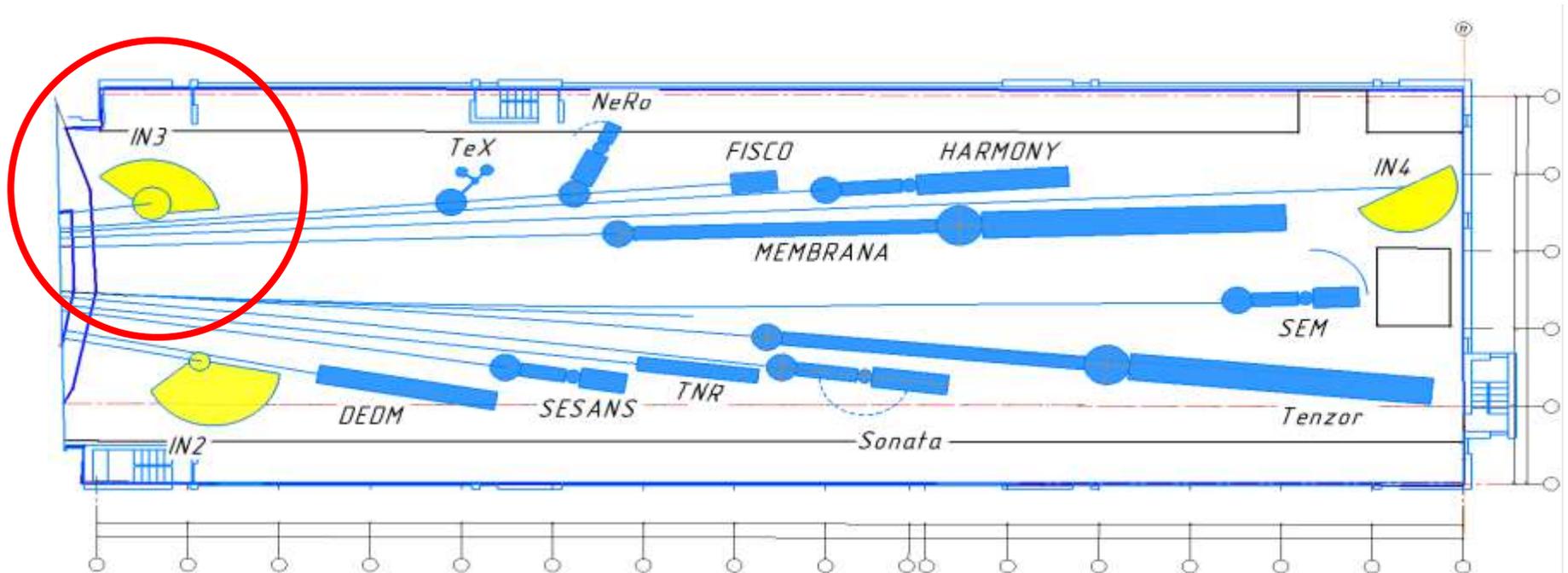
Рабочие моменты и проблемы

## Научные задачи

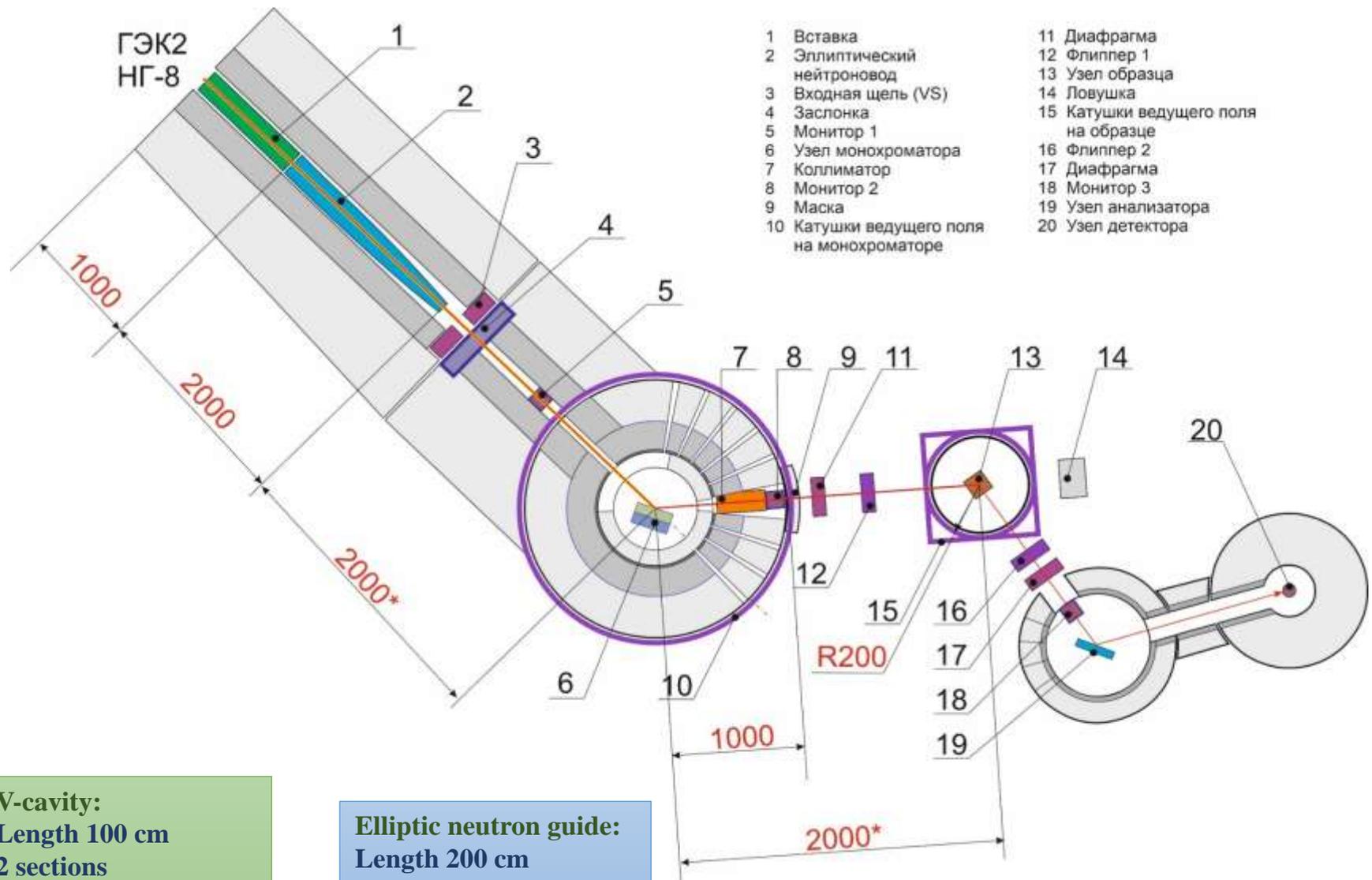
- Исследования динамики магнитной решетки
- Спектры магнитных возбуждений
- Критическое рассеяние и явления, связанные с выделением магнитного вклада в фазовые переходы
- Слабые статические магнитные моменты ( $10^{-2} \mu_B$ )
- Магнитные многослойные структуры
- Разделение магнитного и ядерного неупругого рассеяния
- Исследование спиновых волн в квантовых спиновых системах или энергии возбуждений в сильно коррелированных электронных системах

