

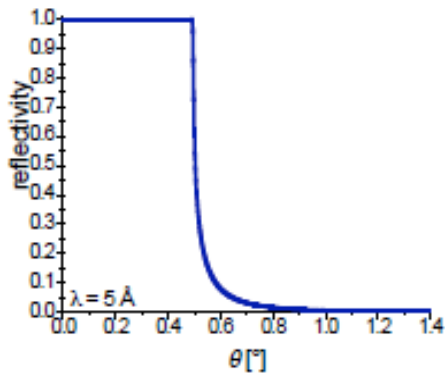
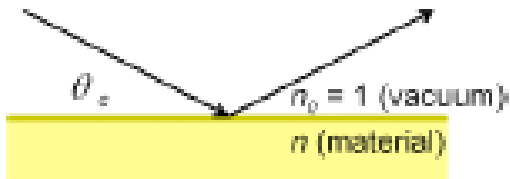


Санкт-Петербургский  
государственный  
университет  
Физический факультет  
Кафедра нейтронной и  
синхротронной физики

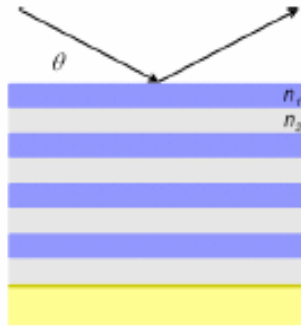
**Сыромятников Владислав Генрихович**

*Лекция 5. Нейтронные суперзеркала.*

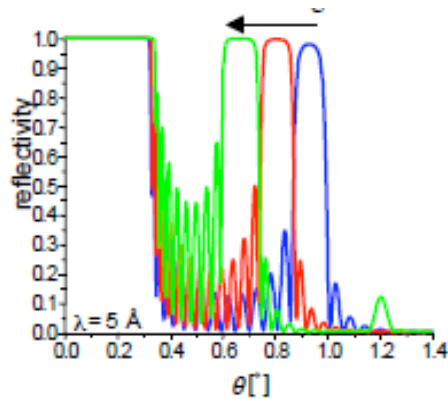
## Нейтронное зеркало



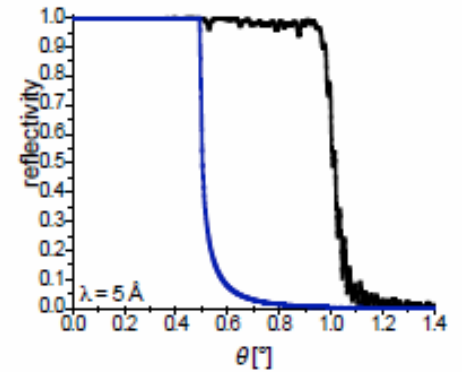
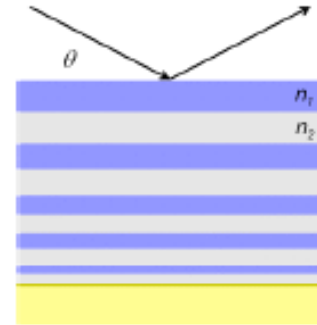
## Периодическая структура (нейтронный монохроматор)



