

# Школа по физике поляризованных нейтронов

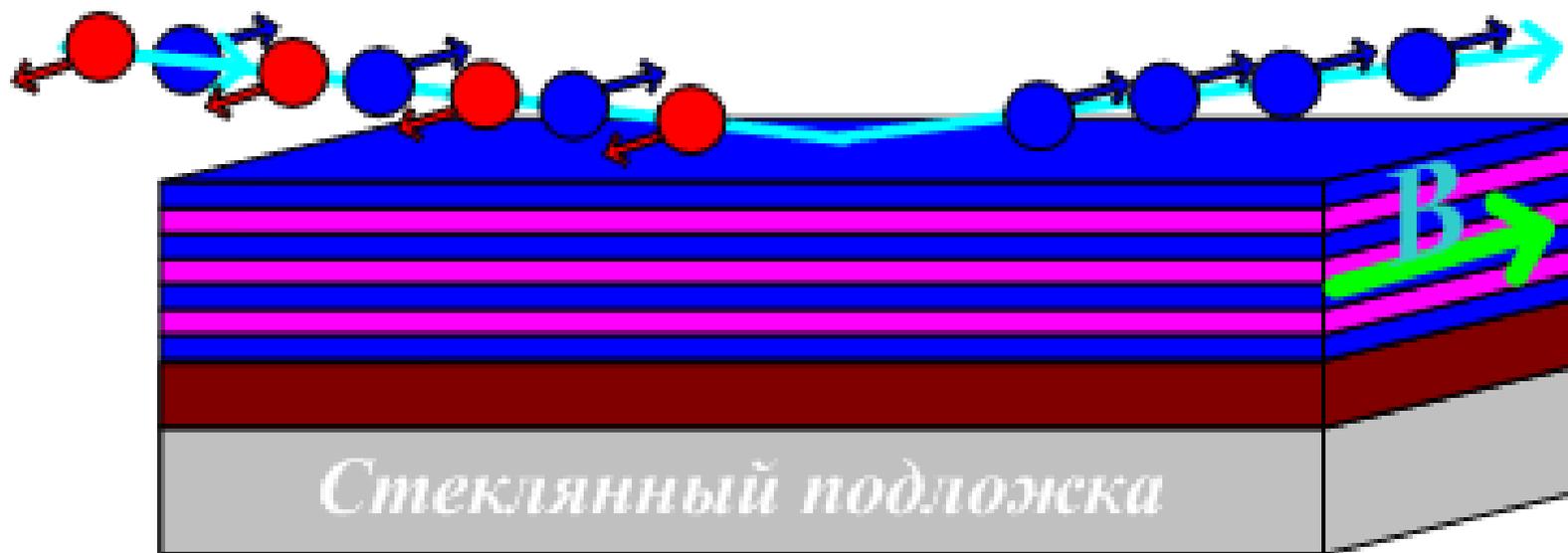
## Многослойный нейтронный монохроматор-поляризатор на основе железа

