



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

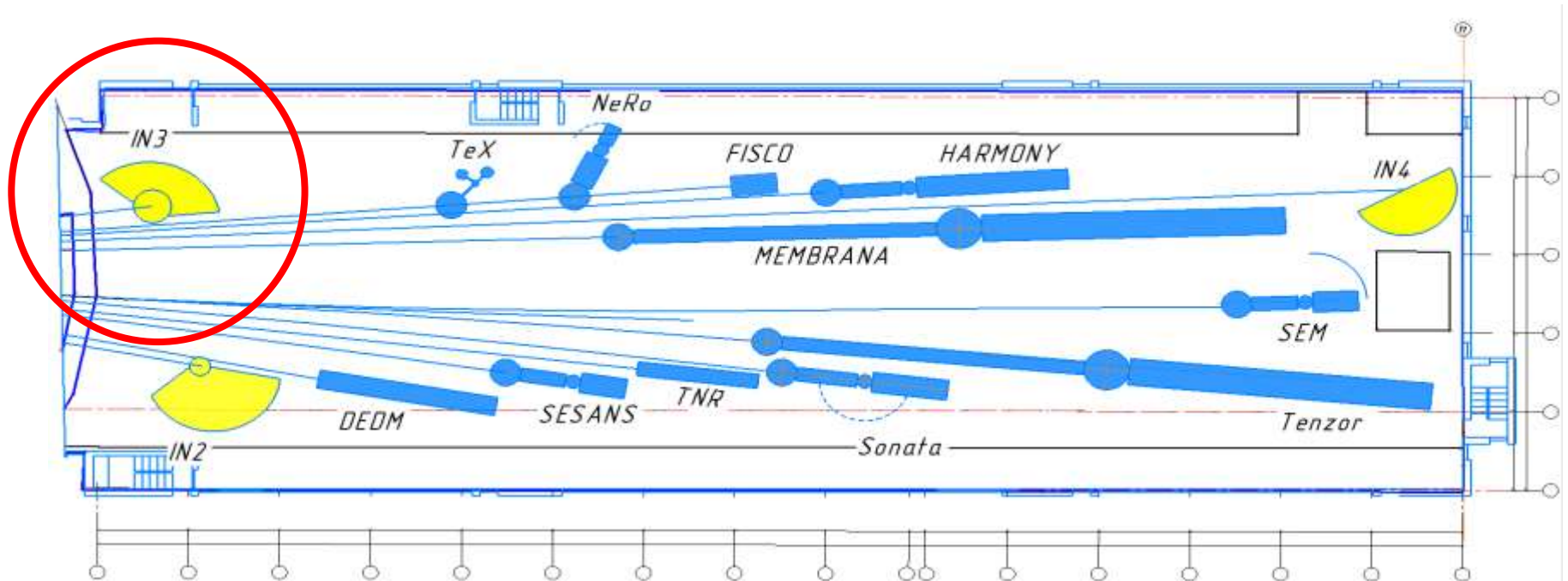
Рабочие моменты и проблемы

Научные задачи

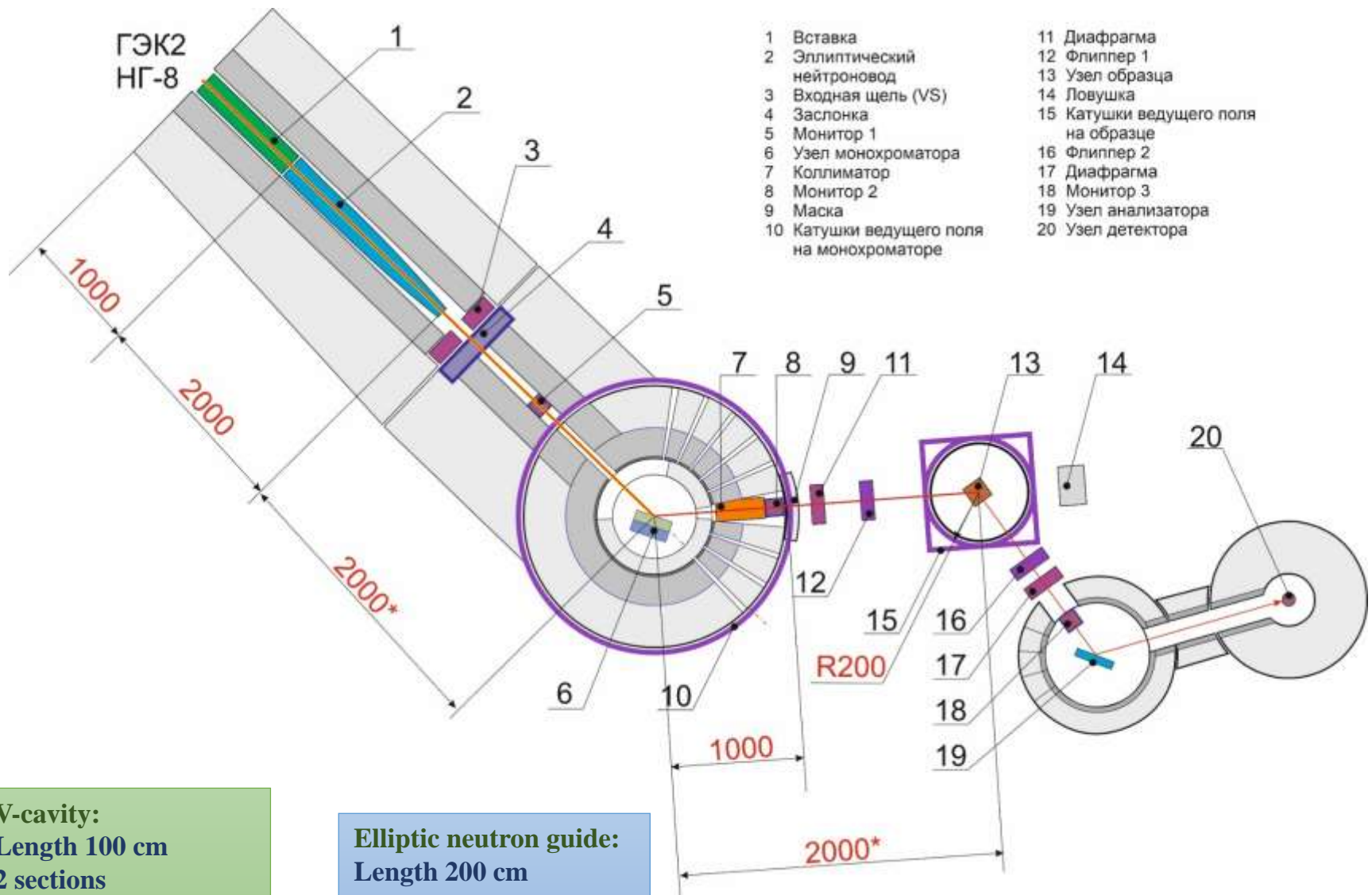
- Исследования динамики магнитной решетки
- Спектры магнитных возбуждений
- Критическое рассеяние и явления, связанные с выделением магнитного вклада в фазовые переходы
- Слабые статические магнитные моменты ($10^{-2} \mu_B$)
- Магнитные многослойные структуры
- Разделение магнитного и ядерного неупругого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

РК ПИК
ГЭК 2, Н8

Расположение IN3



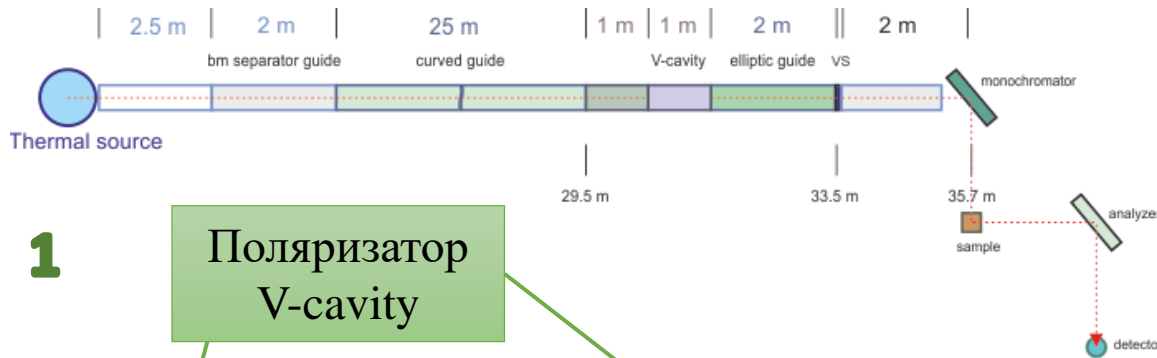
IN3



- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 Вставка | 11 Диафрагма |
| 2 Эллиптический нейтронвод | 12 Флиппер 1 |
| 3 Входная щель (VS) | 13 Узел образца |
| 4 Заслонка | 14 Ловушка |
| 5 Монитор 1 | 15 Катушки ведущего поля на образце |
| 6 Узел монохроматора | 16 Флиппер 2 |
| 7 Коллиматор | 17 Диафрагма |
| 8 Монитор 2 | 18 Монитор 3 |
| 9 Маска | 19 Узел анализатора |
| 10 Катушки ведущего поля на монохроматоре | 20 Узел детектора |