$$\lambda = 2nd \sin\theta$$



## Нейтронное суперзеркало

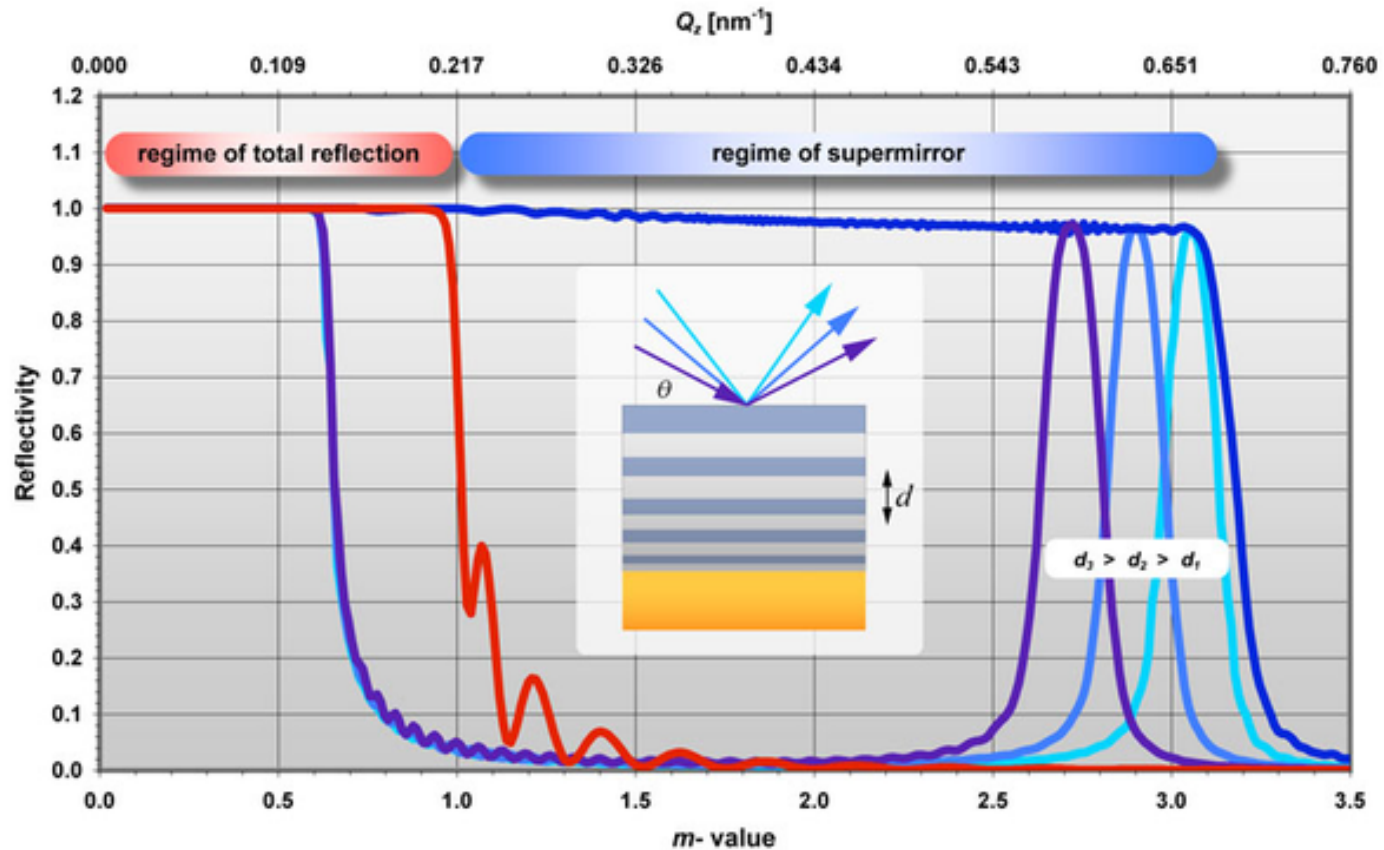
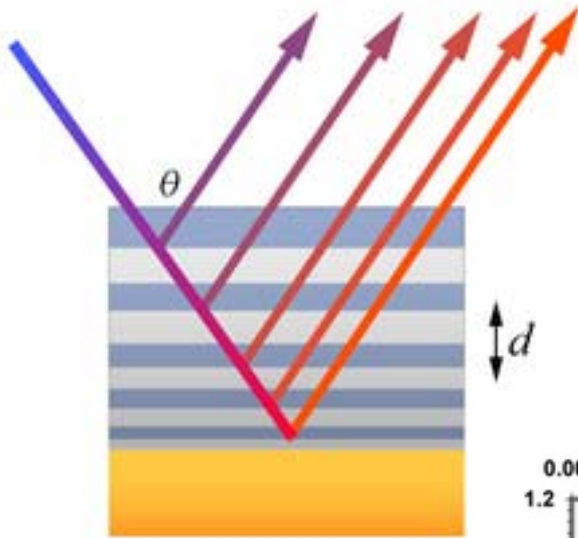


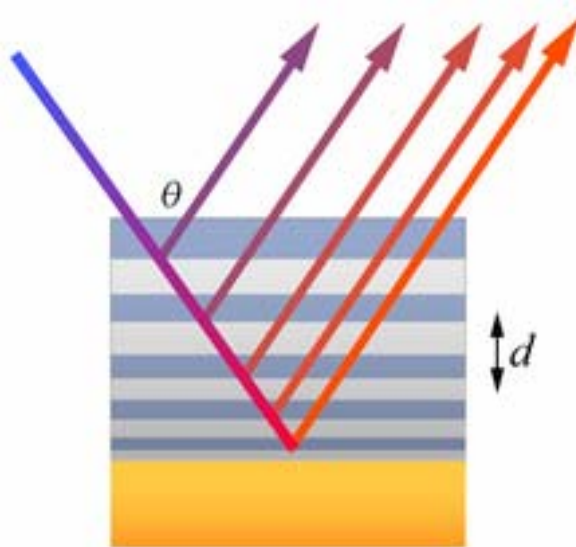
# Нейтронное суперзеркало

Мезей (1976)