Чжоу Лин, В.Г. Сыромятников

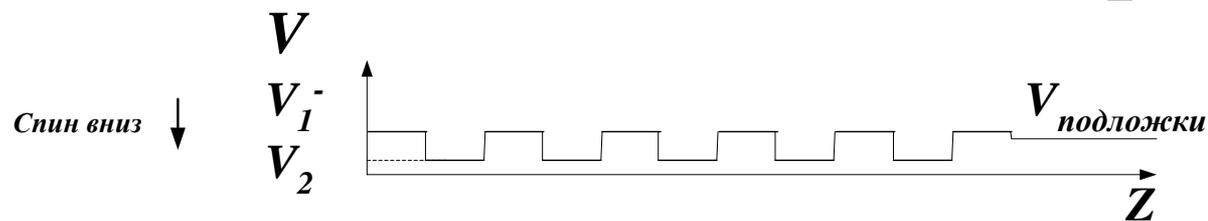
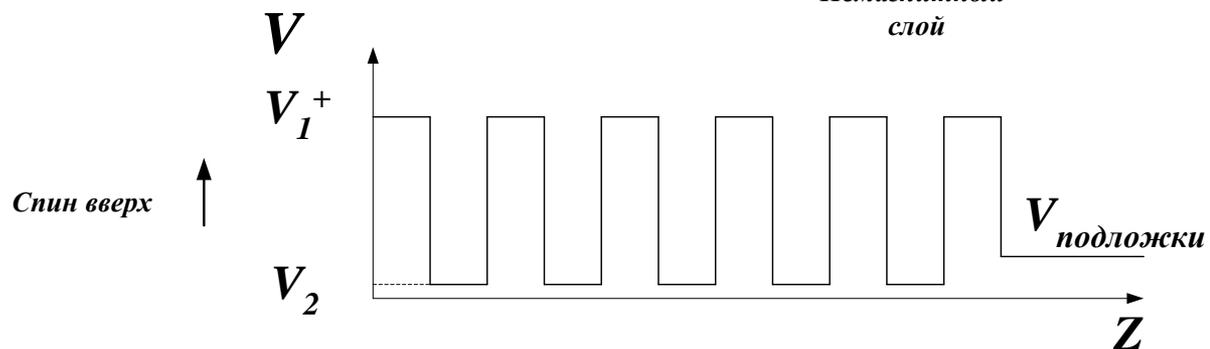
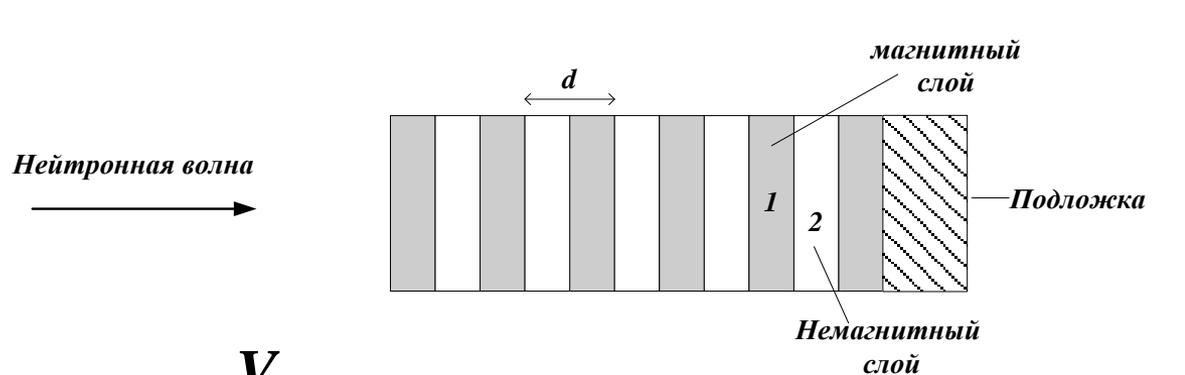
**СПбГУ, ПИЯФ**