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
 $m = 3$

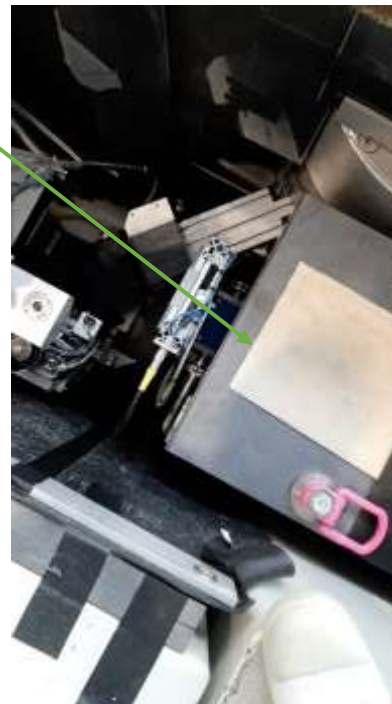


1

Поляризатор
V-cavity



SwissNeutronics AG

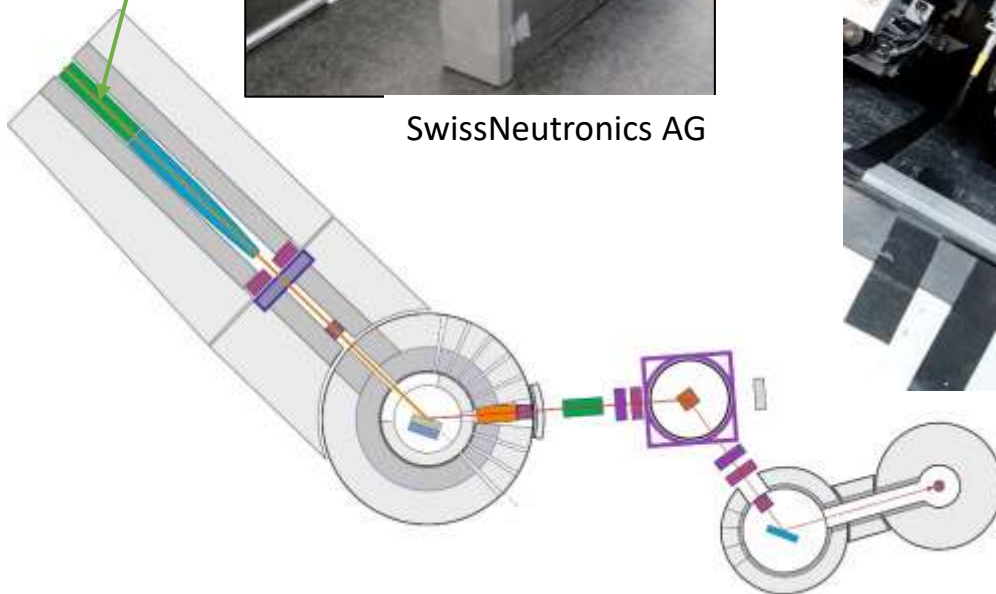


V-cavity

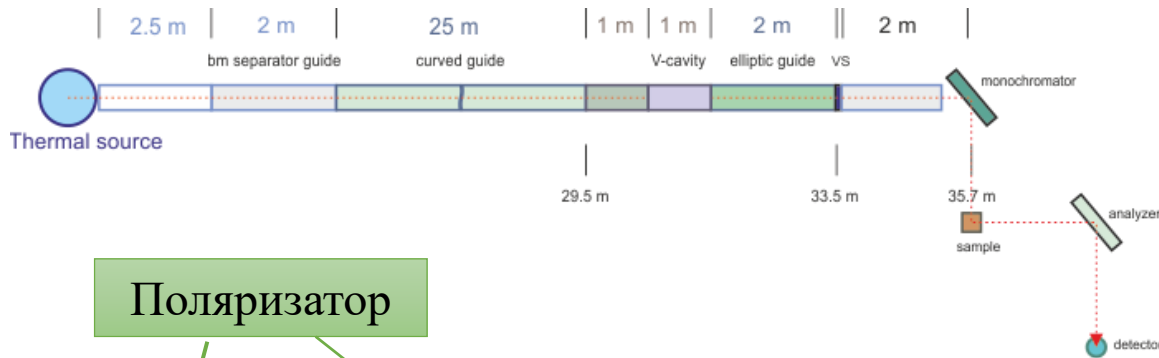
- пропускание $T \geq 40 \%$
- поляризация $P \geq 95 \%$
- длина 100 см
- покрытие стенок $m = 3$
- покрытие V-пластины $m = 5$
- вертикальное поле 500 эрстед



KOMPASS



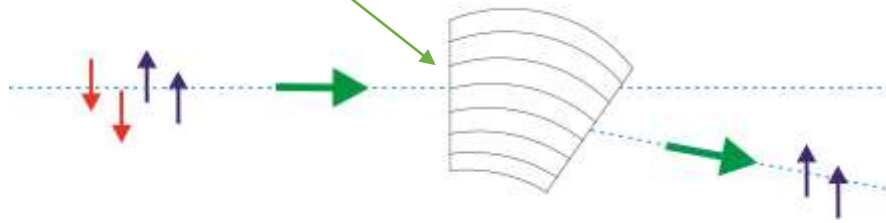
Проблема! На данный момент нет возможности приобрести