$$m = \theta_{SM} / \theta_{Ni}$$

$$\theta_{Ni} \cong 1.73 \text{ mrad} / A$$





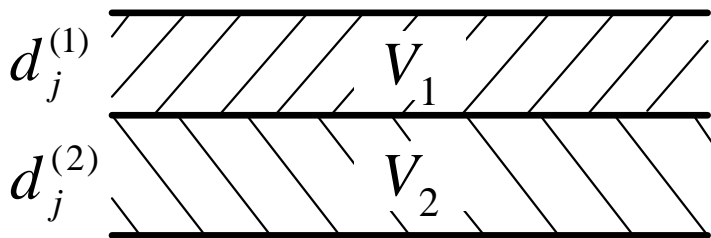
# Последовательности толщин слоев суперзеркала

*Кинематическое приближение теории отражения*

Mezei (ILL, France) (1976)

## Бислой суперзеркала

Гукасов, Рубан (ПИЯФ) (1977)



$$d_j = (d_j^{(1)} + d_j^{(2)}) \sim j^{-1/4}$$

$$d_{j,1} = \frac{d_j}{2\sqrt{1 - (2d_j / \lambda_{c1})^2}}, \quad d_{j,2} = \frac{d_j}{2\sqrt{1 - (2d_j / \lambda_{c2})^2}}$$

# Последовательности толщин слоев суперзеркала

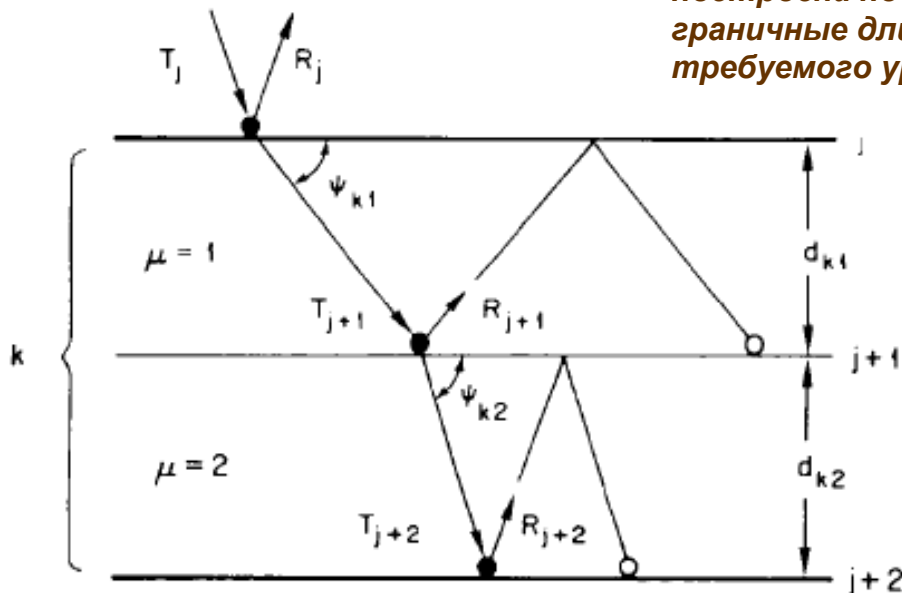
*Динамическая теория отражения*

Hayter and Mook (ORNL, USA) (1989)

(DTFM) Discrete Thin-Film Multilayer structure

*Рекуррентная формула для расчета толщин слоев суперзеркала*

*Вся последовательность толщин слоев суперзеркала может быть построена по этому методу бислой за бислоем задав две граничные длины волны материалов структуры и величину требуемого уровня коэффициента отражения от бислоя структуры.*



$$R_j = r_j T_j + t_j R_{j+1} \exp(i\varphi_{j+1})$$

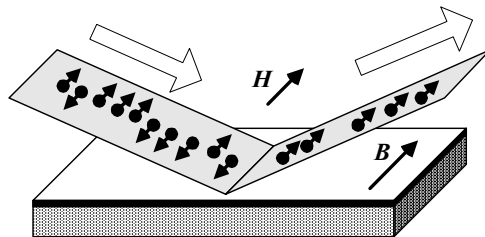
$$T_{j+1} = t_j T_j \exp(i\varphi_{j+1}) + \bar{r}_j R_{j+1} \exp(2i\varphi_{j+1})$$