*17-18.12.2015, Гатчина*

# Зеркальный нейтронный монохроматор-поляризатор



# Схема распределения нейтроно-оптического потенциала многослойной периодической магнитной структуры



$$R_{Bm}^{\pm} = \frac{4N^2 d^4 |F|^2}{m^2}$$

$$|F|^2 = \left[ (f_1^{\pm} - f_2) \cdot \frac{\sin(ms\pi)}{m\pi} \right]^2$$

$$f_1^{\pm} = (b_{c1} \pm p_{m1}) \cdot \rho_1$$

$$f_2 = b_{c2} \cdot \rho_2$$

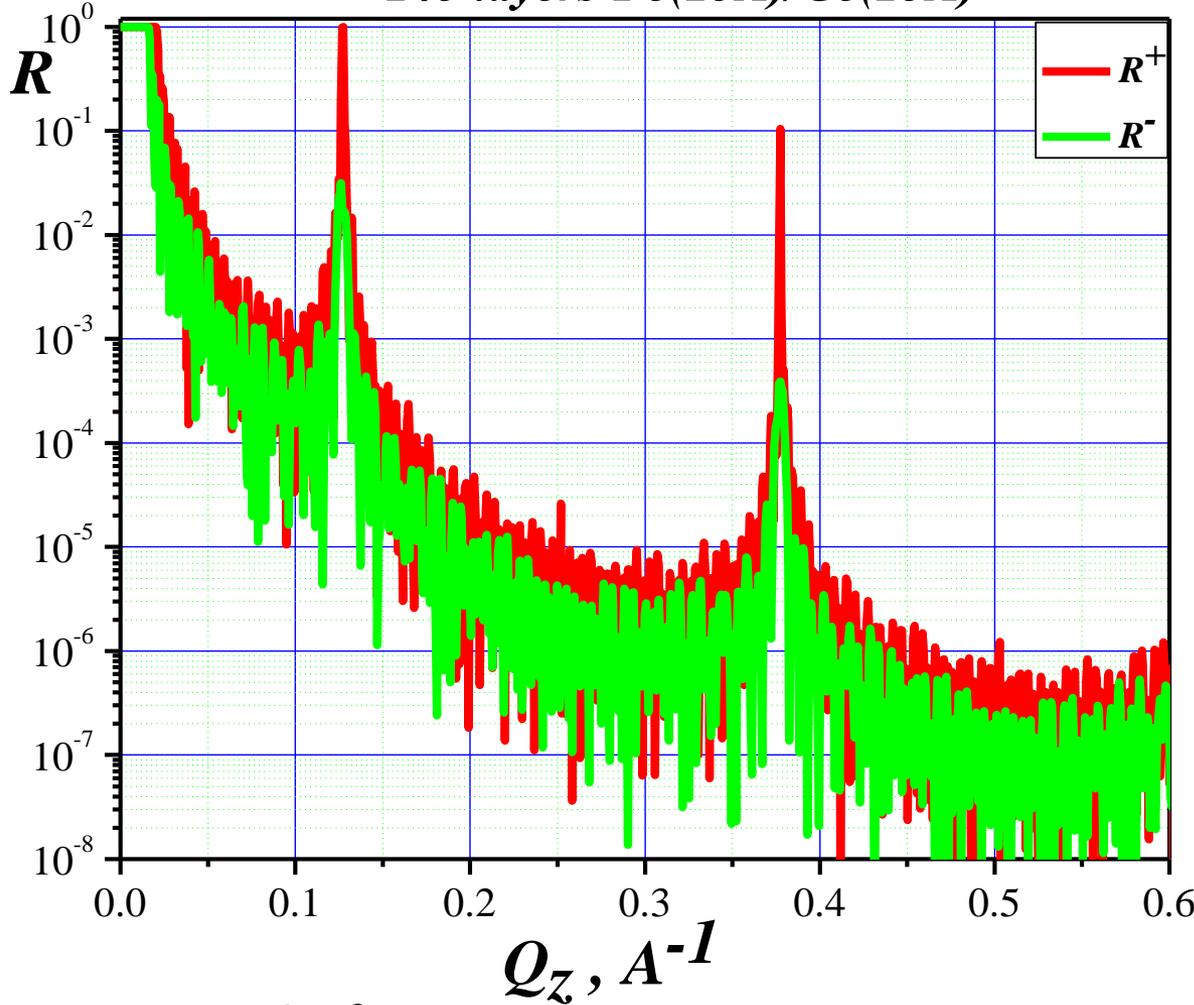
$$s = \frac{d_1}{(d_1 + d_2)}$$

$$d = d_1 + d_2$$

$$V_1^{\pm} = \frac{2\pi}{m_n} \hbar^2 (b_{c1} \pm p_{m1}) \cdot \rho_1 \quad V_2 = \frac{2\pi}{m_n} \hbar^2 \cdot b_{c2} \cdot \rho_2$$

# Расчетная кривая коэффициента отражения от многослойной периодической магнитной Fe/Ge наноструктуры

245 layers Fe(25Å)/Ge(25Å)



$$R_{Bm}^{\pm} = \frac{4N^2 d^4 |F|^2}{m^2}$$

$$|F|^2 = \left[ (f_1^{\pm} - f_2) \cdot \frac{\sin(ms\pi)}{m\pi} \right]^2$$

$$\lambda_{zp}^{\pm} = \sqrt{\frac{\pi(d_{Fe} + d_{Ge})}{(b_{cFe} \pm p_{mFe})d_{Fe}\rho_{Fe} + b_{cGe}d_{Ge}\rho_{Ge}}}$$

$$Q_{zp}^{\pm} = \frac{4\pi\theta}{\lambda_{zp}^{\pm}}$$

$$\lambda_B^+ = 2d_{Fe}\theta \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_B^+}{\theta \cdot \lambda_{zpFe}^+} \right)^2} + 2d_{Nb}\theta \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_B^+}{\theta \cdot \lambda_{zpGe}} \right)^2}$$

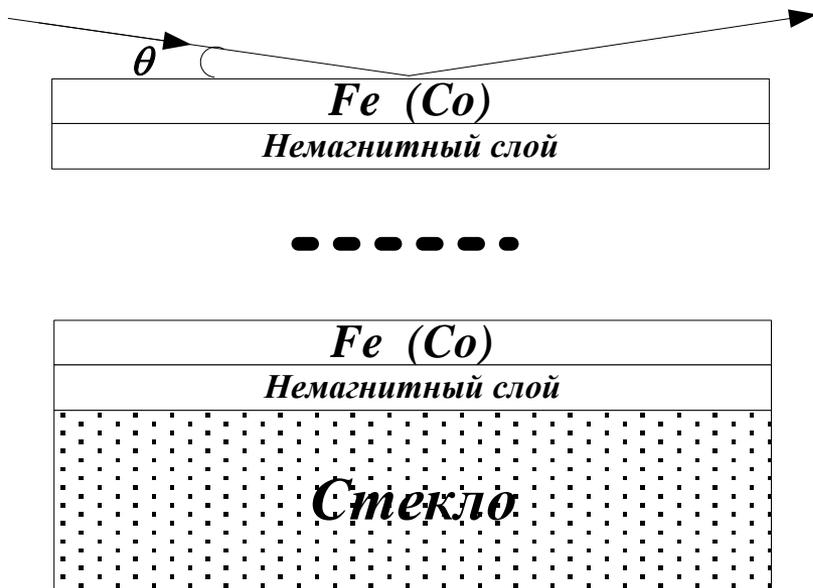
$$\lambda_B^- = 2d_{Fe}\theta \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_B^-}{\theta \cdot \lambda_{zpFe}^-} \right)^2} + 2d_{Nb}\theta \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_B^-}{\theta \cdot \lambda_{zpGe}} \right)^2}$$