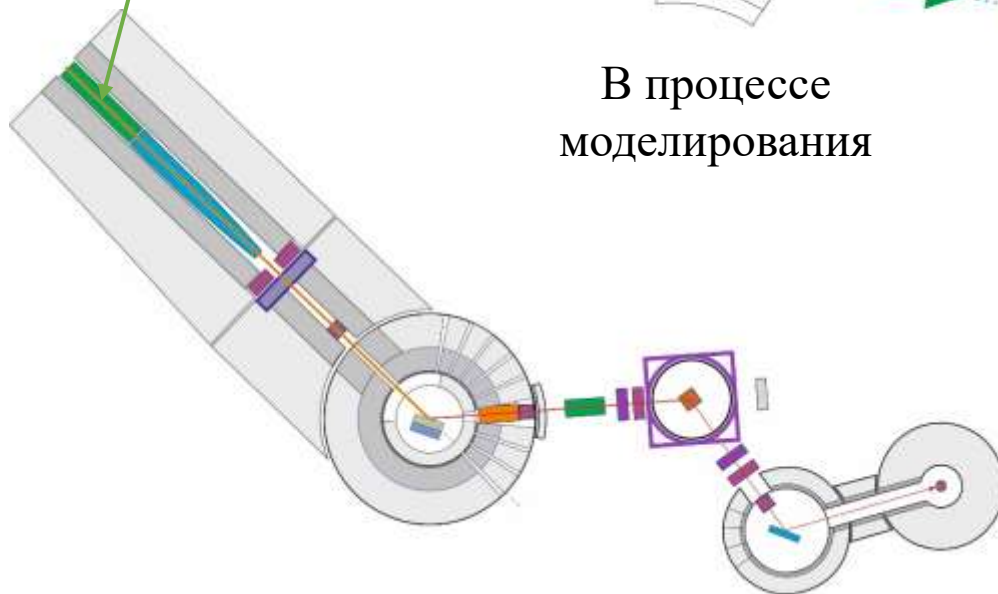
Поляризатор

2

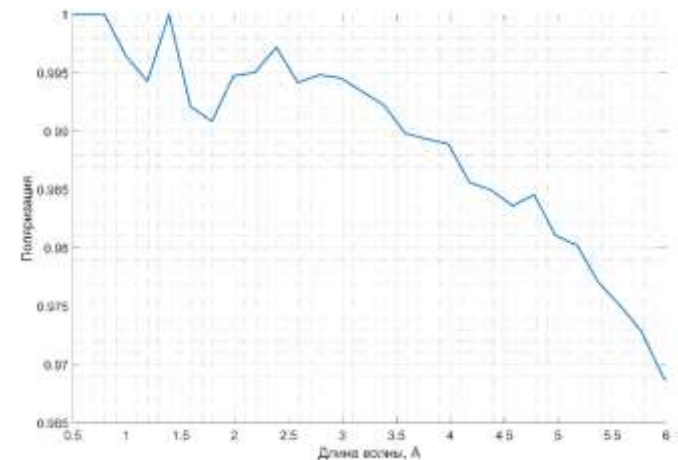
C - бендер



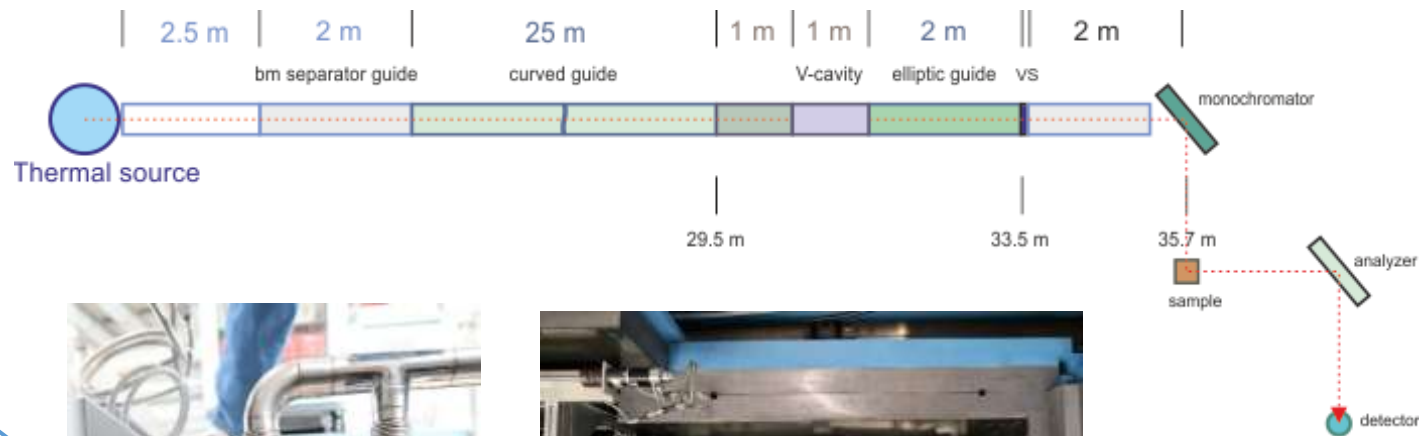
В процессе моделирования



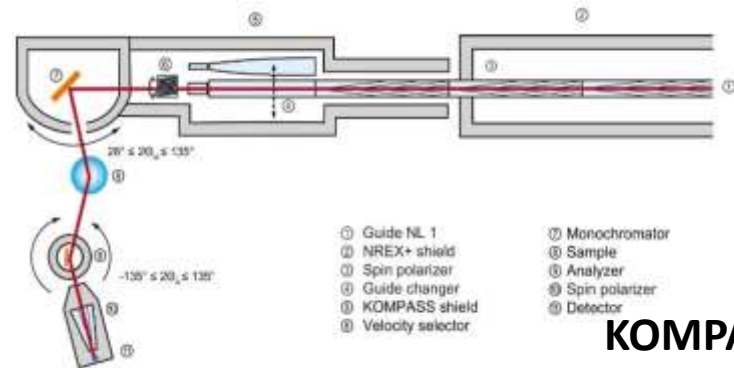
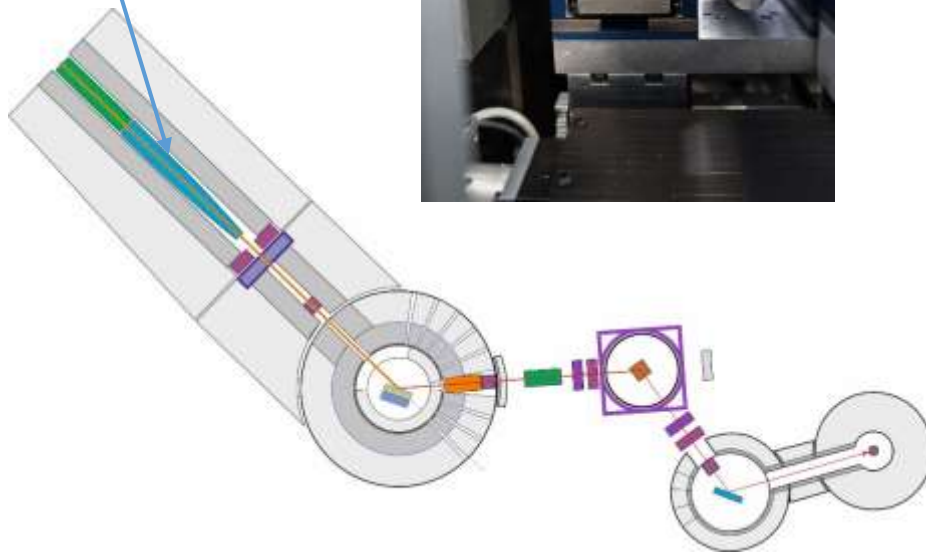
$$\lambda_i = 0.9 \text{ \AA} - 2.36 \text{ \AA}$$



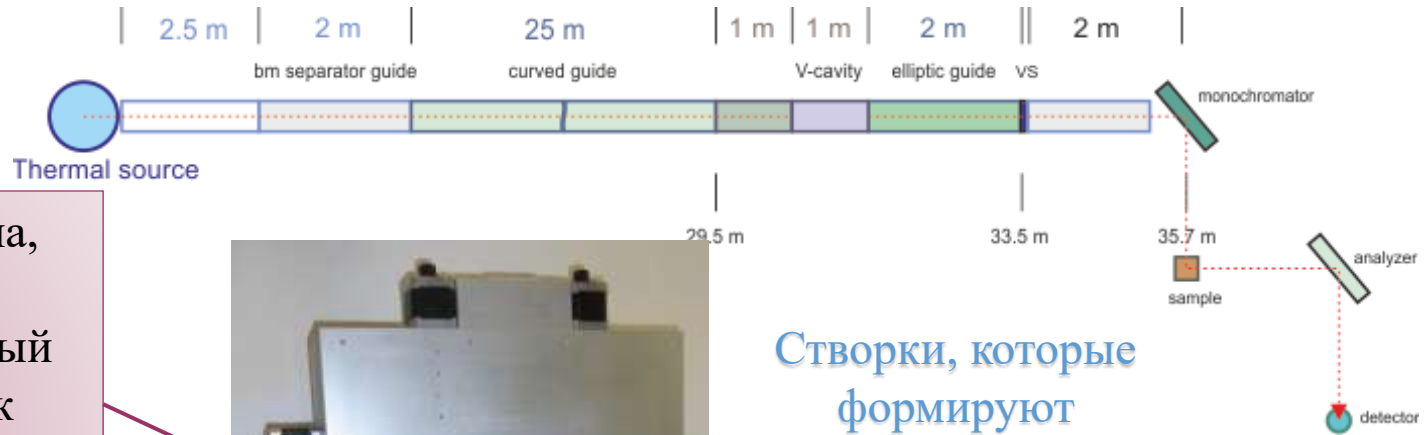
Проблема! На больших длинах волн поляризация падает.
 Вопрос: Будет ли источник холодных нейтронов?



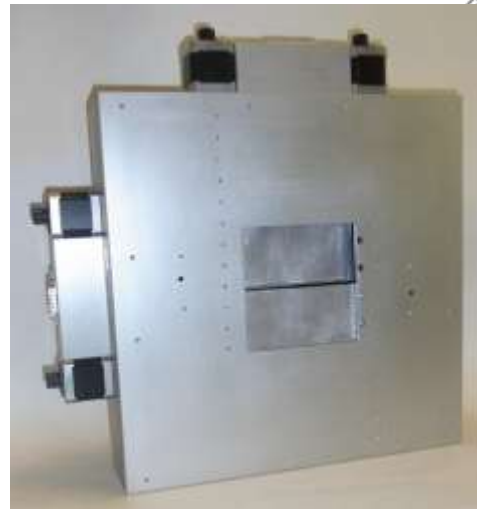
Эллиптический нейтроновод



Проблема! На данный момент нет возможности приобрести



Диафрагма,
щель,
виртуальный
источник

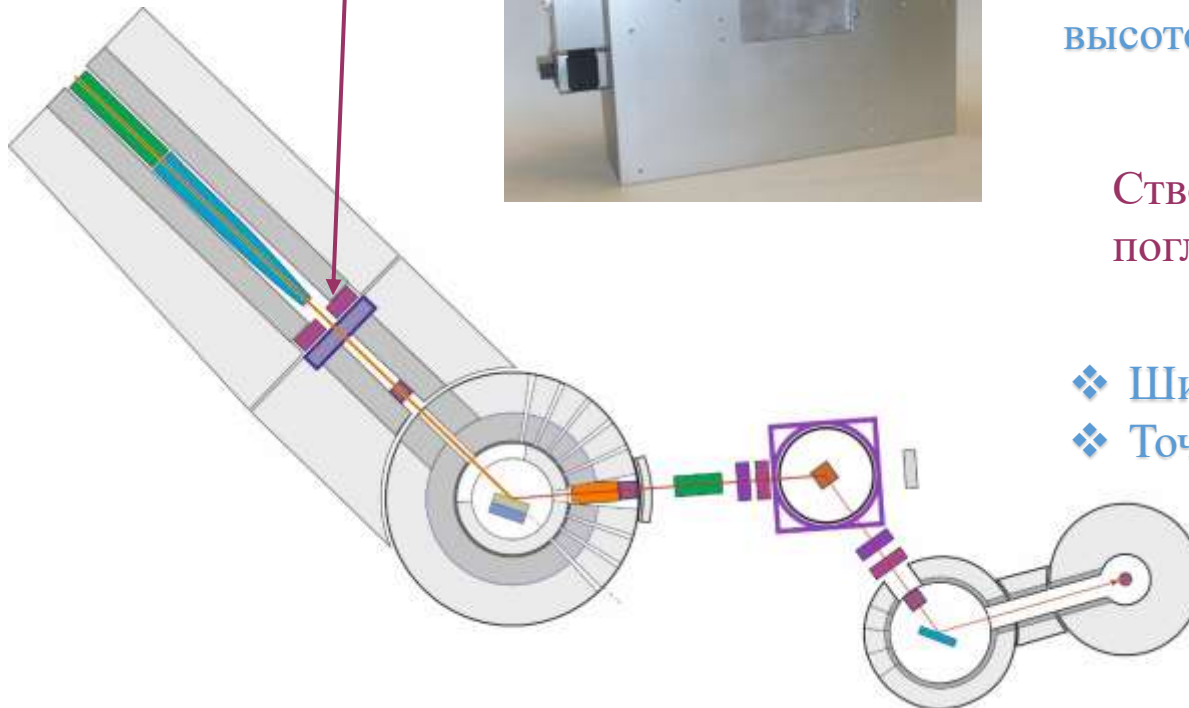


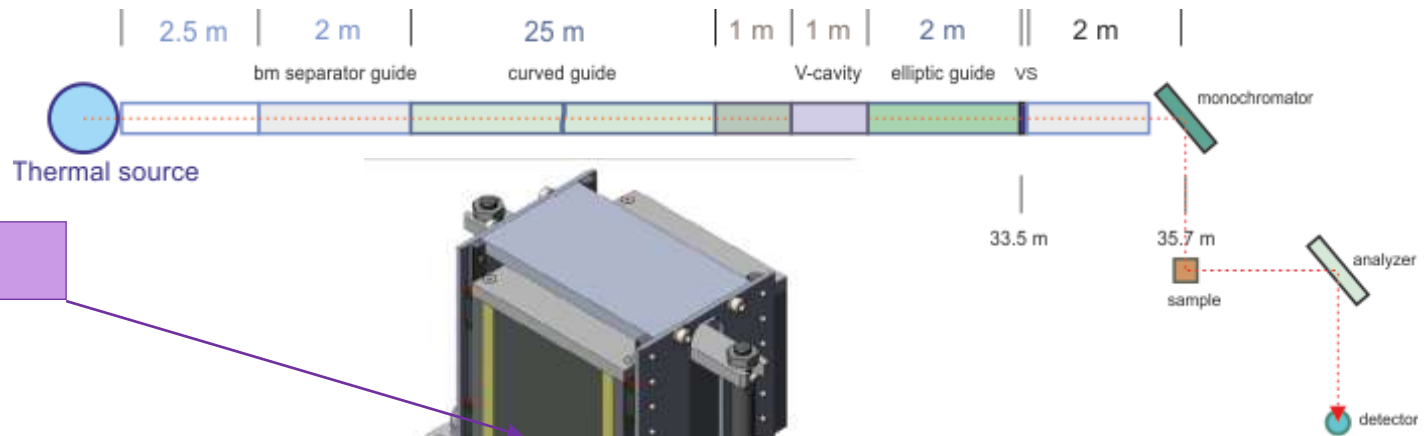
Створки, которые
формируют
вертикальную щель
максимальной
высотой **200 мм**

Створки покрыты материалом,
поглощающим нейтроны!

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

Проблема! Нет
радиационных расчётов.