РК ПИК  
ГЭК 2, Н8

# Расположение IN3

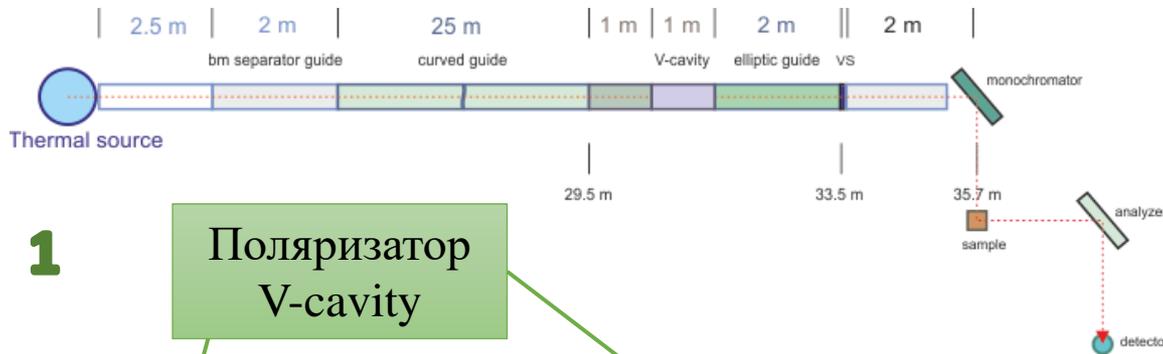


## IN3



**V-cavity:**  
Length 100 cm  
2 sections  
12 channels  
Side walls  $m = 3$   
V-wafers  $m = 5$

**Elliptic neutron guide:**  
Length 200 cm  
Height 20 cm  
Nose width 3 cm  
 $m = 3$

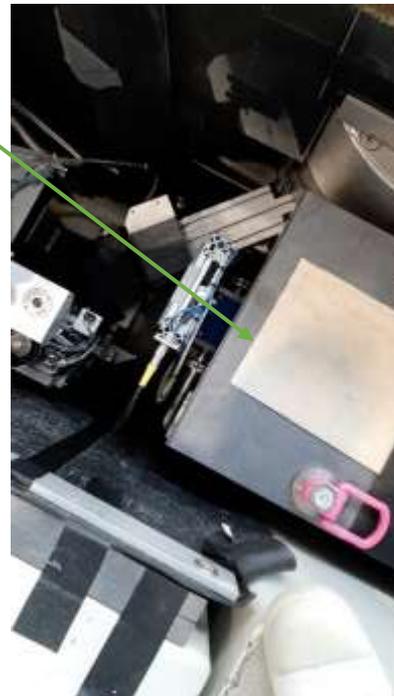


1

Поляризатор  
V-cavity



SwissNeutronics AG

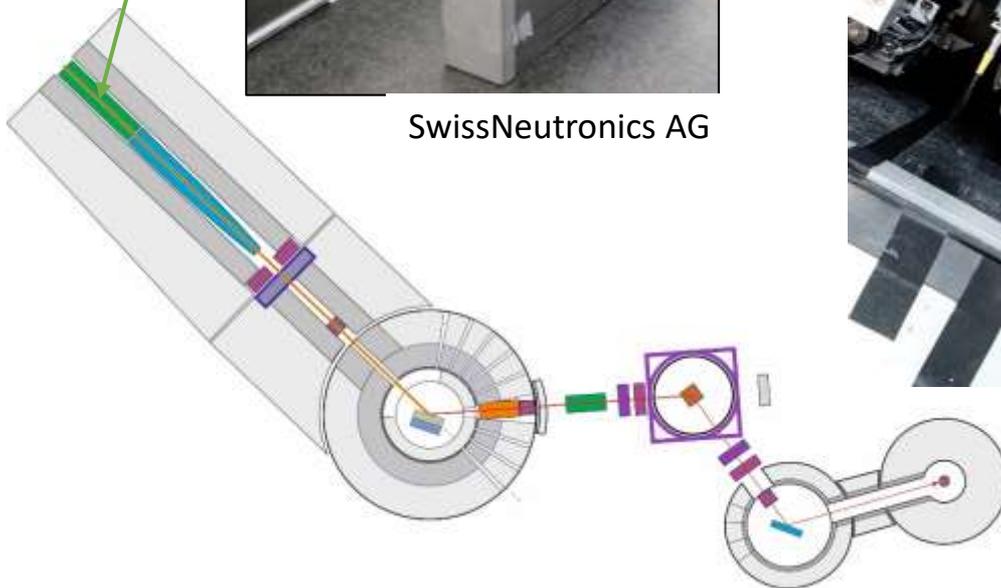


## V-cavity

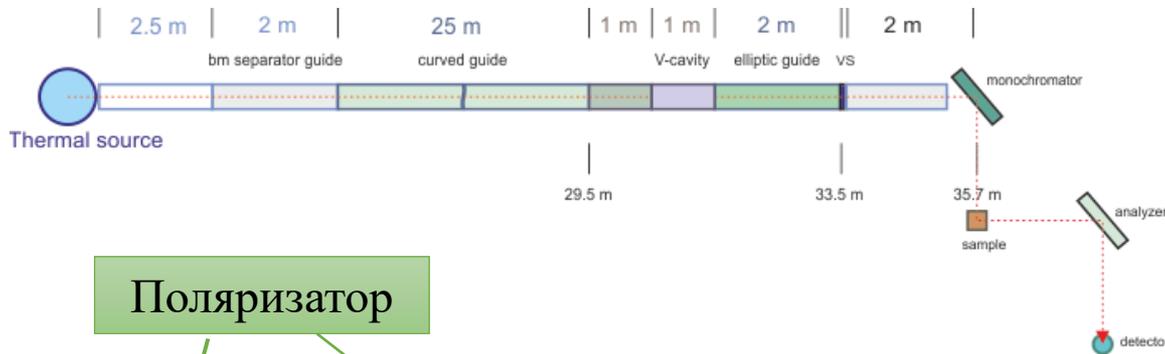
- пропускание  $T \geq 40 \%$
- поляризация  $P \geq 95 \%$
- длина 100 см
- покрытие стенок  $m = 3$
- покрытие V-пластины  $m = 5$
- вертикальное поле 500 эрстед



**KOMPASS**



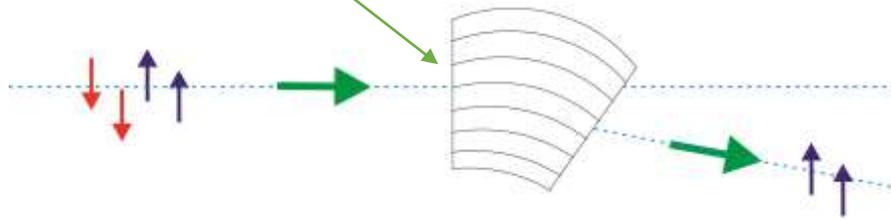
Проблема! На данный момент нет возможности приобрести



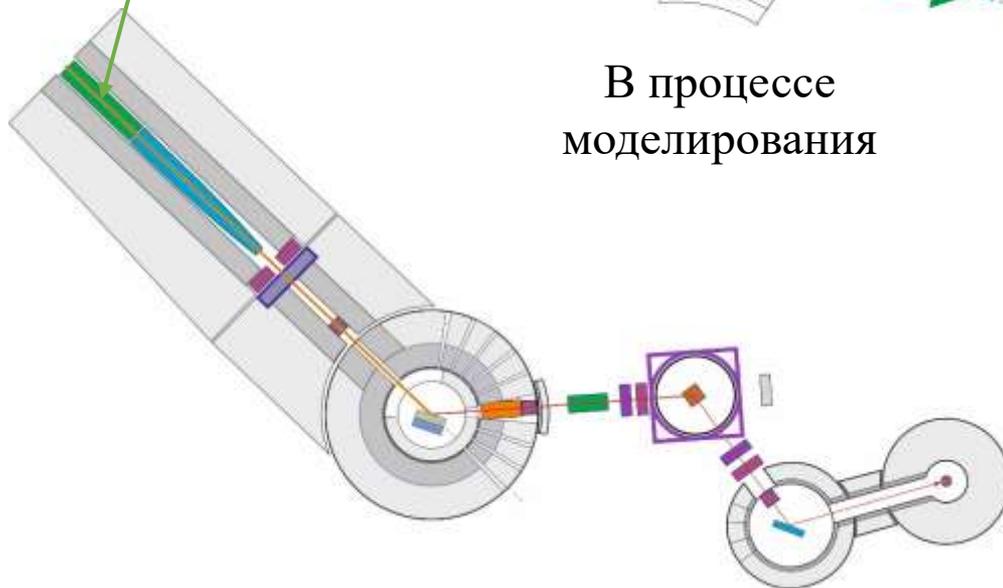
Поляризатор

2

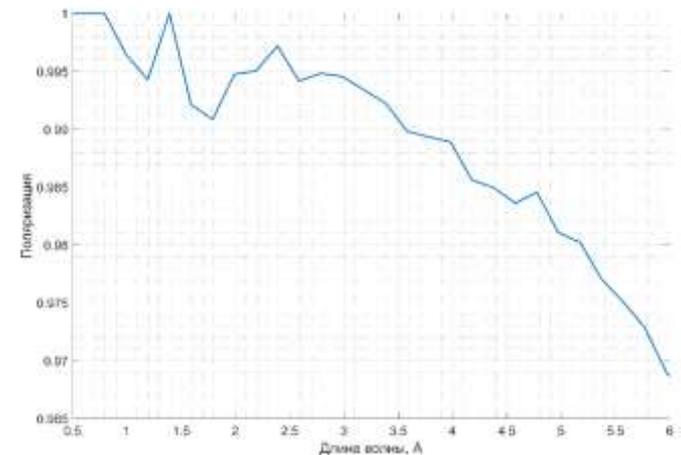
C - бендер



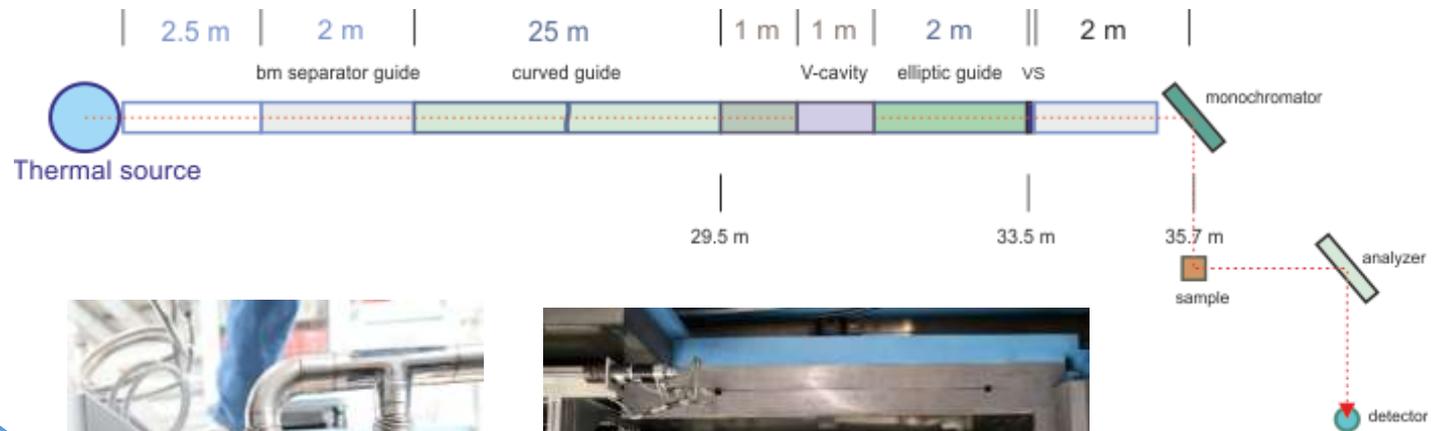
В процессе моделирования



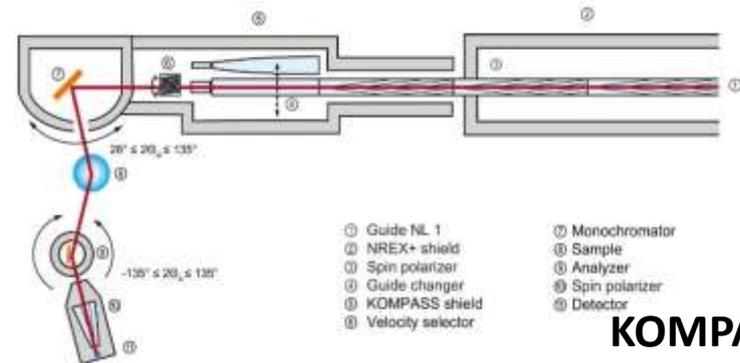
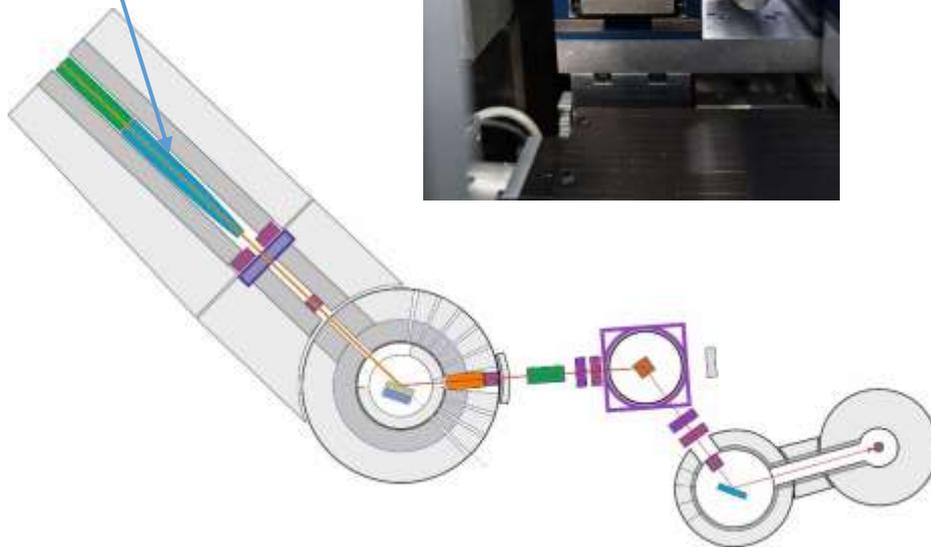
$$\lambda_i = 0.9 \text{ \AA} - 2.36 \text{ \AA}$$



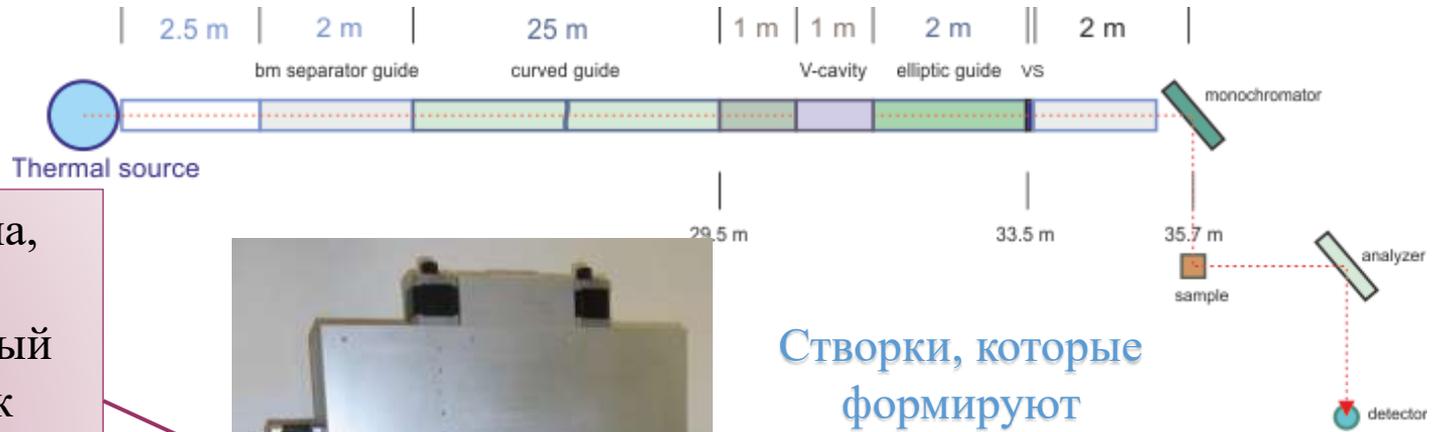
Проблема! На больших длинах волн поляризация падает.  
 Вопрос: Будет ли источник холодных нейтронов?