$$\lambda_{zpFe}^{\pm} = \sqrt{\frac{\pi}{(b_{cFe} \pm p_{mFe}) \cdot \rho_{Fe}}} \quad \lambda_{zpGe} = \sqrt{\frac{\pi}{b_{cGe} \cdot \rho_{mGe}}}$$

$$Q_{B1}^{\pm} = \frac{4\pi\theta}{\lambda_{B1}^{\pm}}$$

$$P_{B1} = (R_{B1}^+ - R_{B1}^-) / (R_{B1}^+ + R_{B1}^-)$$

# Схема монохроматора-поляризатора на основе железа и параметры материалов

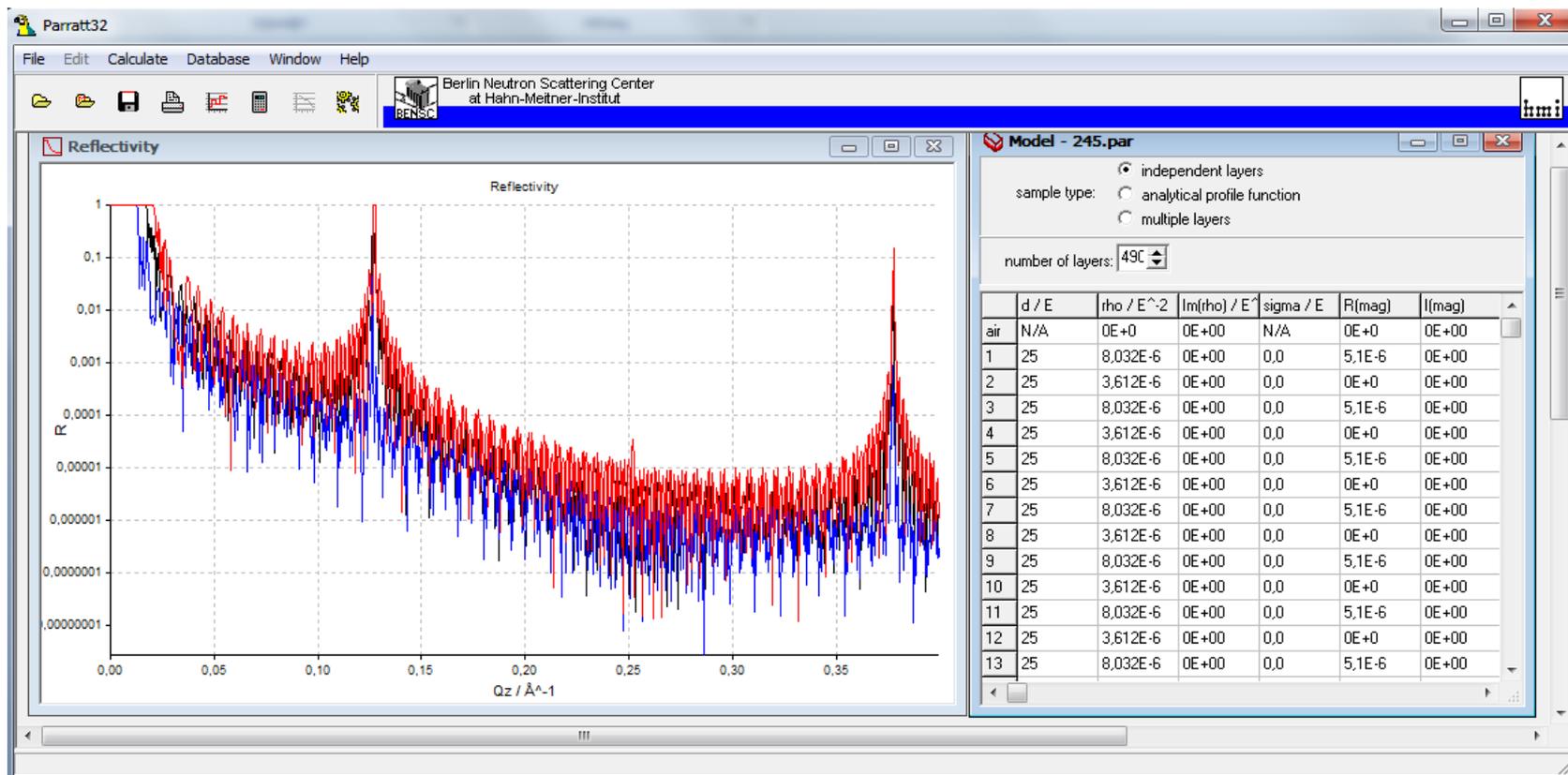


$$R_{Bm}^{\pm} = \frac{4N^2 d^4 |F|^2}{m^2}$$