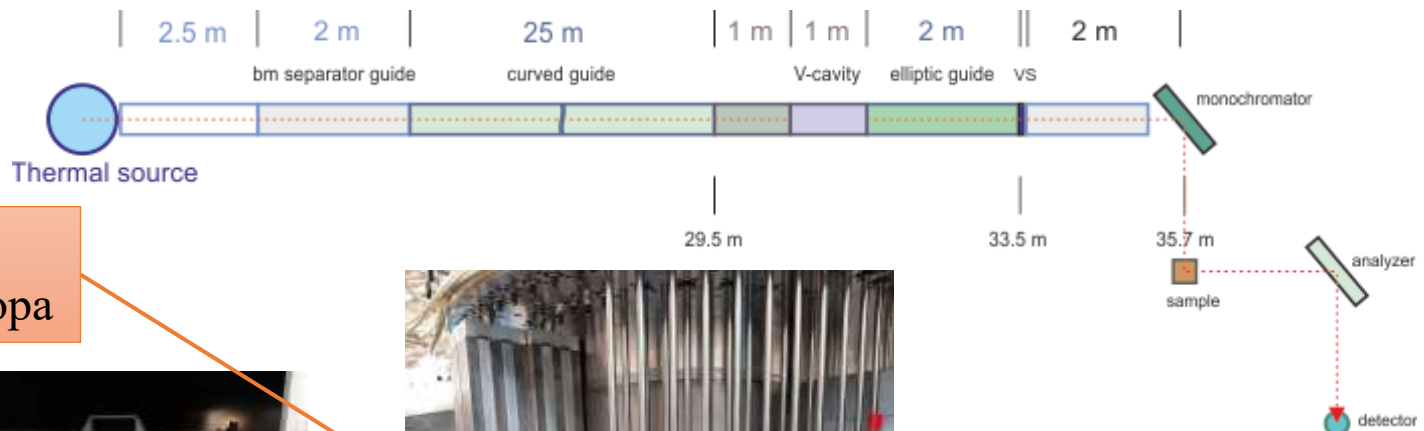




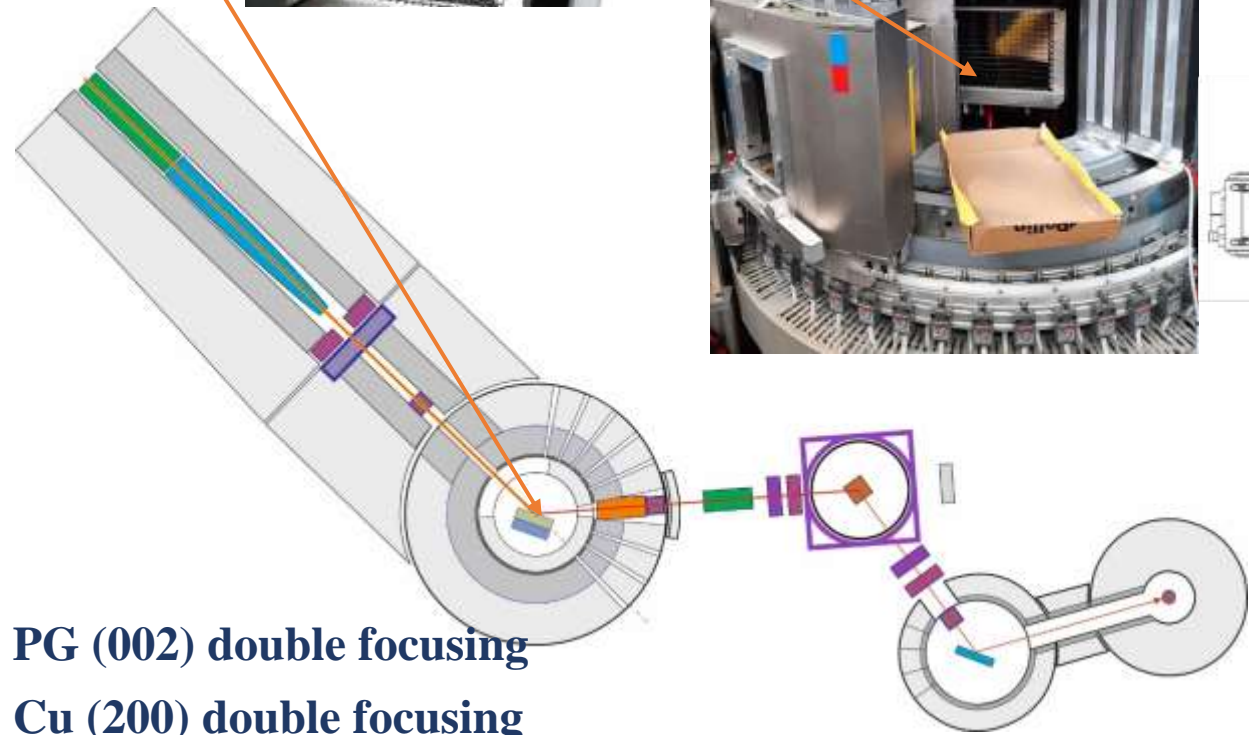
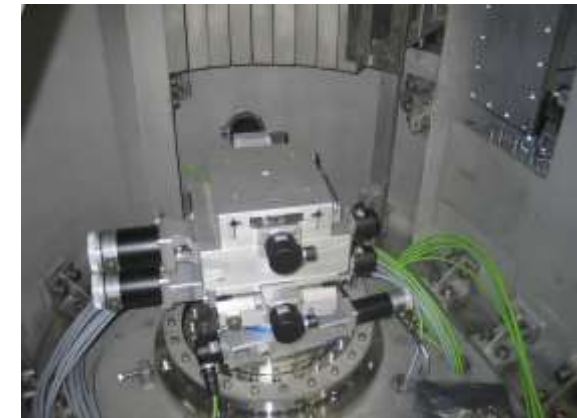
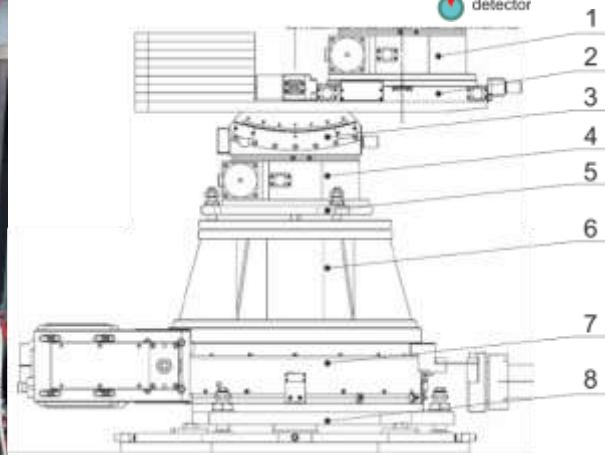
Заслонка

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
монохроматора



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

Узел монохроматора

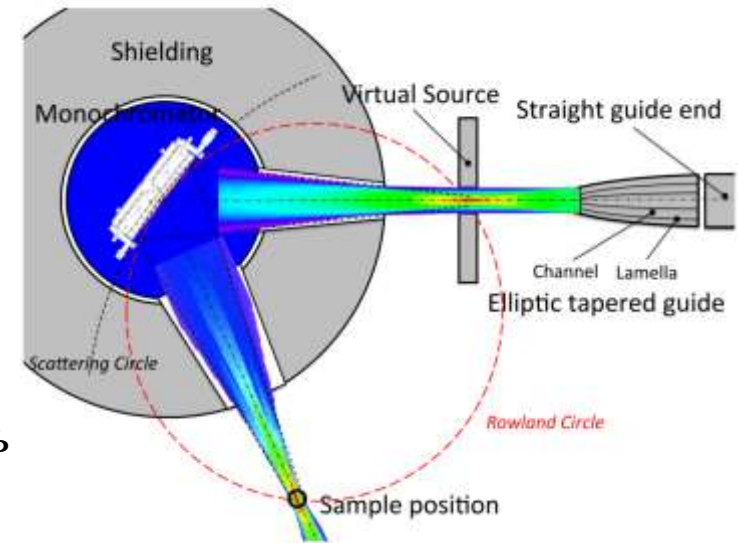
Монохроматор обеспечивает плавную перестройку начальной энергии нейтронов в диапазоне $E_i = 15 - 100 \text{ meV}$ ($\lambda_i = 0.9 - 2.36 \text{ \AA}$) путем изменения угла между вертикальной плоскостью и направлением падающего пучка.

В зависимости от
наличия ИХН

Дополнительная
фокусировка, дает
возможность получить
максимальную
интенсивность на
образце

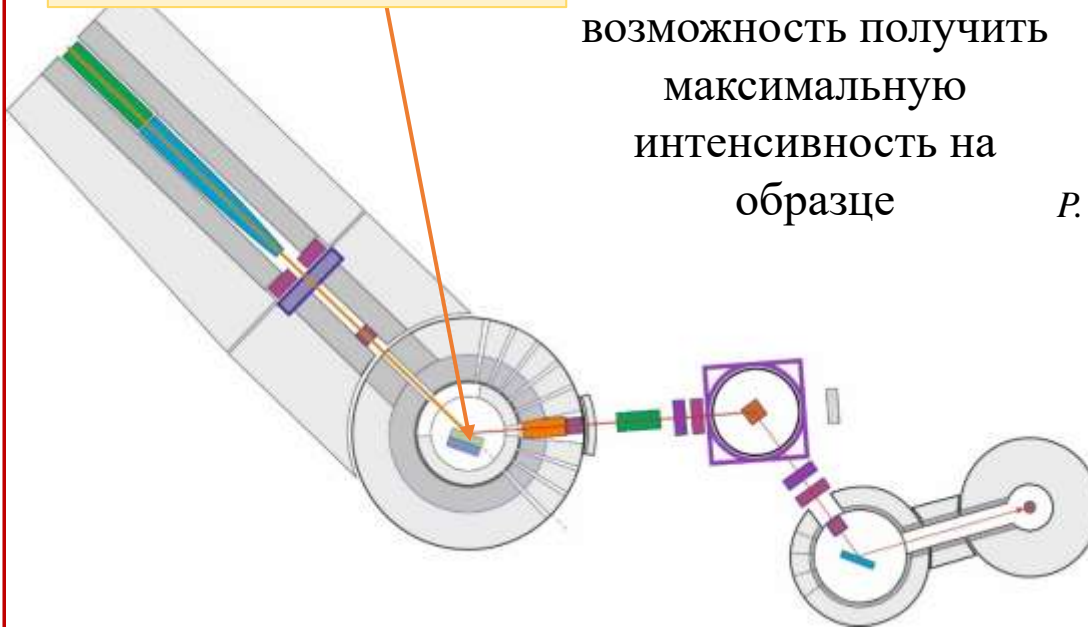
PG (002) double focusing Cu (200) double focusing