$$R_{j+1} = \bar{r}_{j+1} T_{j+1} + t_{j+1} R_{j+2} \exp(i\varphi_{j+2})$$

$$T_{j+2} = t_{j+1} T_{j+1} \exp(i\varphi_{j+2}) + r_{j+1} R_{j+2} \exp(2i\varphi_{j+2})$$

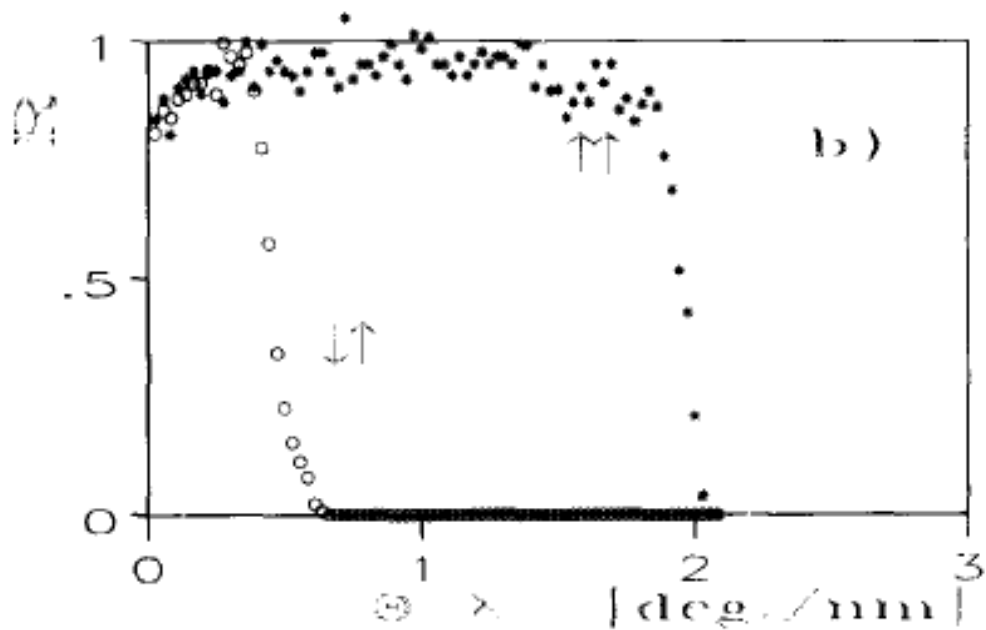