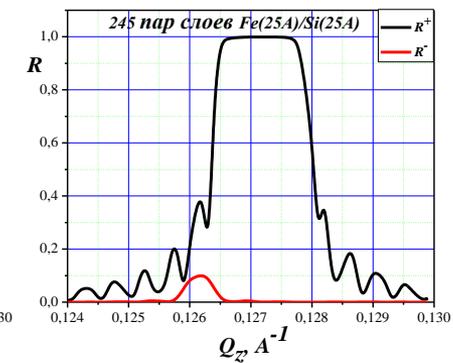
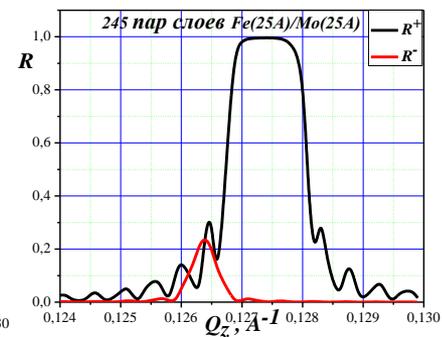
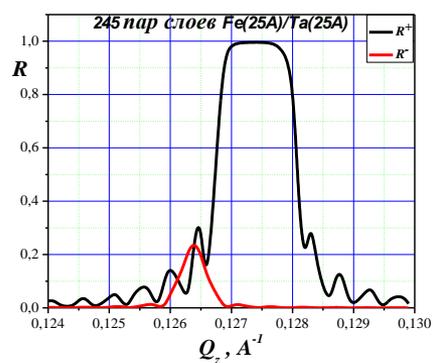
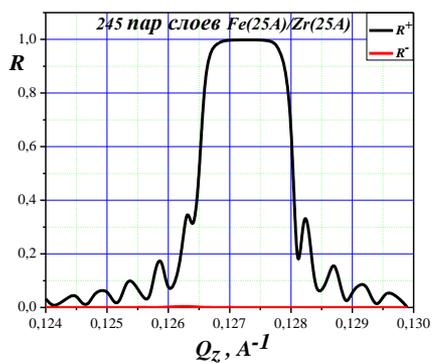
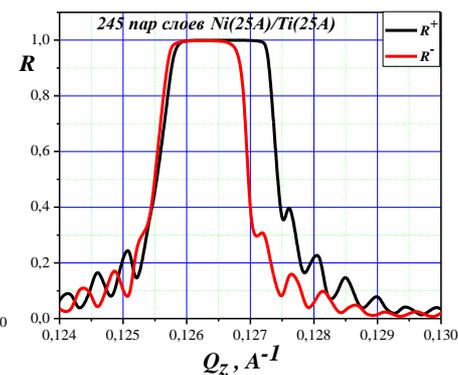
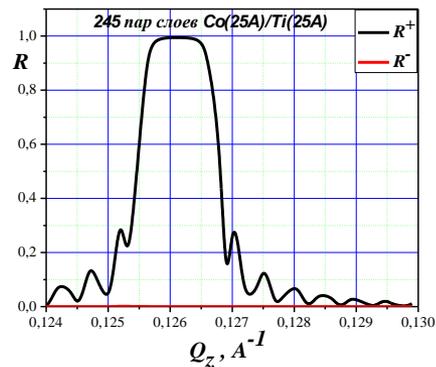
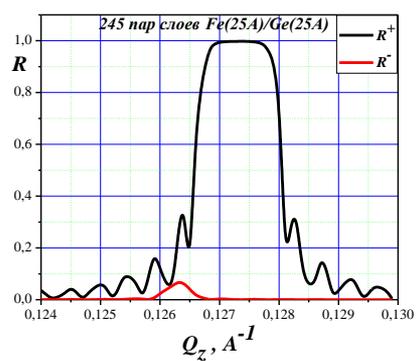
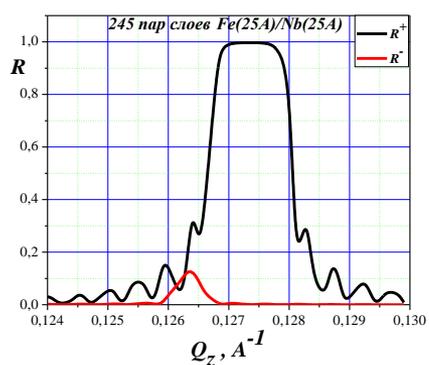
$$|F|^2 = \left[ (f_1^{\pm} - f_2) \cdot \frac{\sin(ms\pi)}{m\pi} \right]^2$$