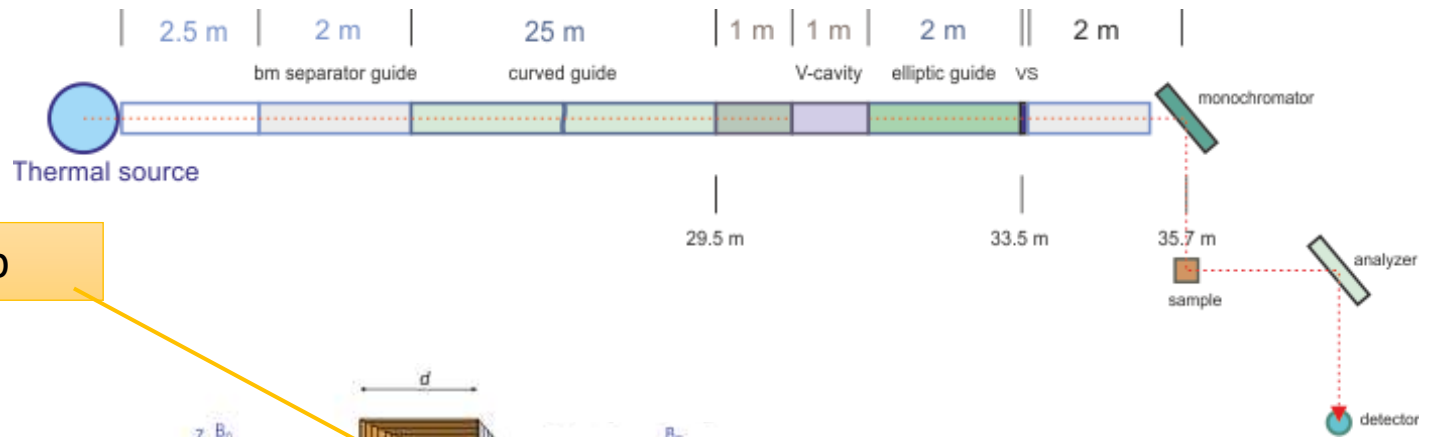
➤ геометрия Роуланда



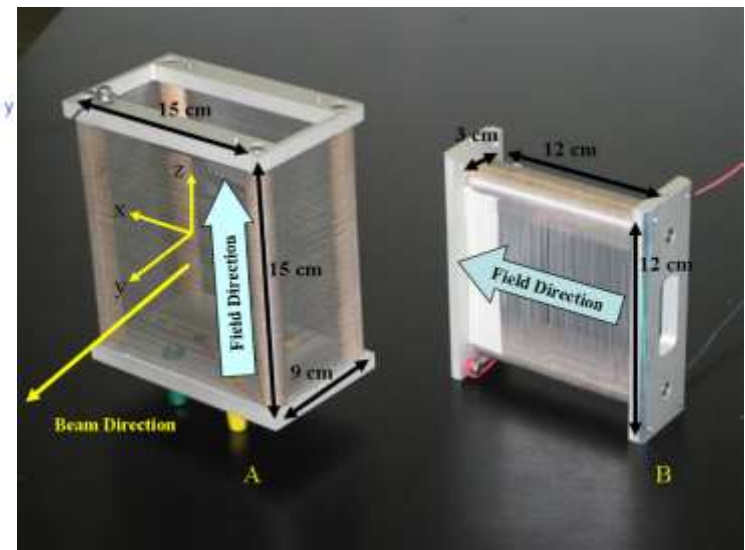
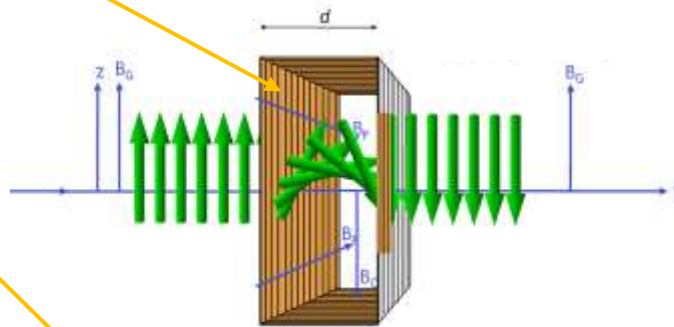
P. Cermak, J. Phys. Soc. Jpn. 82 (2013) SA026

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

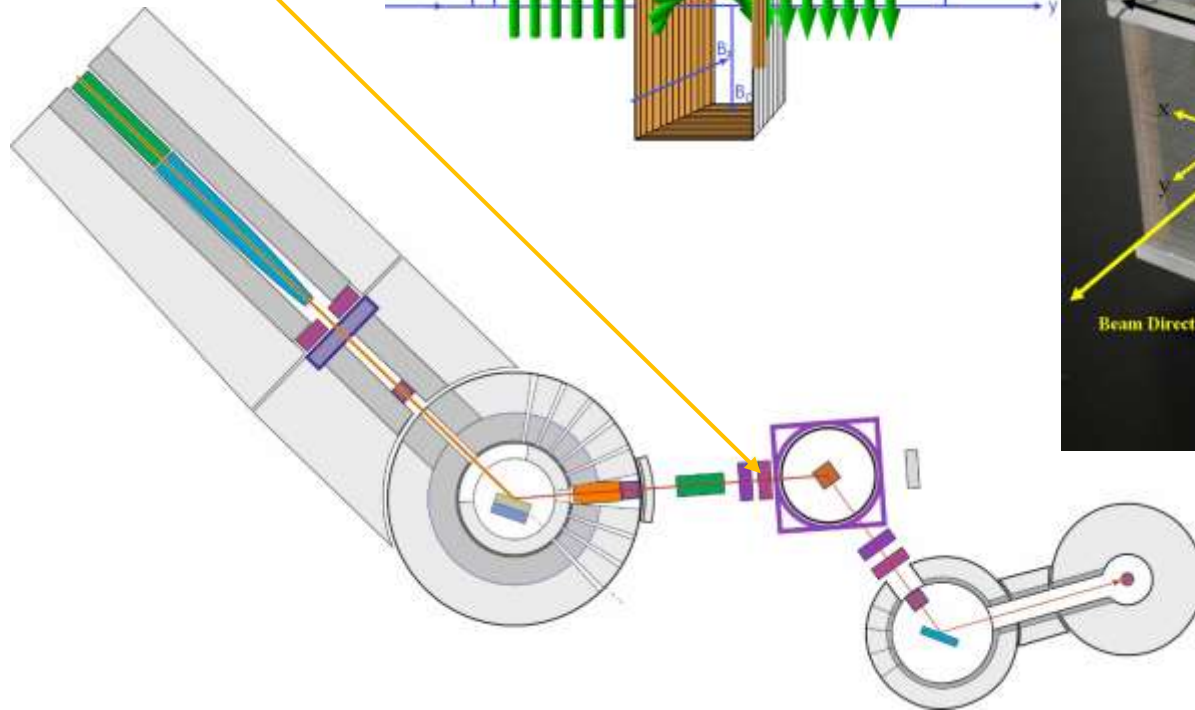




Флиппер



Флиппер Мезея





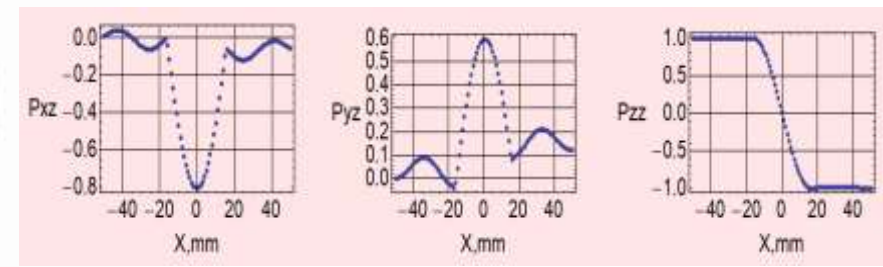
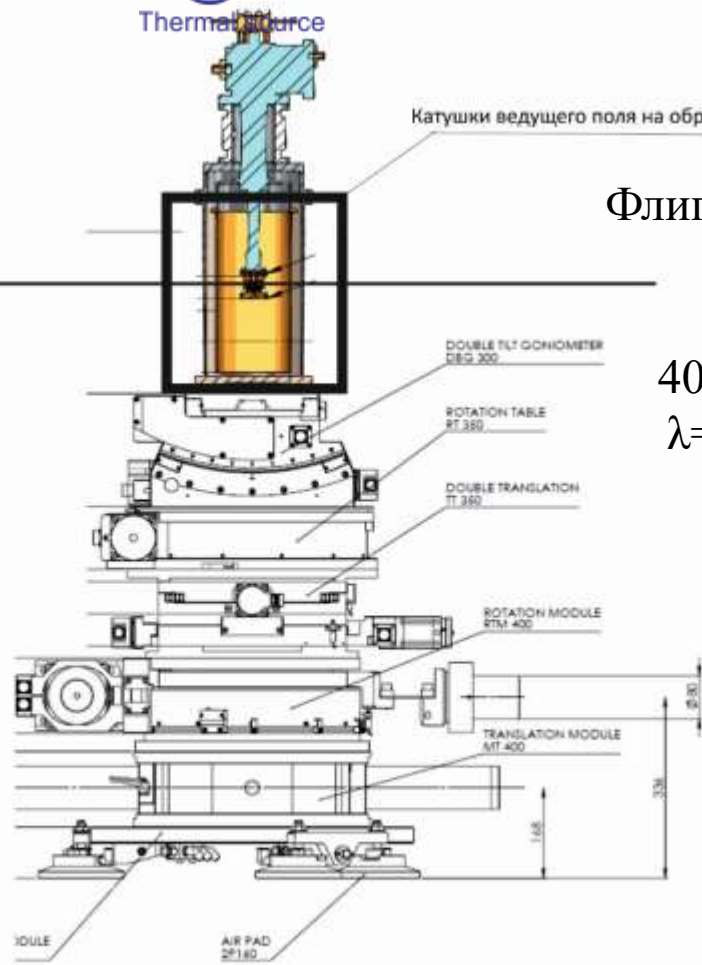
Thermal source

Катушки ведущего поля на образце



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 $d=2\text{мм}$.