$$\varphi_j = k_0 d_j \psi_j$$

## Поляризующие суперзеркала



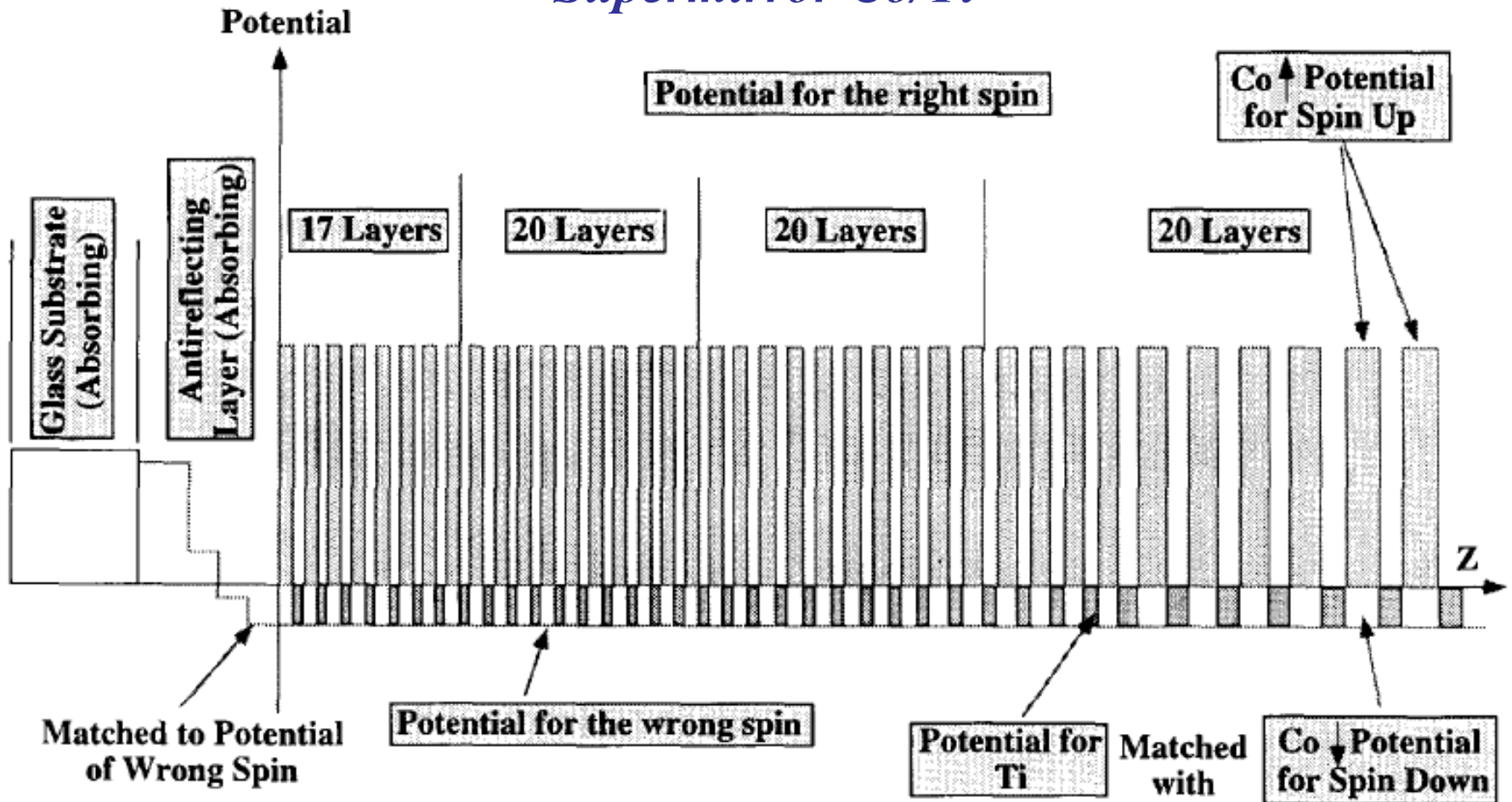
Mezei and Dagleish (ILL, France) (1977)

*37 bilayers Fe/Ag  $m=2.3$*



Schaerpf (ILL, France) (1982)