Параметр/Элемент	Nb	Ge	Zr	Ta	Mo	Ti	Si	Fe	Co	Ni
$\rho b_c, 10^{-6} \text{ \AA}^{-2}$	3.918	3.612	3.075	3.83	4.308	-1.925	2.075	8.0325	2.2646	9.41
$\rho p_m, 10^{-6} \text{ \AA}^{-2}$	-	-	-	-	-	-	-	5.1	4.2746	1.46
$\sigma_{abs}, \text{ барн}$	1.15	2.2	0.185	20.6	2.48	6.09	0.171	2.56	37.18	4.49

# Программа Паррат



# Расчетные кривые коэффициента отражения нейтронов

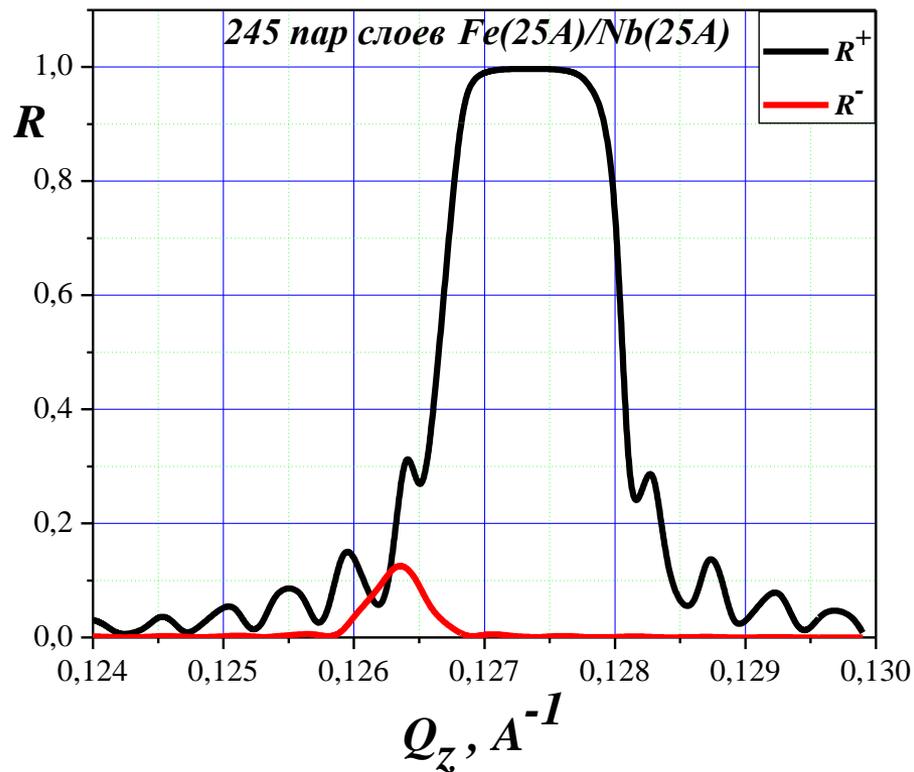
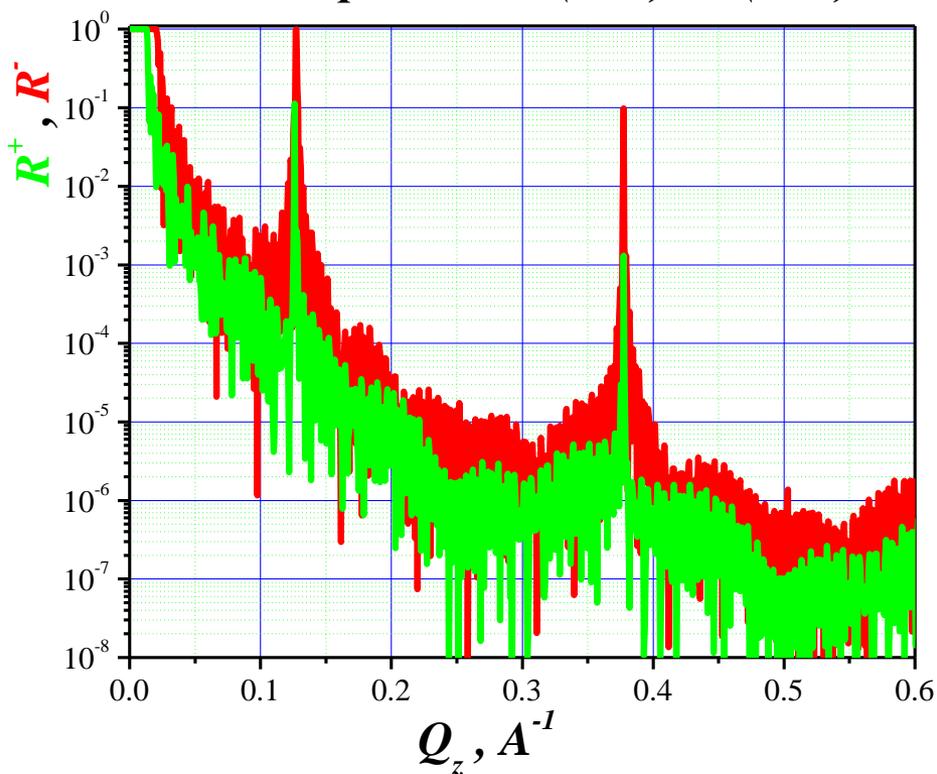