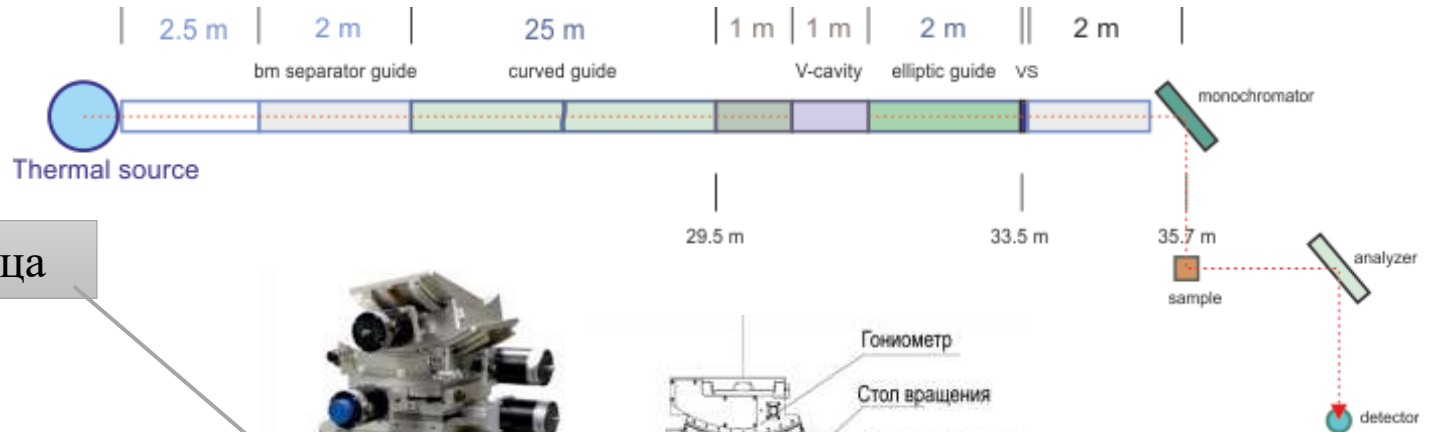
Флиппер создает однородное поле 50*50 мм



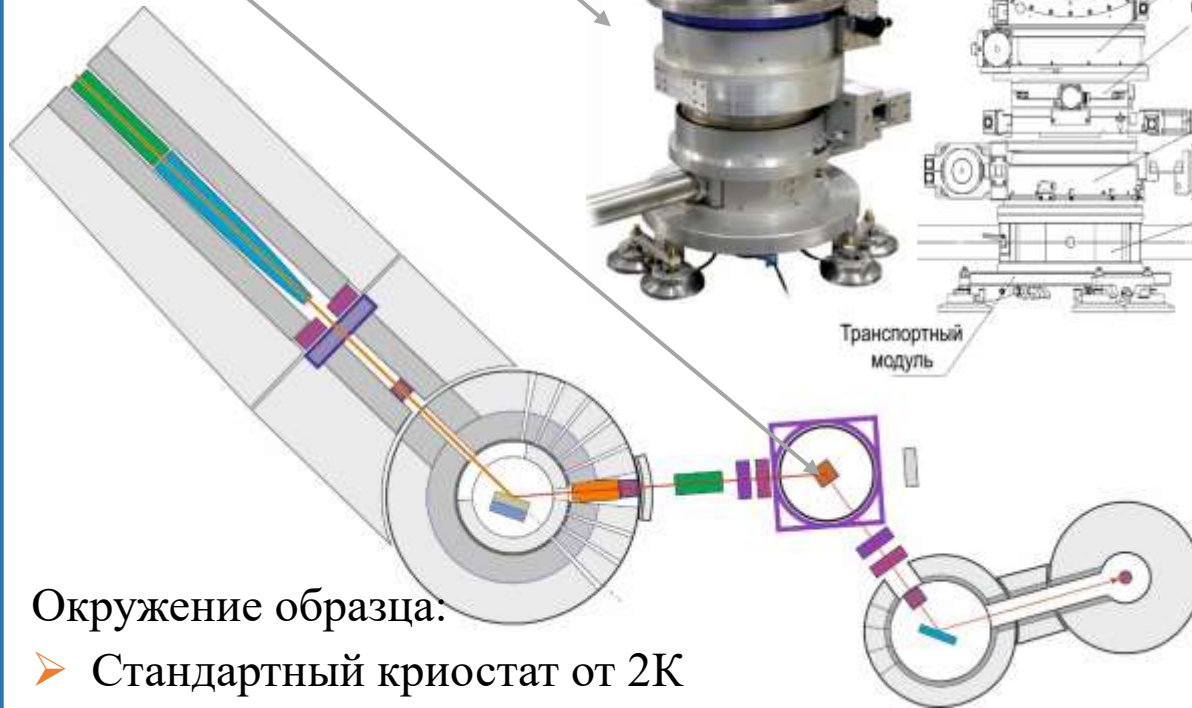
Аксельрод Леонид Абрамович написал программу для расчета

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





Узел образца



Окружение образца:

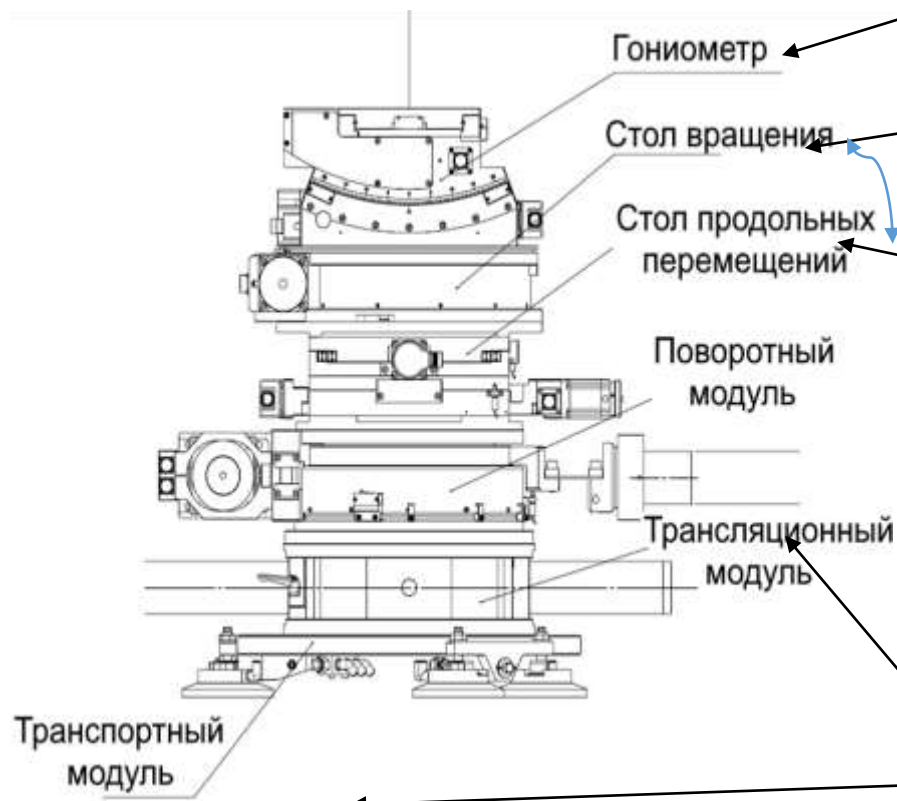
- Стандартный криостат от 2К
- Печь до 800К
- Криомагнит

Проблема! На данный момент нет возможности приобрести



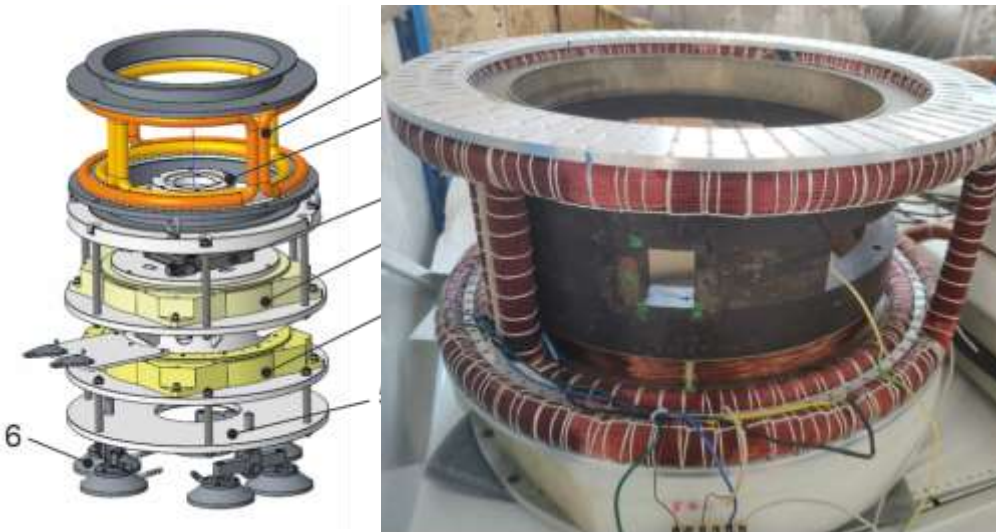
Узел образца

Схема компоновки платформы
позиционирования узла образца



Узел образца

Мы рассматриваем два варианта организации ведущего поля на образце:



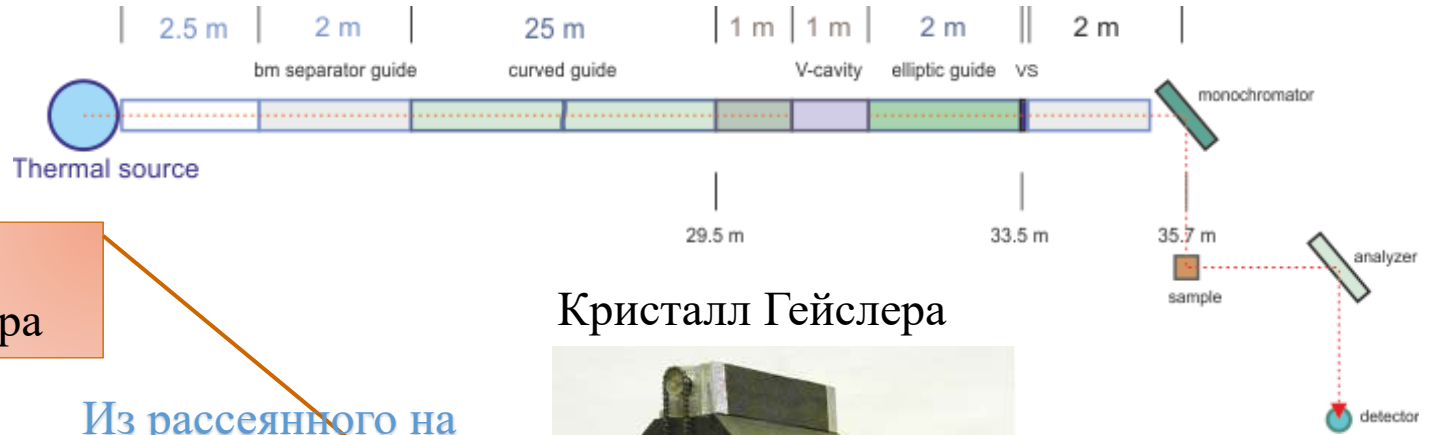
ПИЯФ

На данный момент рассматривается
только этот вариант

KOMPASS

Проблема! На данный момент
нет возможности приобрести

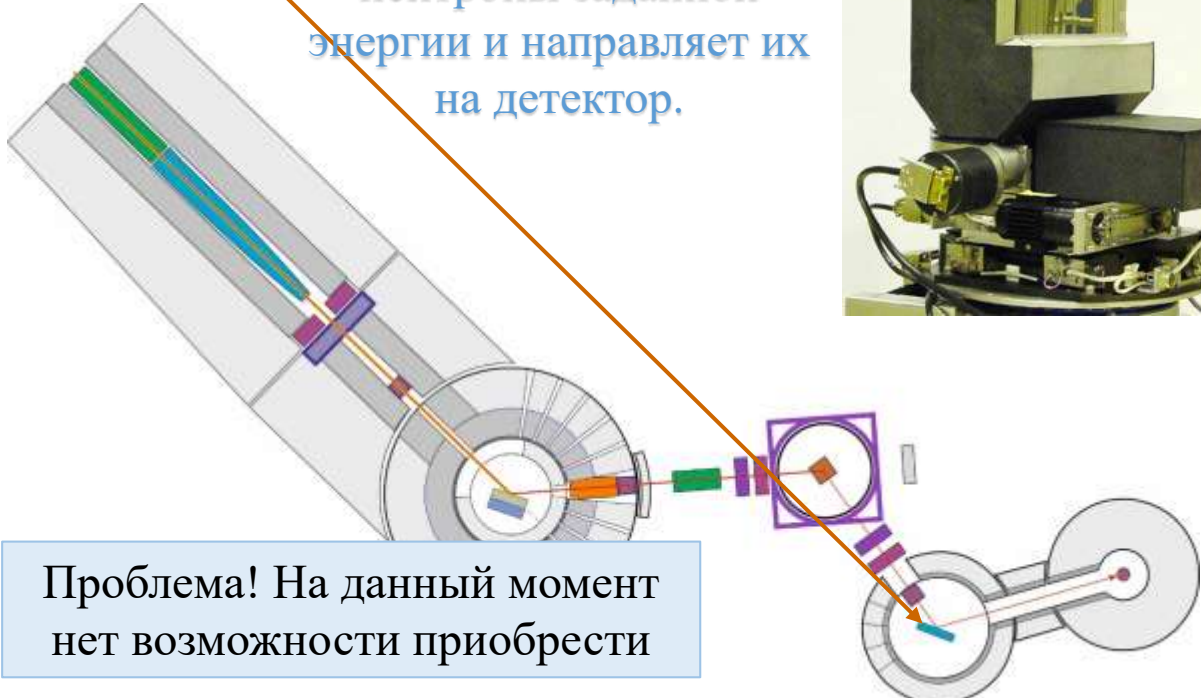
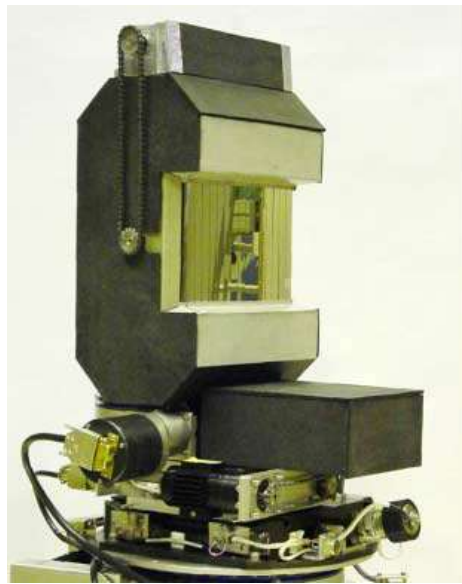
1



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

Cu_2MnAl (111) производит одновременно анализ энергии и поляризации нейтронного пучка, рассеянного образцом

2

Узел
анализатора

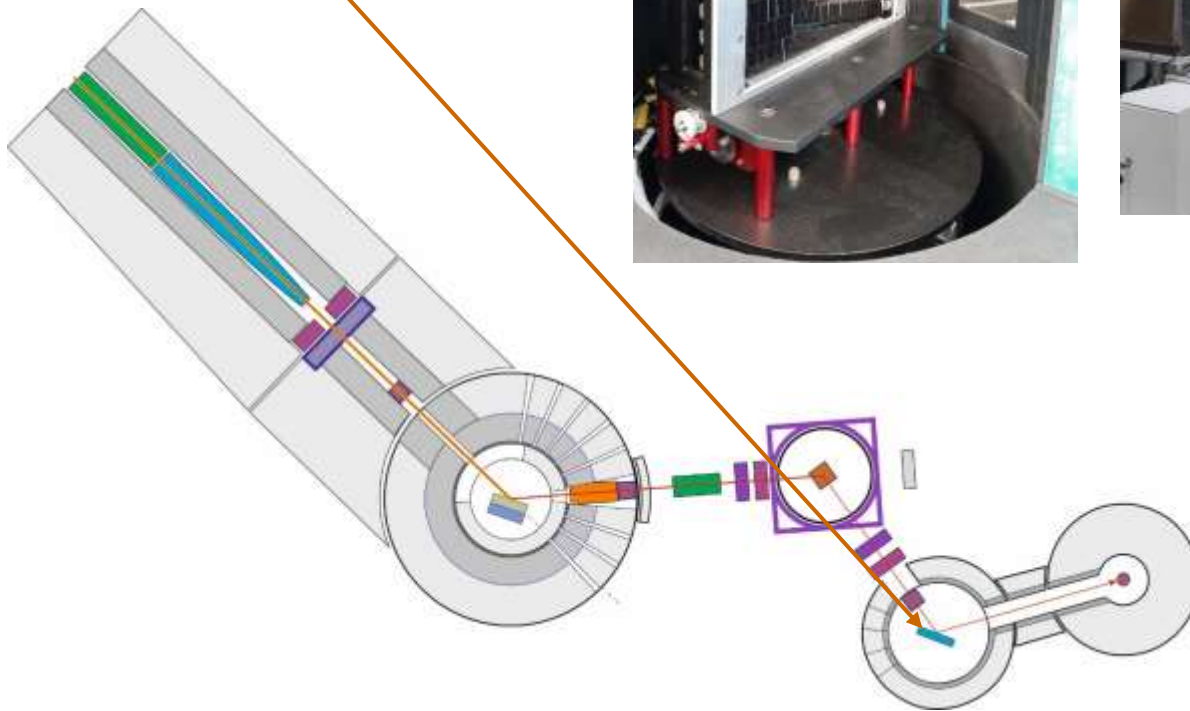
Из рассеянного на образце потока нейтронов выделяет нейтроны заданной энергии и направляет их на детектор.

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

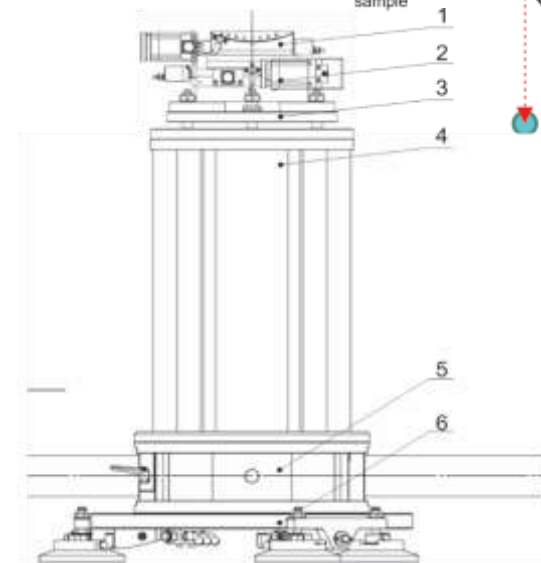




Узел детектора

Положения:

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



Оставляем 1 стол линейных перемещений поперек пучка

пучка



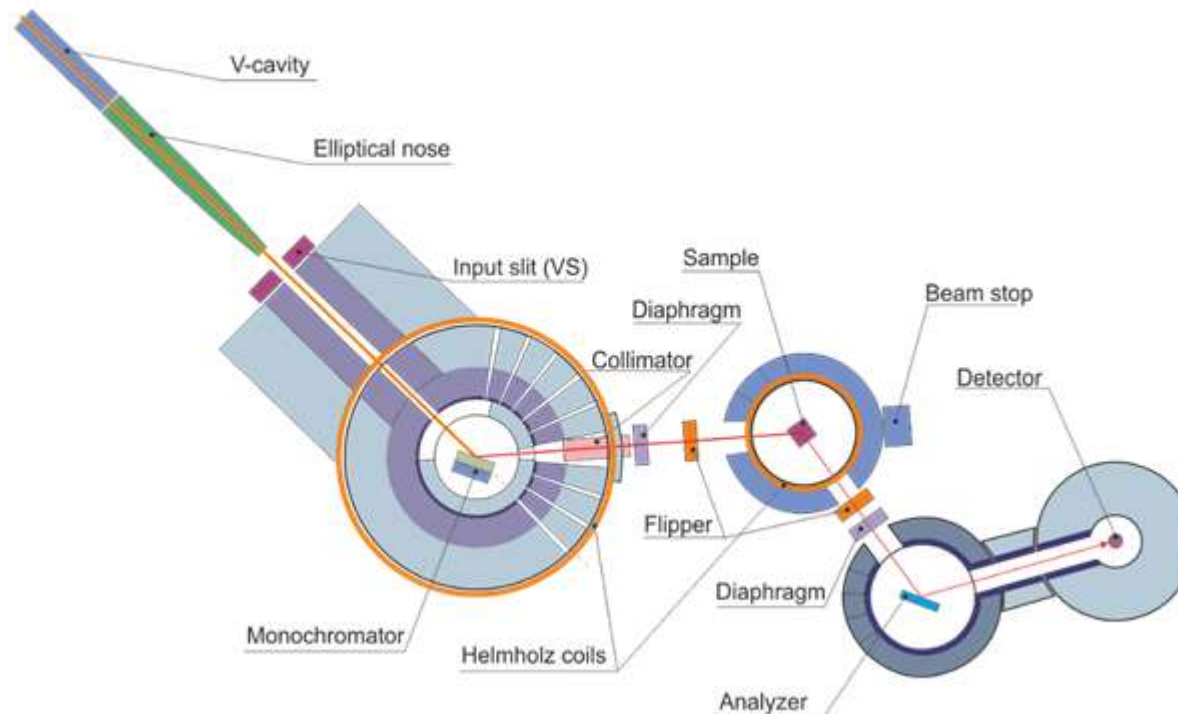
Детектор – высокоэффективный

^3He 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

Cu_2MnAl (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 ^3He 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 mm²

~ $1.1 \cdot 10^8$ n/cm²s at 1 Å (6.3 Å⁻¹)
 ~ $4.1 \cdot 10^8$ n/cm²s at 1.5 Å (4.2 Å⁻¹)
 ~ $3.1 \cdot 10^8$ n/cm²s at 2.5 Å (2.5 Å⁻¹)

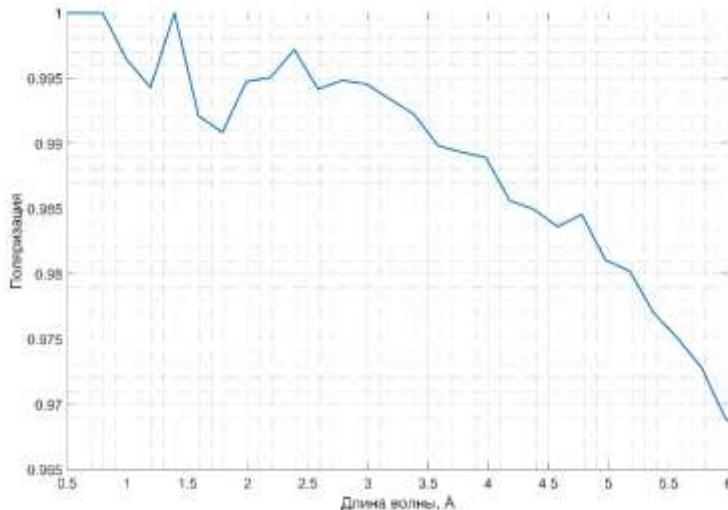
Блоки поляризационного анализа

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:

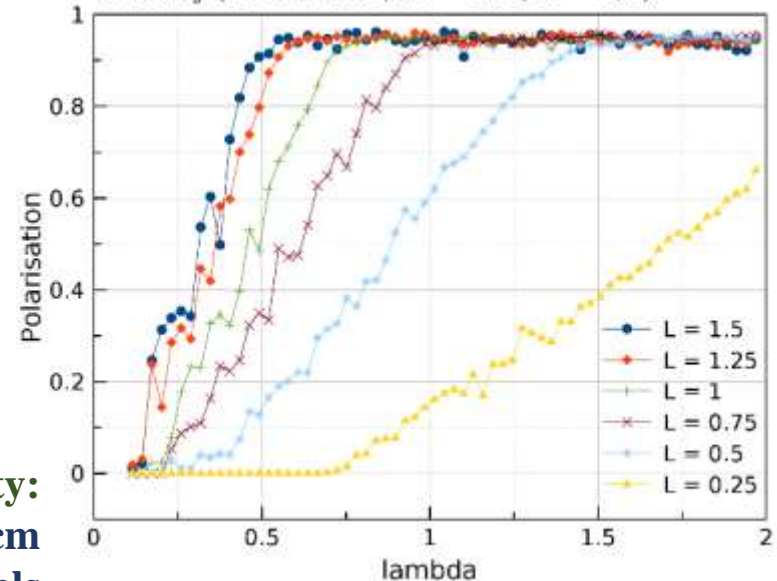
Length 100 cm

12 channels

Side walls m = 3

V-wafers m = 5

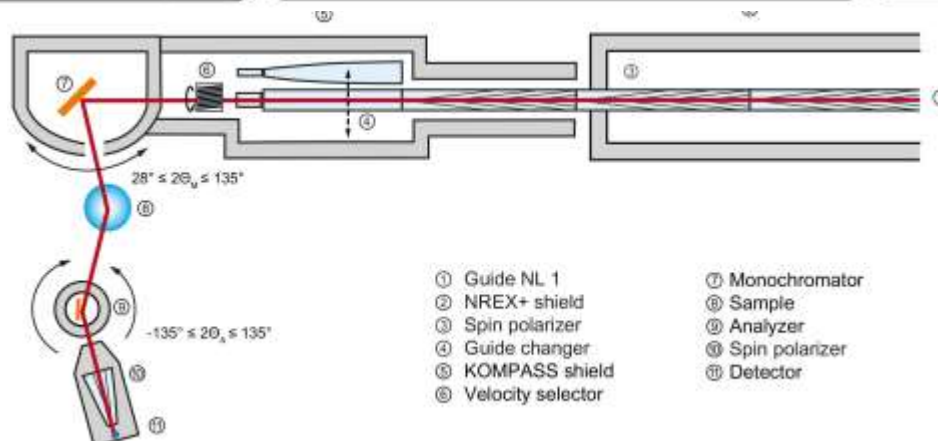
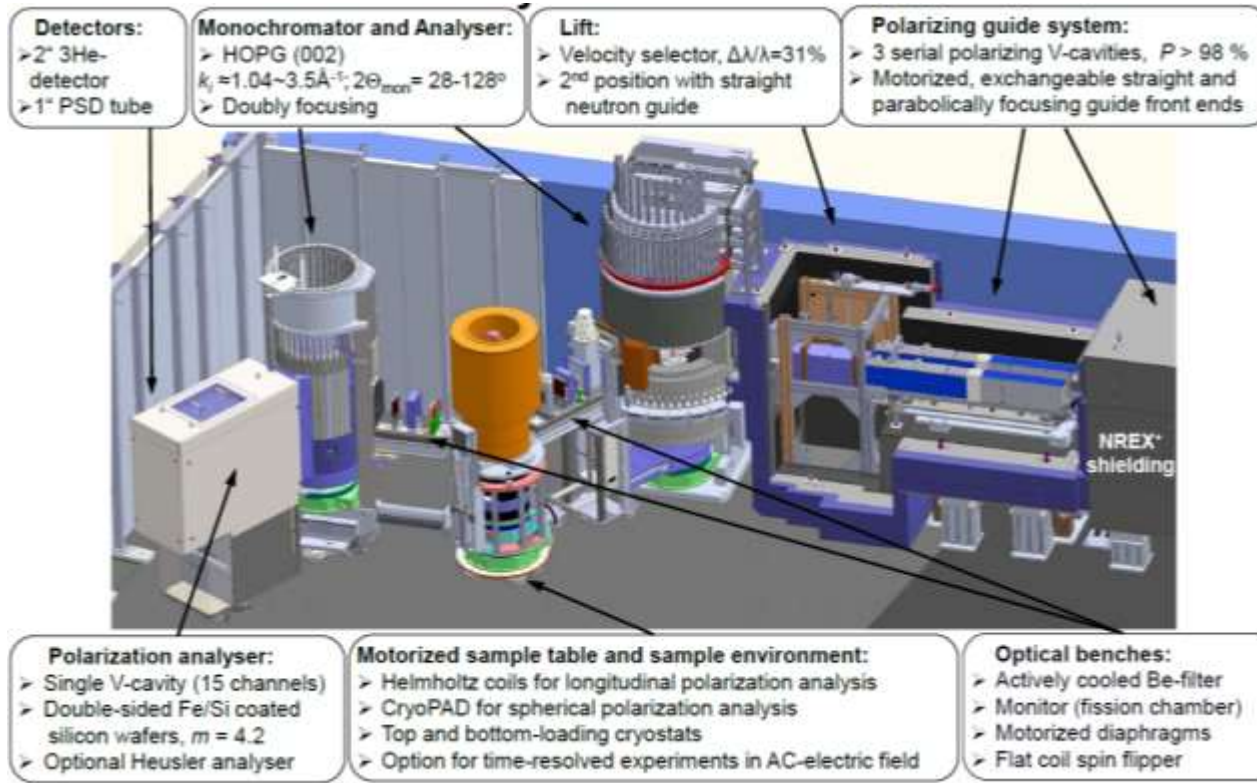
V-cavity (12 channels, W = 0.06, m = 5/3)



Проблема! На данный момент нет возможности приобрести

Спасибо за внимание!

KOMPASS (MLZ)



Estimated cost of IN3 stages

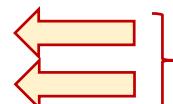
Comments

#	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_2MnAl	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
	Total	2 060

#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_4C , 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 ₂ 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			