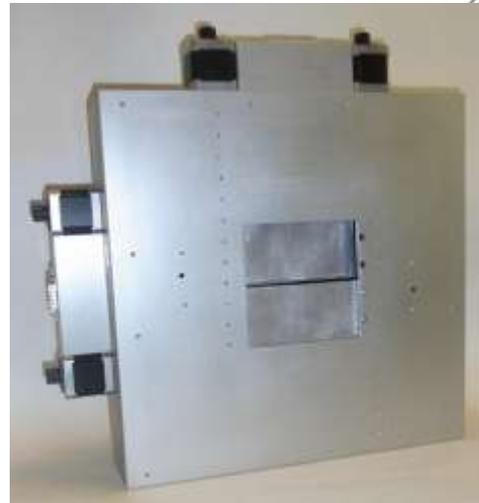
Эллиптический нейтроновод



Проблема! На данный момент нет возможности приобрести



Диафрагма,  
щель,  
виртуальный  
источник

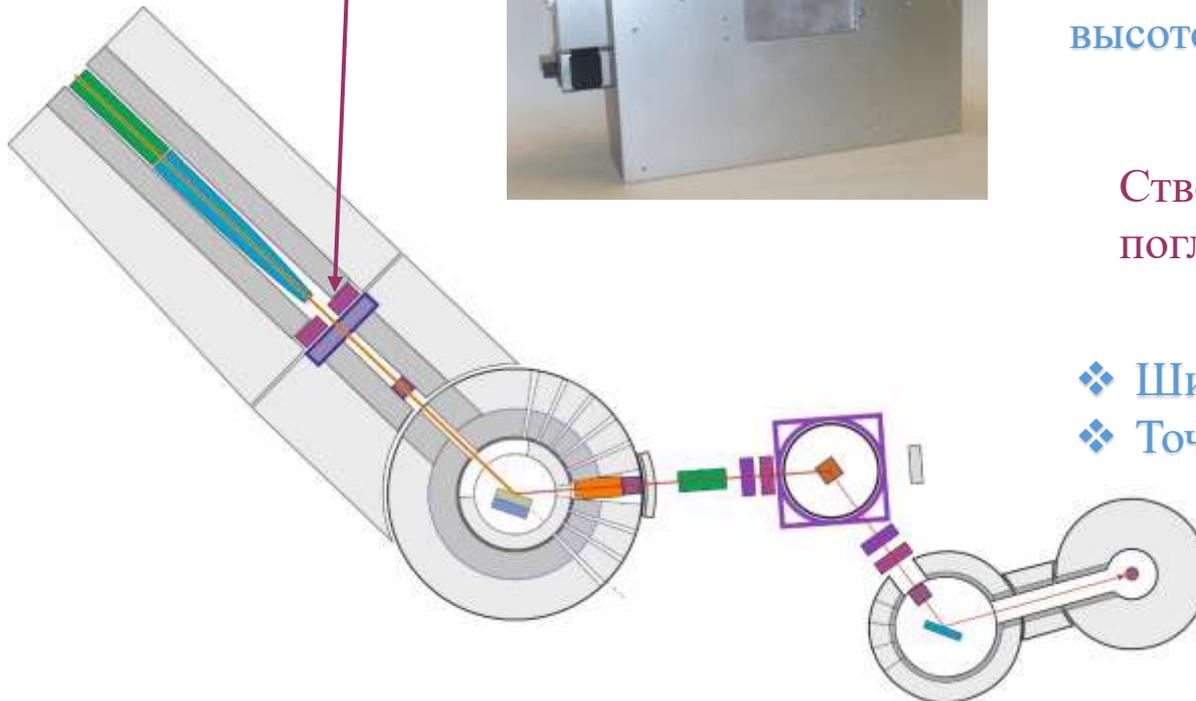


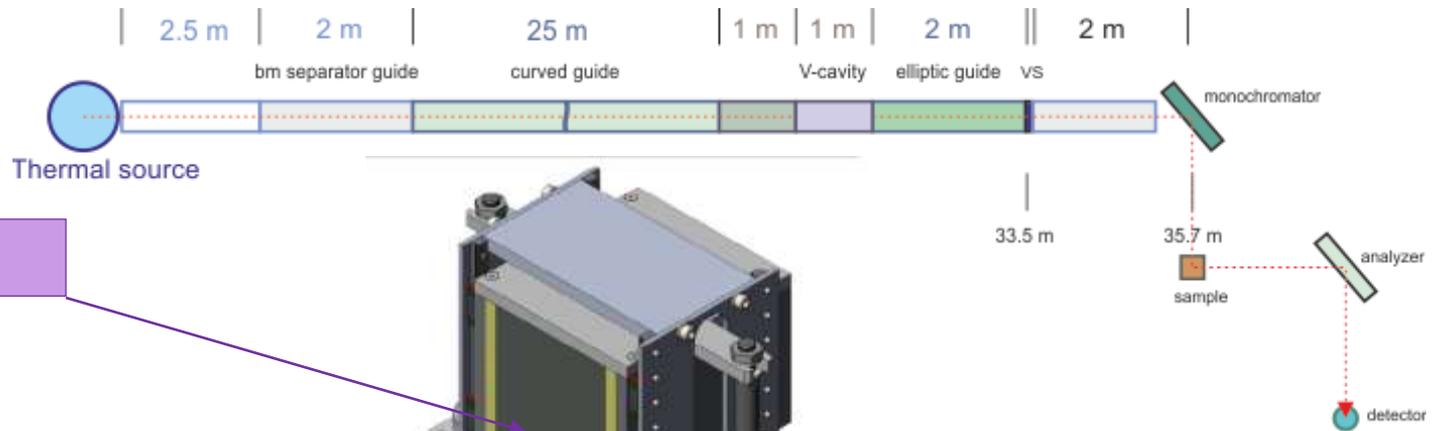
Створки, которые  
формируют  
вертикальную щель  
максимальной  
высотой **200 мм**

Створки покрыты материалом,  
поглощающим нейтроны!

- ❖ Ширина щели  $10 \div 30$  мм
- ❖ Точность установки  $\pm 10$  мкм

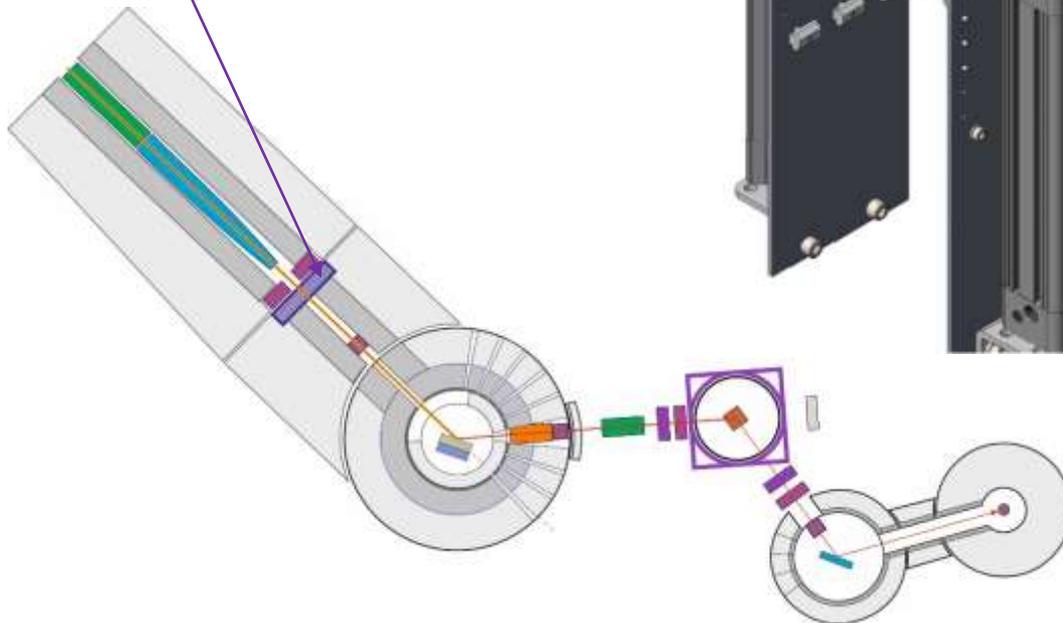
Проблема! Нет  
радиационных расчётов.