Параметры брэгговского максимума 1-го порядка отраженного пучка от нескольких периодических магнитных наноструктур.

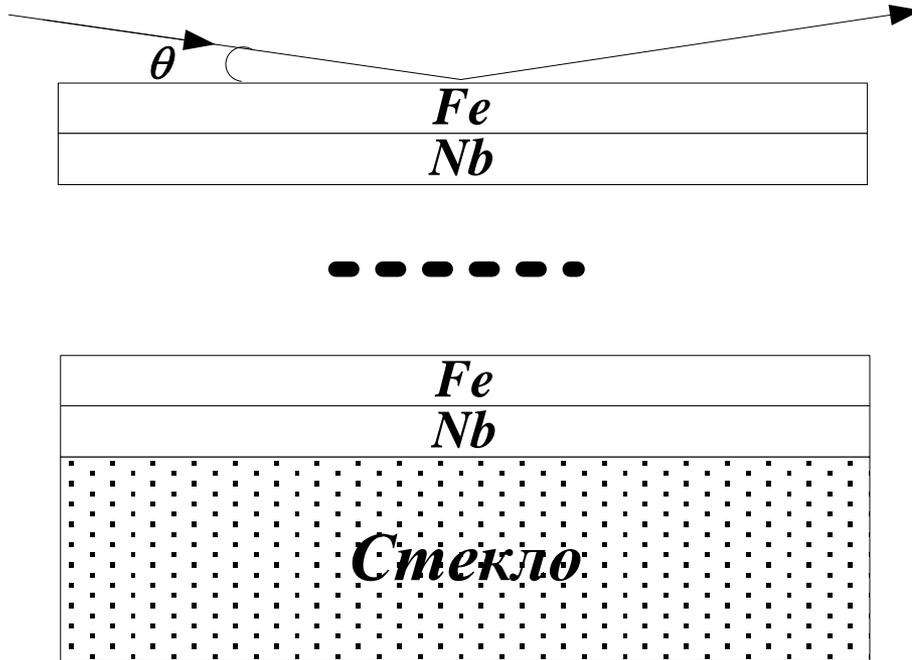
Параметры /наноструктуры	<i>Fe/Nb</i>	<i>Fe/Ge</i>	<i>Fe/Zr</i>	<i>Fe/Ta</i>	<i>Fe/Mo</i>	<i>Co/Ti</i>	<i>Ni/Ti</i>	<i>Fe/Si</i>
$Q_{B1}^+ (\text{Å}^{-1})$	0.1274	0.1274	0.1273	0.1274	0.1274	0.1262	0.1264	0.1272
$R_{B1}^+$	0.997	0.998	0.998	0.996	0.996	0.994	0.999	0.999
$R_{B1}^-$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.998	0.000
$Q_{B1}^- (\text{Å}^{-1})$	0.1263	0.1263	0.1263	0.1263	0.1264	0.1253	0.1262	0.1262
$R_{B1}^-$	0.126	0.069	0.004	0.113	0.244	0.001	0.998	0.104
$P_{B1}(Q_{B1}^+)$	1	1	1	1	1	1	0	1
$(\Delta\lambda/\lambda)_{B1}^+, \%$	1.1	1.17	1.25	1.25	1.1	1.0	1.66	1.25