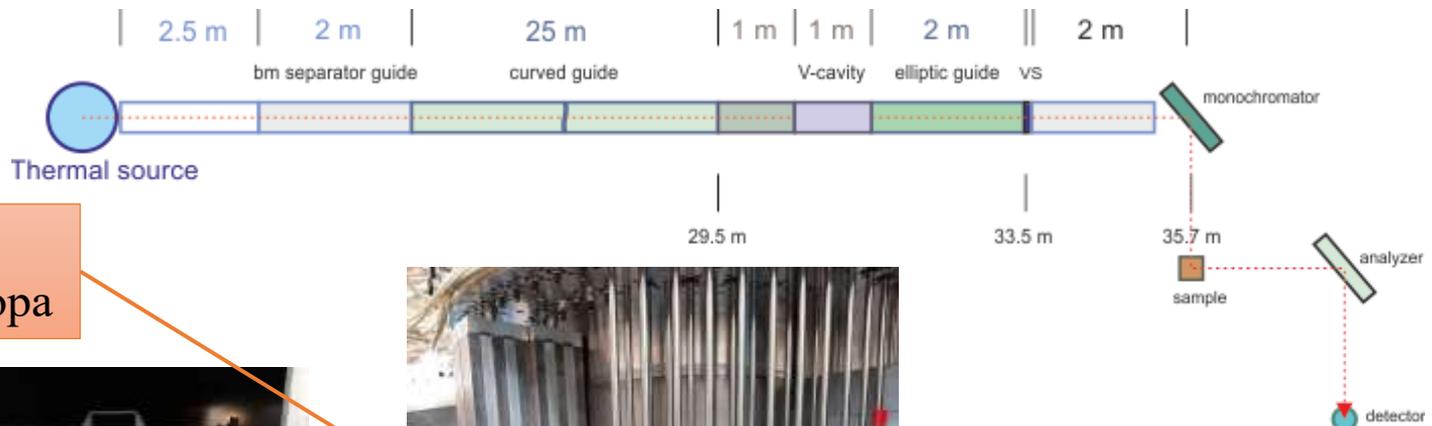


Заслонка

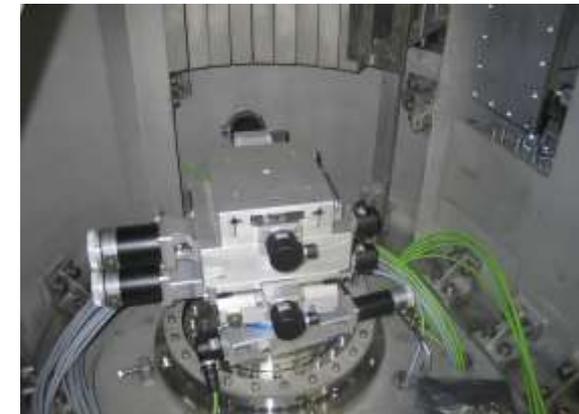
Локальный шибер  
производства ПИЯФ



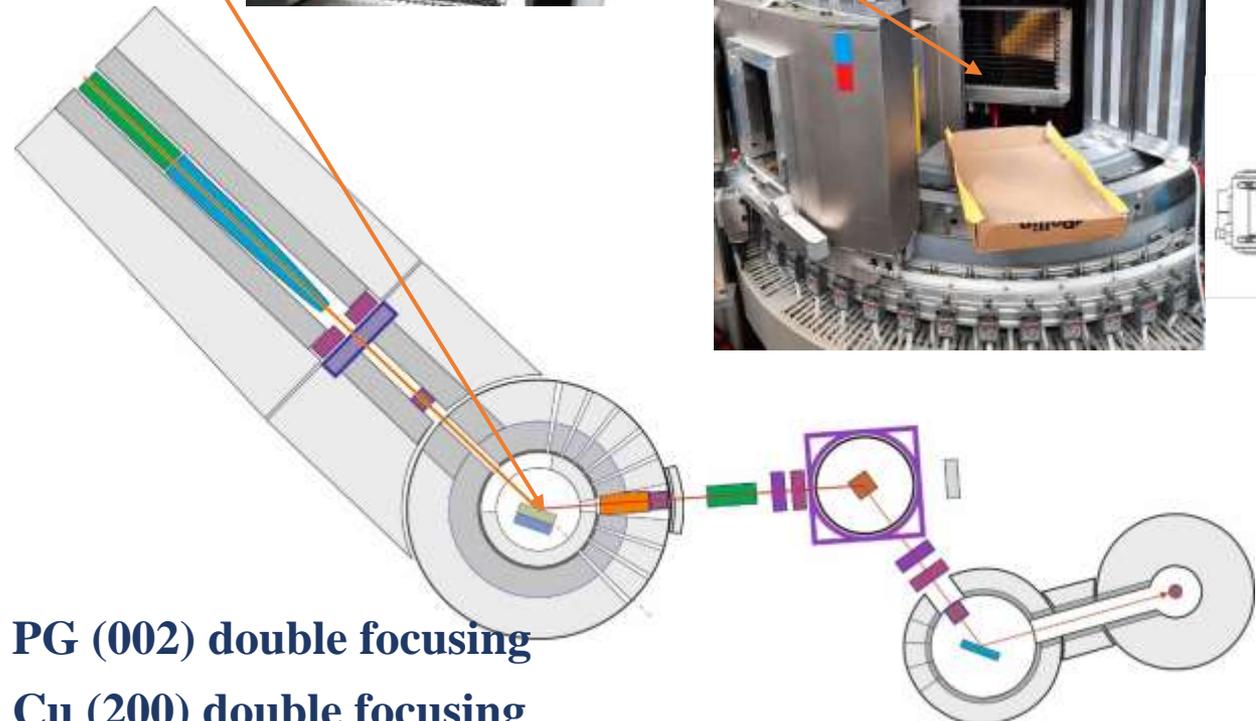
Заслонка нейтронного пучка (shutter) представляет собой защитное устройство для блокировки прохождения нейтронного пучка на узлы спектрометра в тех случаях, когда это нежелательно.



Узел  
монокроматора



**PG (002) double focusing**  
**Cu (200) double focusing**



## Узел монохроматора

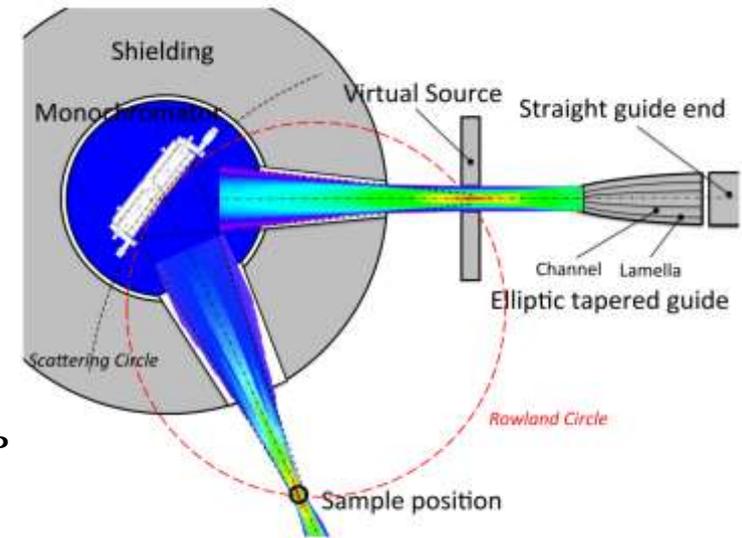
Монохроматор обеспечивает плавную перестройку начальной энергии нейтронов в диапазоне  $E_i = 15 - 100 \text{ meV}$  ( $\lambda_i = 0.9 - 2.36 \text{ \AA}$ ) путем изменения угла между вертикальной плоскостью и направлением падающего пучка.

В зависимости от  
наличия ИХН

Дополнительная  
фокусировка, дает  
возможность получить  
максимальную  
интенсивность на  
образце

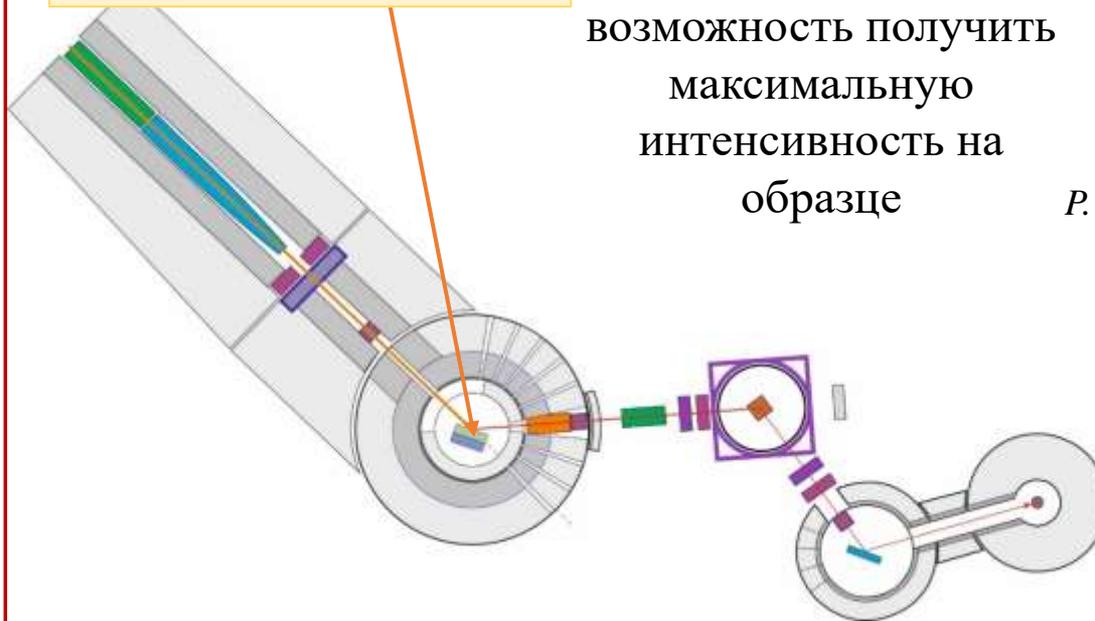
## PG (002) double focusing Cu (200) double focusing

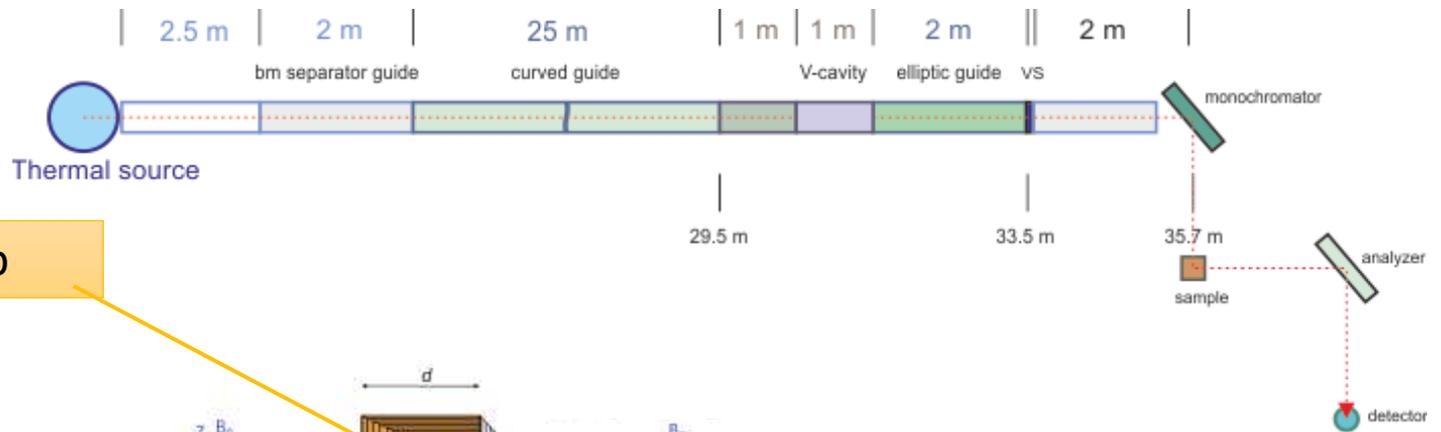
➤ геометрия Роуланда



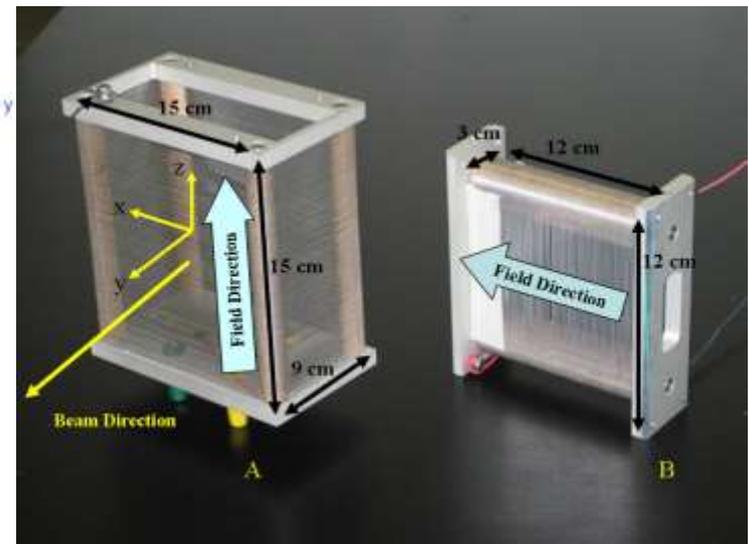
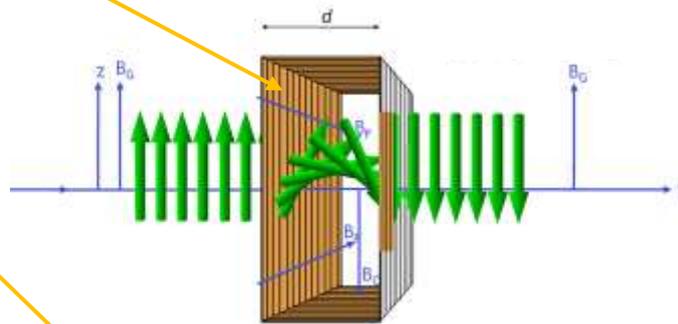
*P. Cermak, J. Phys. Soc. Jpn. 82 (2013) SA026*

Проблема! Неизвестно есть ли  
возможность изготовить  
фокусирующие устройства. Есть ли  
возможность изготовить Cu (200)

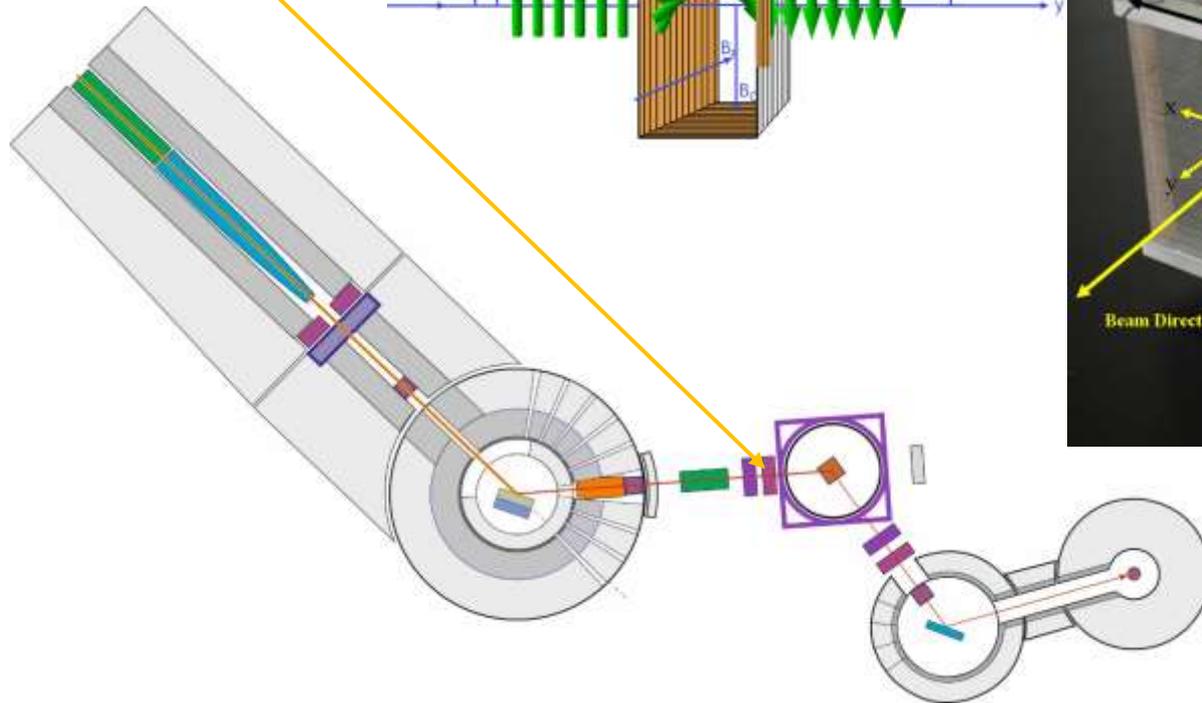




Флиппер



Флиппер Мезея





Thermal source

Катушки ведущего поля на образце

29.5 m

33.5 m

35.7 m

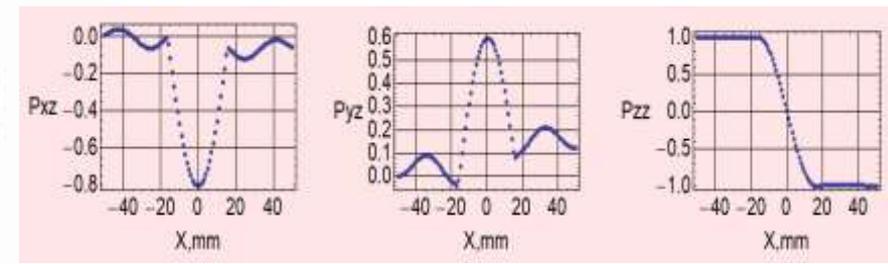
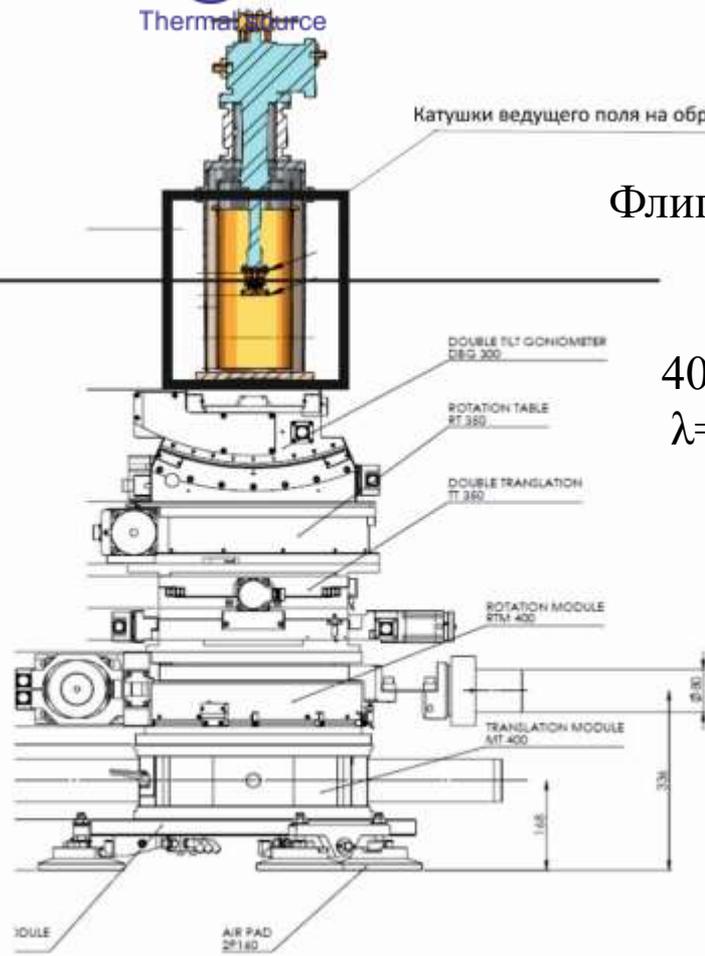
sample

analyzer

detector

Флиппер Мезея размерами пи катушки 30\*120\*120(мм) и размерами компенсирующей катушки 40\*150\*150(мм) при длине волны  $\lambda=1.5\text{\AA}$ , диаметр провода  $d=2\text{мм}$ .

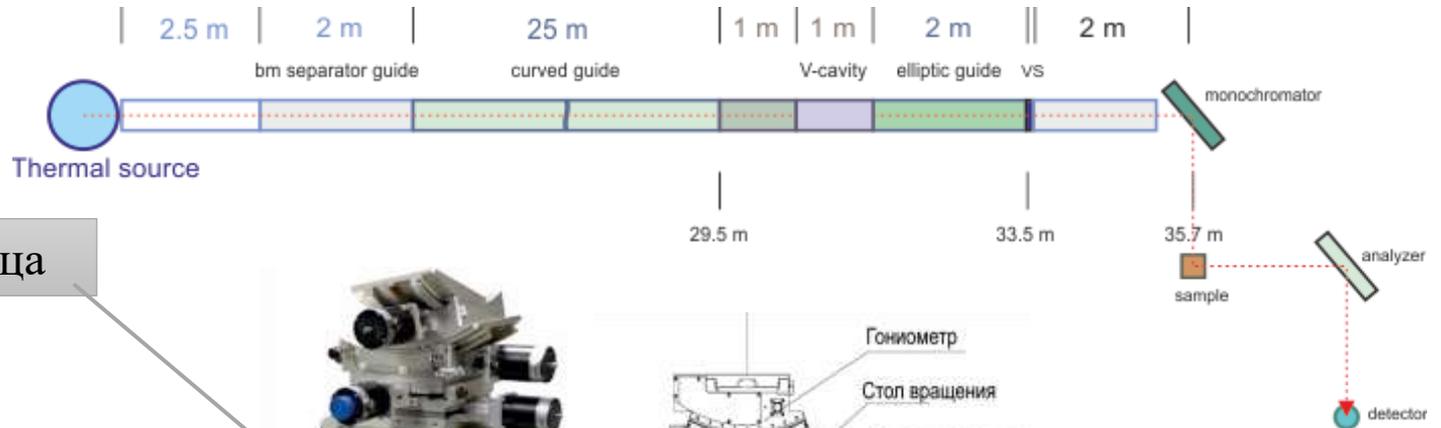
Флиппер создает однородное поле 50\*50 мм