# Расчетные кривые коэффициента отражения нейтронного пучка от многолойной периодической Fe/Ge наноструктуры

*245 пар слоев Fe(25Å)/Nb(25Å)*



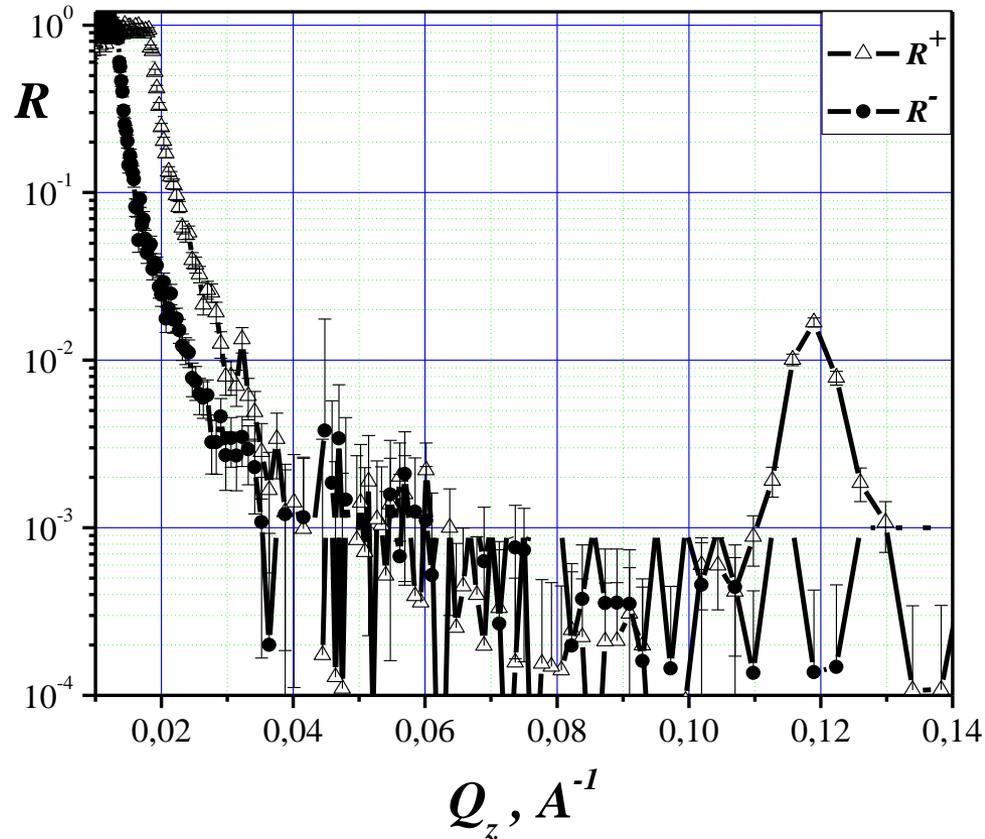
# Схема зеркального монохроматора! поляризатора Fe/Nb



$$R_{Bm}^{\pm} = \frac{4N^2 d^4 |F|^2}{m^2}$$

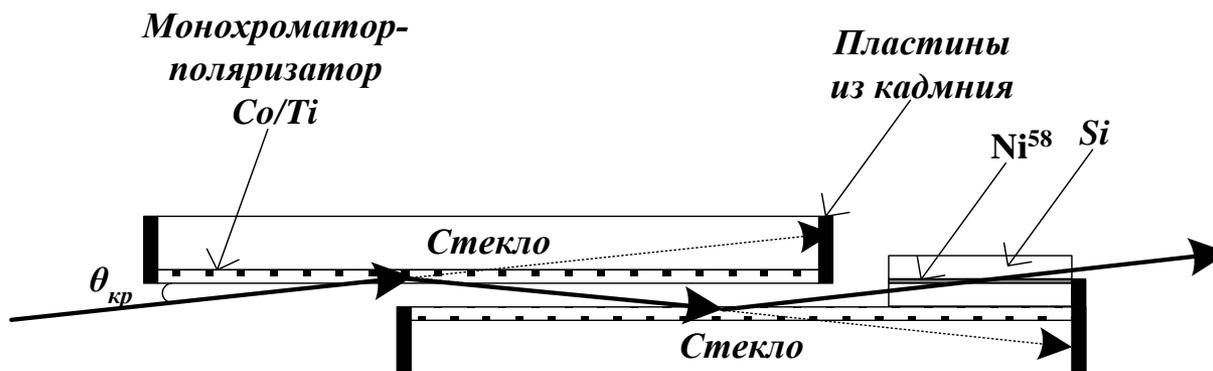
$$|F|^2 = \left[ (f_1^{\pm} - f_2) \cdot \frac{\sin(ms\pi)}{m\pi} \right]^2$$

# Экспериментальная кривая коэффициента отражения нейтронов от многослойной периодической Fe/Nb наноструктуры



**Рис. 4.** Экспериментальные кривые коэффициента отражения нейтронного пучка от многослойной периодической магнитной наноструктуры  $Fe/Nb$  в зависимости от переданного импульса для (+) и (-) спиновых компонент пучка.

# Схема монохроматора-поляризатора на рефлектометре НР-4М



$$\Delta\lambda / \lambda = 6.5\%$$

Спасибо за внимание

# Поляризация нейтронов

- Что такое зеркальный нейтронный монохроматора-поляризатора.
- Принципы работы зеркального монохроматора-поляризатора
- Зачем нужен новый монохроматор-поляризатор
- Программный пакет Парратт
- Расчеты кривые эфффициента отражения от восьми структур
- Экспериментальные результаты
- Выводы