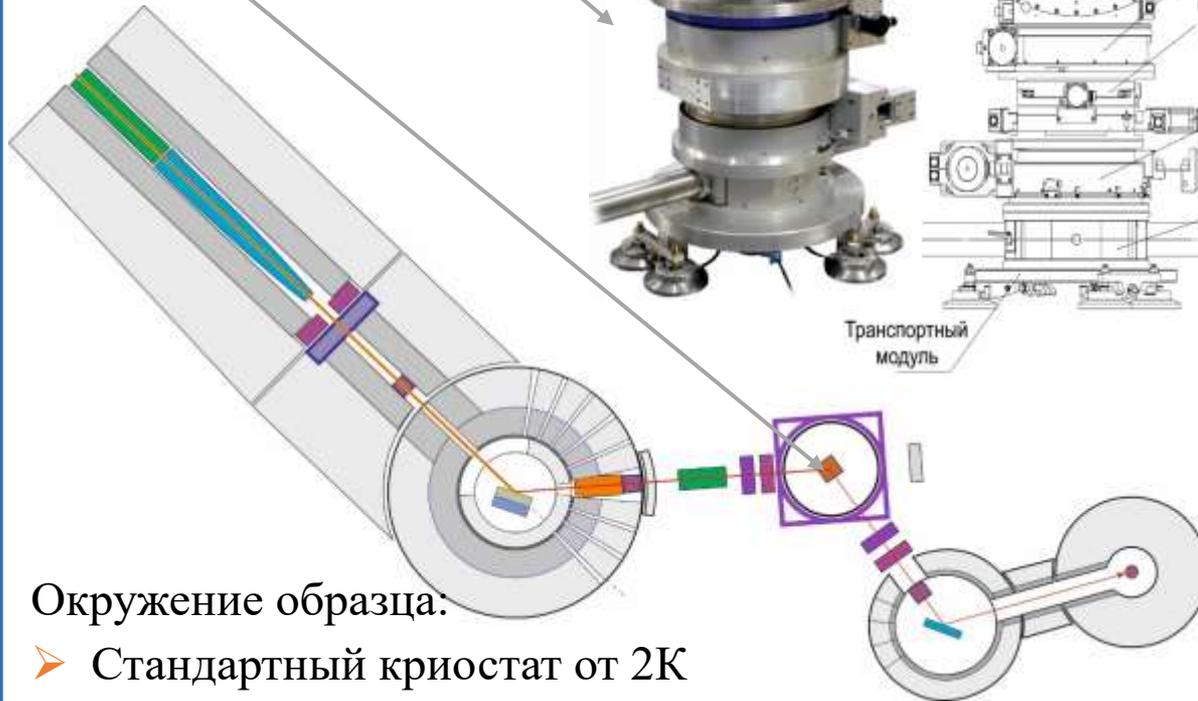
Аксельрод Леонид Абрамович написал программу для расчета

Проблема! Учет влияния полей флиппера на поля катушек ведущего поля на образце





Узел образца



Окружение образца:

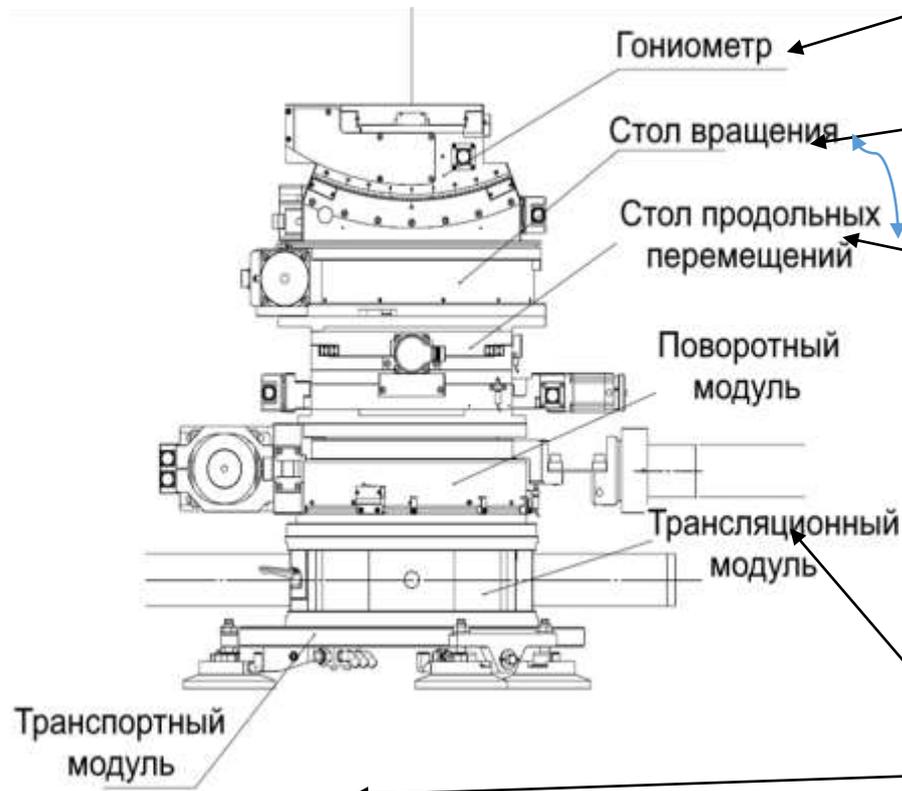
- Стандартный криостат от 2К
- Печь до 800К
- Криомагнит

Проблема! На данный момент нет возможности приобрести



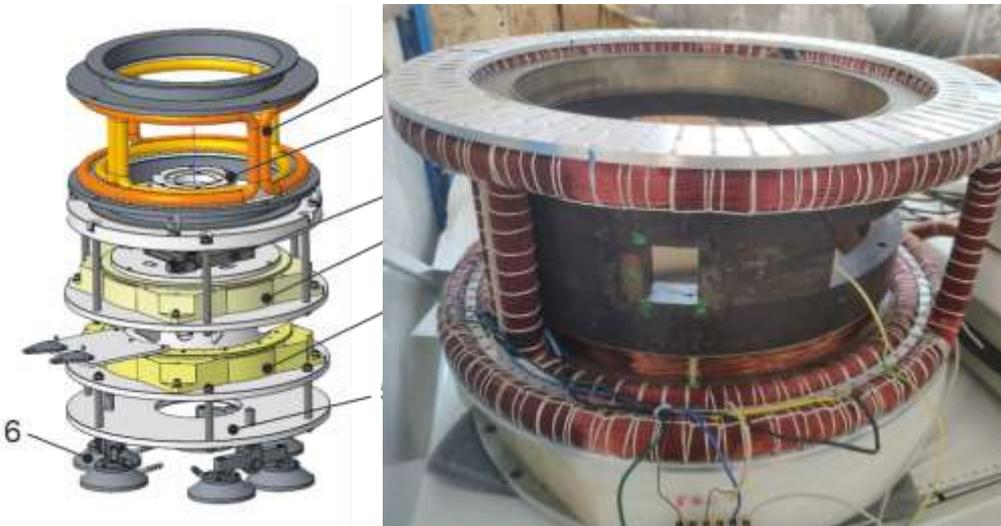
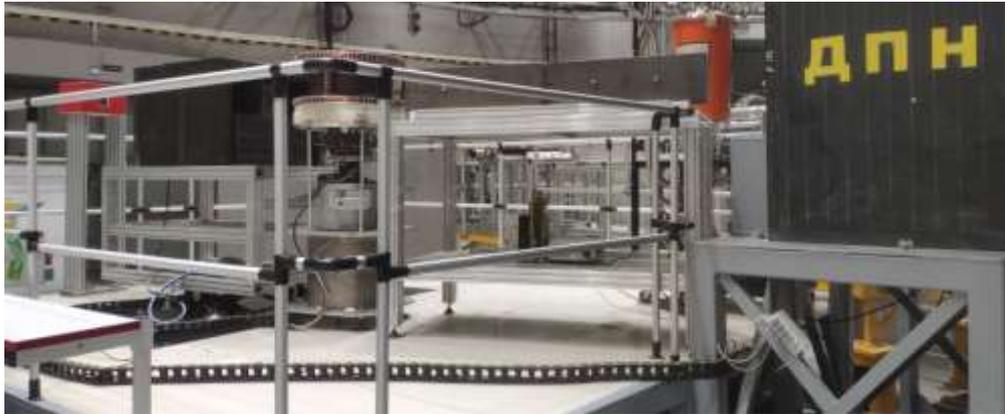
# Узел образца

Схема компоновки платформы  
позиционирования узла образца



# Узел образца

Мы рассматриваем два варианта организации ведущего поля на образце:



**ПИЯФ**

На данный момент рассматривается  
только этот вариант

**KOMPASS**

Проблема! На данный момент  
нет возможности приобрести

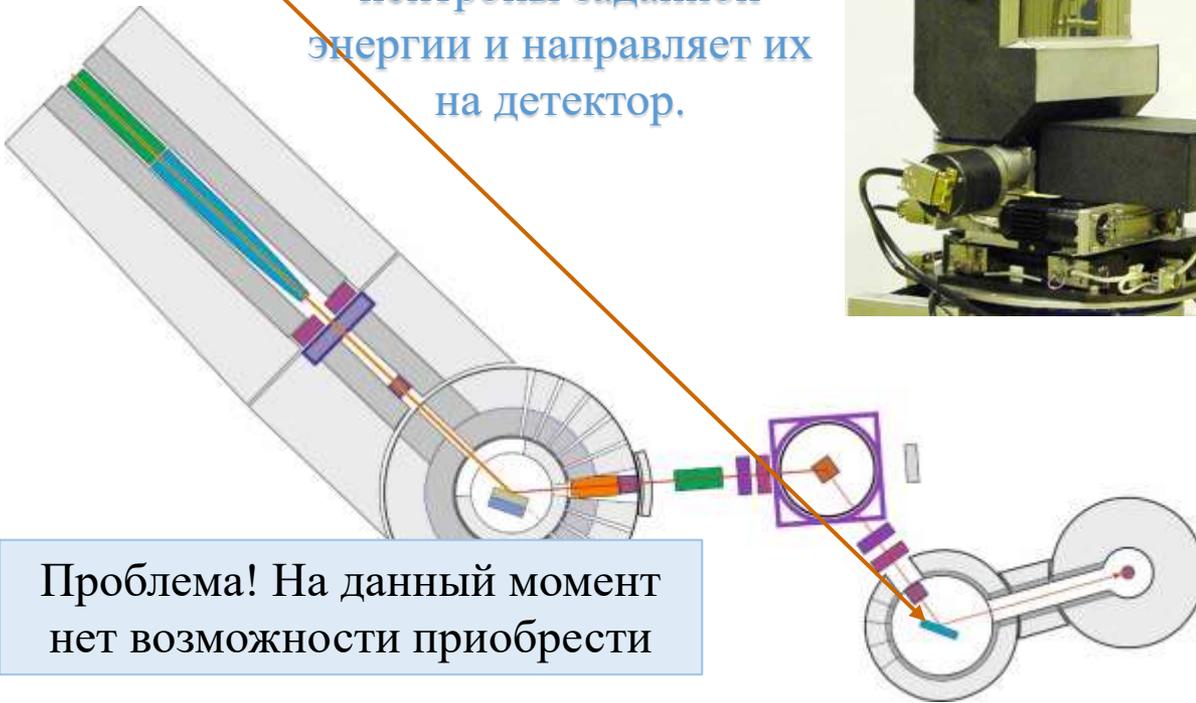
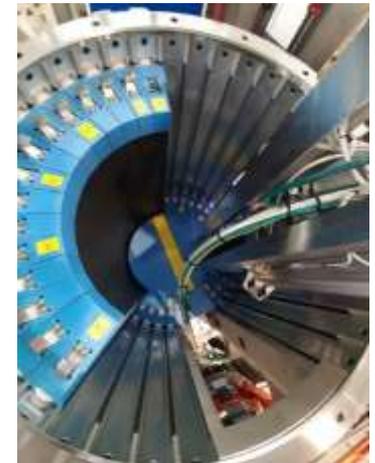
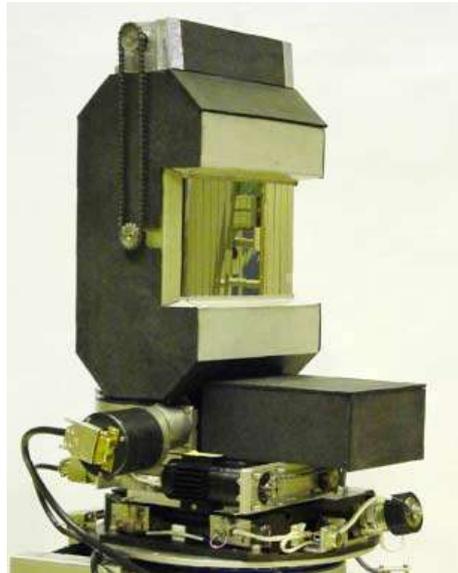
1



Узел анализатора

Из рассеянного на образце потока нейтронов выделяет нейтроны заданной энергии и направляет их на детектор.

Кристалл Гейслера



Проблема! На данный момент нет возможности приобрести

$\text{Cu}_2\text{MnAl}$  (111) производит одновременно анализ энергии и поляризации нейтронного пучка, рассеянного образцом

2

Узел  
анализатора

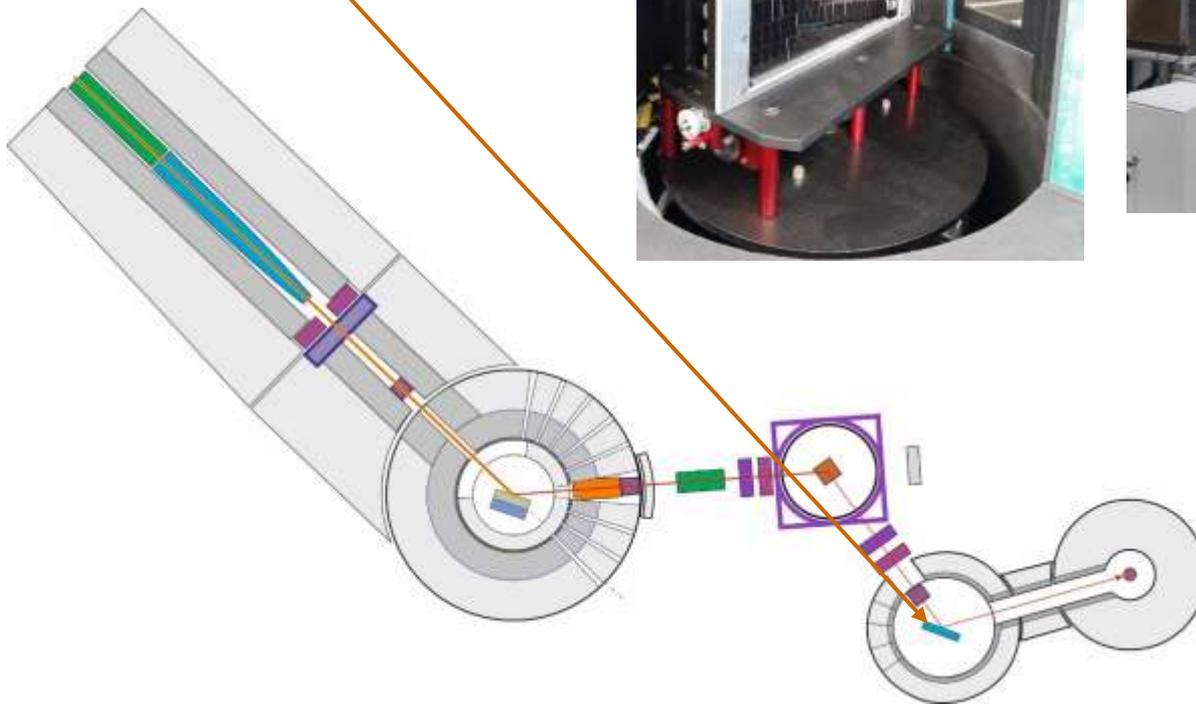
Из рассеянного на образце потока нейтронов выделяет нейтроны заданной энергии и направляет их на детектор.

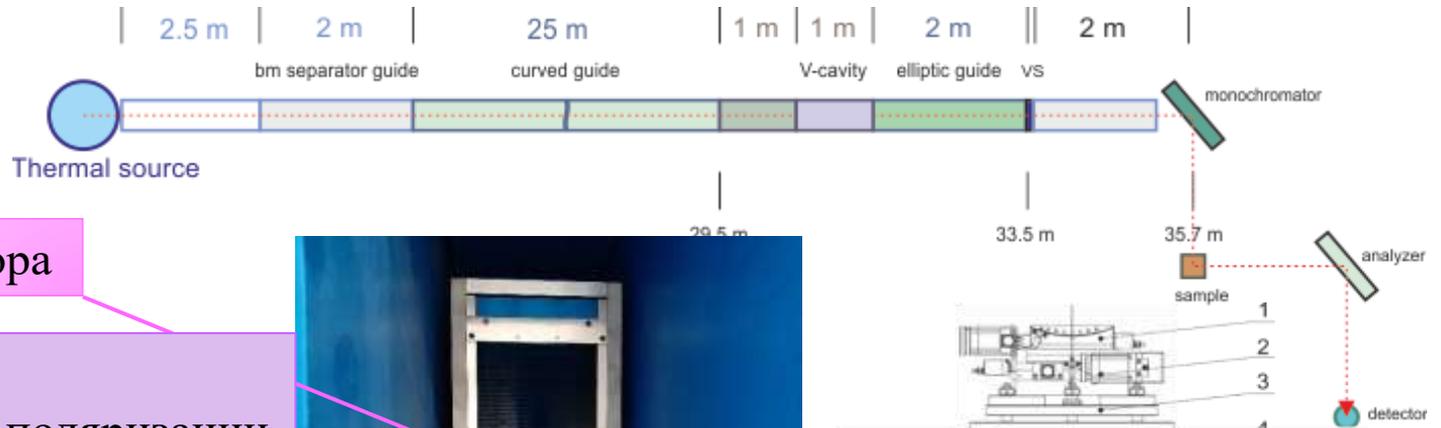
Анализатор на основе кристаллов пиролитического графита с отражающей плоскостью (002) фокусирует нейтроны в горизонтальной и вертикальной плоскостях



+ Бендер для  
анализа  
поляризации

Проблема! Неизвестно  
есть ли возможность  
изготовить фокусирующие  
устройства

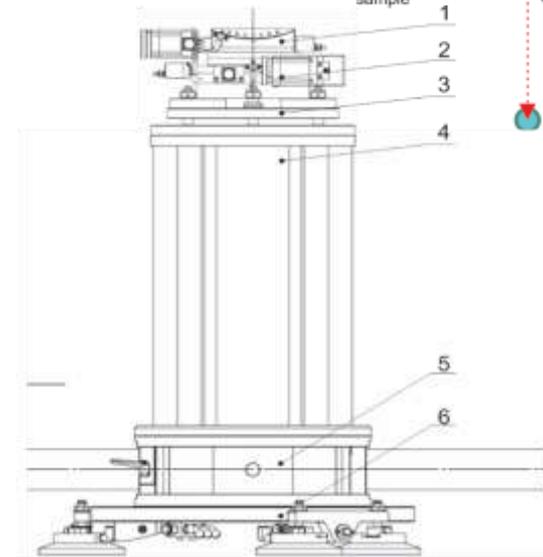




Узел детектора

Положения:

- 1) Без анализа поляризации
- 2) С анализом поляризации



Оставляем 1 стол линейных перемещений поперек пучка

пучка



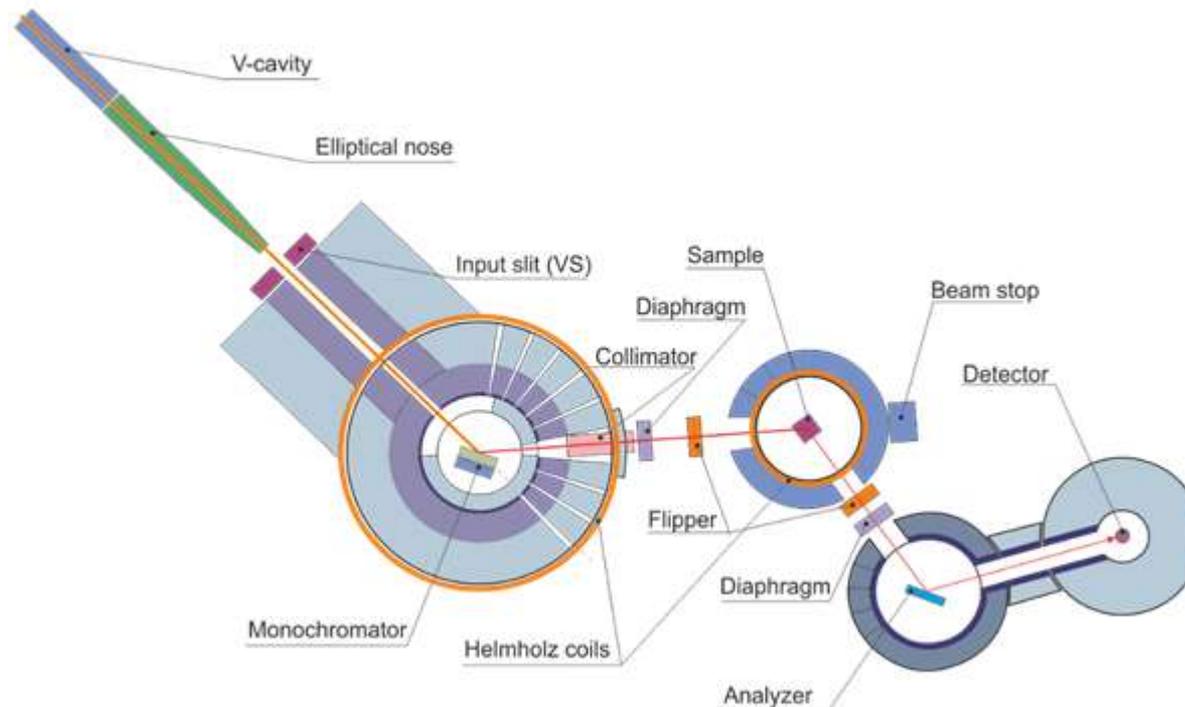
Детектор – высокоэффективный

$^3\text{He}$  нейтронный счетчик типа CHM-17 с предусилителем

## Спектрометр поляризованных нейтронов IN3

- ❖ Диапазон используемых энергий нейтронов:  $E_i = 15 \text{ meV} - 100 \text{ meV}$ ;
- ❖ длин волн:  $\lambda_i = 0.9 \text{ \AA} - 2.36 \text{ \AA}$ .
- ❖ Монохроматизация:  $\Delta\lambda/\lambda \leq 3\%$ ;
- ❖ Энергетическое разрешение:  $\Delta E \leq 0.8; 3 \text{ meV}$  (FWHM) для энергий падающих нейтронов 15 и 35 meV, соответственно.
- ❖ Поляризация нейтронов  $P \geq 95 \%$ .
- ❖ Сечение пучка нейтронов на позиции образца:  $10 \times 10 \text{ мм}^2 \div 30 \times 30 \text{ мм}^2$ .

В зависимости от наличия ИХН



## Polarized neutron spectrometer IN3

### HEC 2 neutron guide NG8

#### Monochromators

PG (002) double focusing

Cu (200) double focusing

#### Analyzer

$\text{Cu}_2\text{MnAl}$  (111) (double focusing)

Или PG (002) double focusing +  
бендер

$$k_i = 2.66 \text{ \AA}^{-1} - 7.0 \text{ \AA}^{-1}$$

$$\lambda_i = 0.9 \text{ \AA} - 2.36 \text{ \AA}$$

$$E_i = 15 \text{ meV} - 100 \text{ meV}$$

Take-off angles  $26^\circ - 90^\circ$

Beam size at sample from  $1 \times 1 \text{ cm}^2 \div$   
 $3 \times 3 \text{ cm}^2$

Detectors Single  $^3\text{He}$  detector



Мозаичность кристаллов  $0.3^\circ - 0.4^\circ$ .

Размер кристаллов  $20 \times 20 \times 2 \text{ мм}^3$ .

В зависимости от наличия ИХН

## IN3

## Оценка поток поляризованных нейтронов на образце с монохроматором PG

**PG monochromator:**  
**Double focusing**  
**WxH = 220 x 160 mm<sup>2</sup>**

~  $1.1 \cdot 10^8$  n/cm<sup>2</sup>s at 1 Å (6.3 Å<sup>-1</sup>)  
 ~  $4.1 \cdot 10^8$  n/cm<sup>2</sup>s at 1.5 Å (4.2 Å<sup>-1</sup>)  
 ~  $3.1 \cdot 10^8$  n/cm<sup>2</sup>s at 2.5 Å (2.5 Å<sup>-1</sup>)

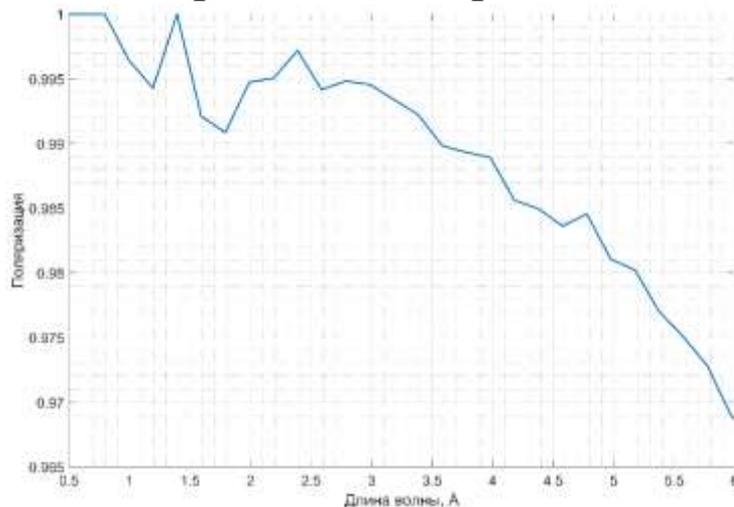
## Блоки поляризационного анализа

**V-cavity или бендер**

**Катушки Гельмгольца на монохроматоре и образце**  
**Heusler анализатор или PG + бендер**

**Два флиппера (Mezei type)**

## С - образный бендер



Проблема! На больших длинах волн поляризация падает.

**V-cavity:**

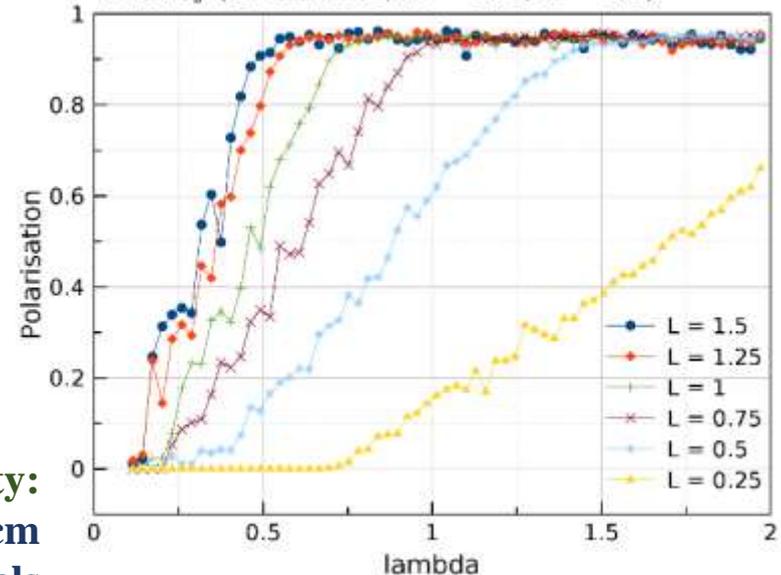
**Length 100 cm**

**12 channels**

**Side walls m = 3**

**V-wafers m = 5**

V-cavity (12 channels, W = 0.06, m = 5/3)

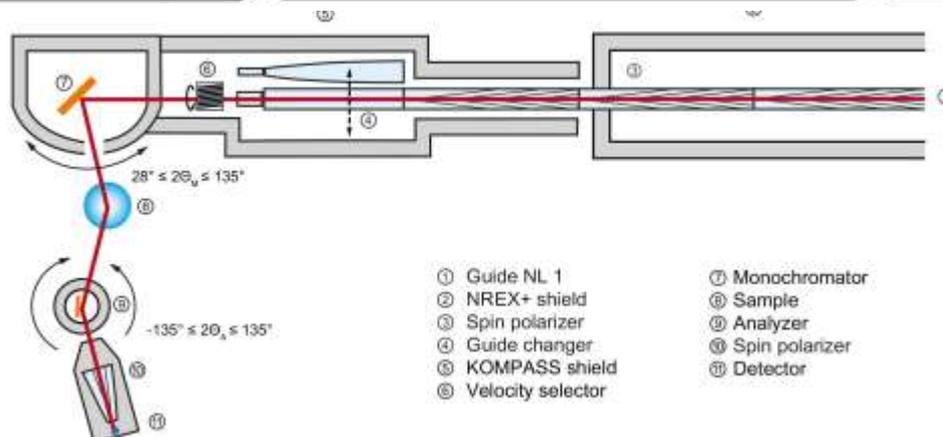
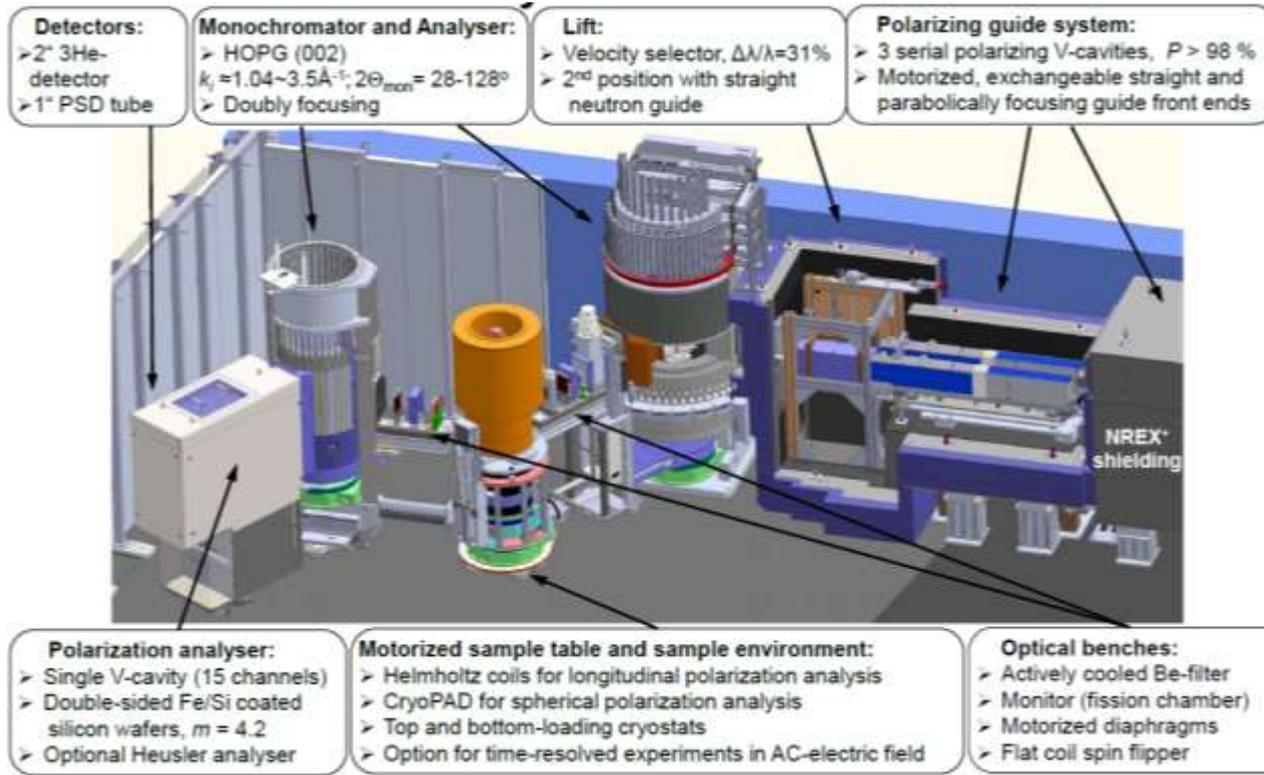


Проблема! На данный момент нет возможности приобрести



**Спасибо за внимание!**

# KOMPASS (MLZ)



## Estimated cost of IN3 stages

## Comments

#	Position	Cost, k€
1	Elliptic guide	150
2	Polarizer V-cavity	180
3	Monochromator stage w Cu (200), PG(002)	300
4	Monochromator shielding	500
5	Sample stage	100
6	Analyzer stage w Cu <sub>2</sub> MnAl	200
7	Analyzer shielding	200
8	Detector stage w point detector and shielding	120
9	Instrument control (electronics, racks, computer)	100
10	Beam Elements	90
11	Site implementation	160
12	Design work	20
13	Assembling and installation	10
	<b>Total</b>	<b>2 060</b>

**#4 Monochromator shielding** cost estimation made on the basis of Russian prices.

**#10 Beam Elements** mean:  
Motorized slit 2D, Flipper, Filter PG, Neutron camera CCD, Monitor counter, Permanent magnets, Collimator, etc.

**#11 Site Implementation**  
Experimental area (walls + roof), Tanzboden, Optic Camera CCD, B<sub>4</sub>C, Laser level, Electric wiring, Air, water, gas, Cabin, Magnetometer, Infrastructure (stairs, access...), Aluminum profile with accessories, etc.

 Russian salaries, to be updated depending on...

### IN3 - estimated time for project

#	Position	1 year	2 year	3 year
1	Elliptic guide		Order, fabrication, delivery, installation, testing	
2	Polarizer V-cavity		Order, delivery, installation, testing	
3	Monochromator stage w Cu (200), PG(002)	Positioning stages order, fabrication, delivery	Monochromators fabrication, testing	
		Crystals order		
4	Monochromator shielding	Protective materials order, delivery	Manufacturing of structural elements	
5	Sample stage	Positioning stages order, fabrication, delivery		
6	Polarization analyzer w Cu <sub>2</sub> MnAl	Focusing mechanics order, fabrication, delivery	Analyzer fabrication, testing	
		Crystals order		
7	Analyzer shielding			
8	Detector stage w point detector and shielding	Order, delivery, installation, testing		
9	Instrument control (electronics, racks, computer)		Order, delivery, installation, testing	
10	Beam Elements	Order, fabrication	Delivery, installation, on-site testing	
11	Site implementation		Equipment and materials order, delivery	
12	Design work	Technical require.	Draft design	Det. tech. design
13	Assembling and installation			