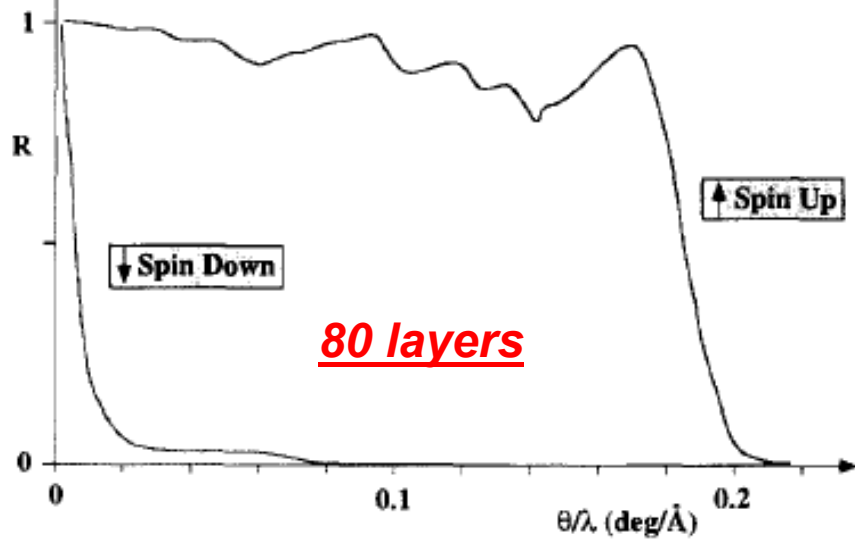
*Supermirror Co/Ti*



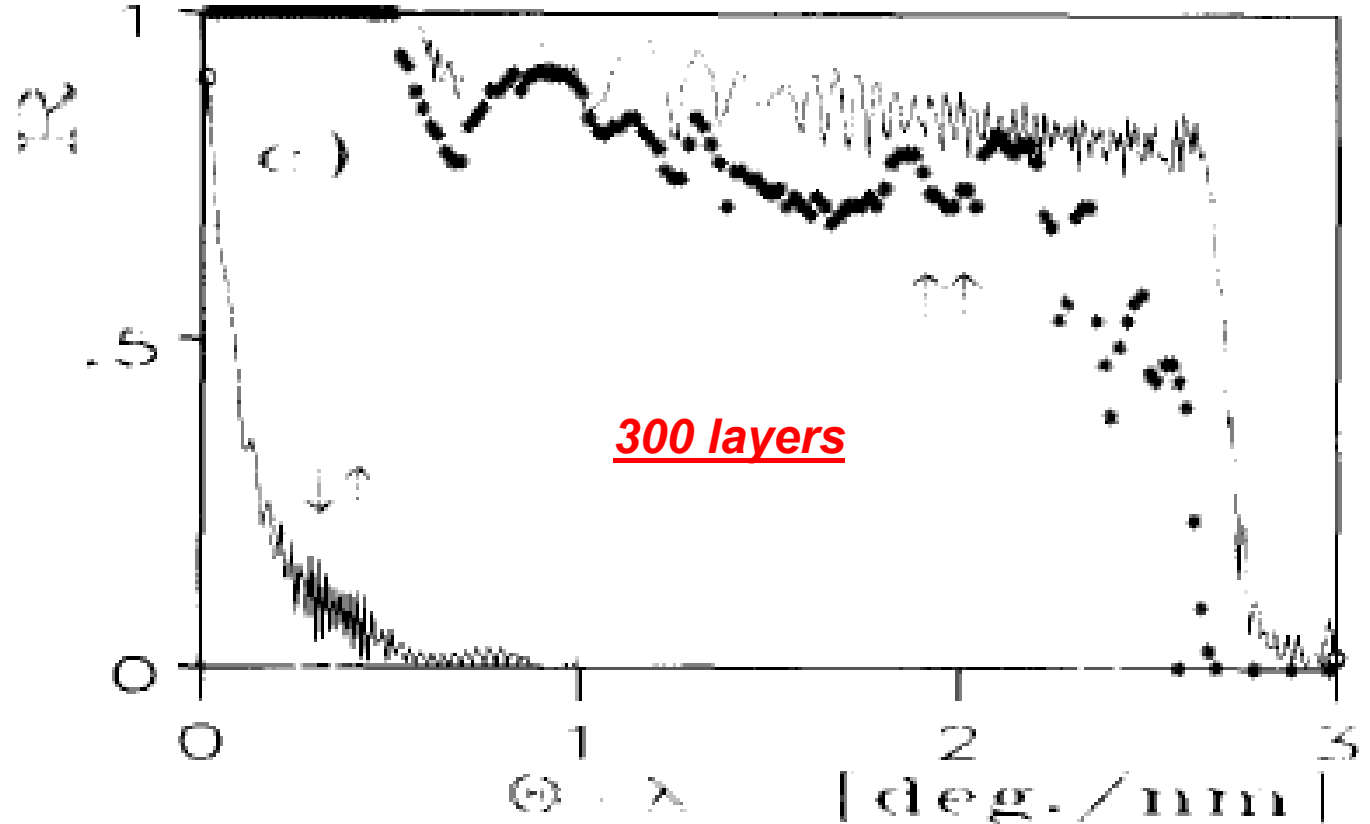
**Supermirror Layers as Potential Wells**

Schaerpf (ILL, France) (1982)

*Supermirror Co/Ti*

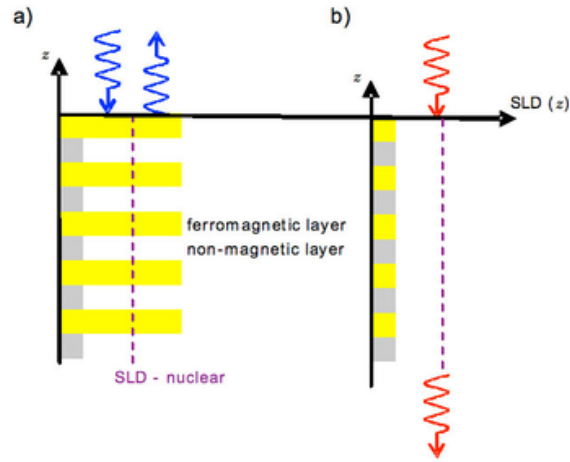


80 layers

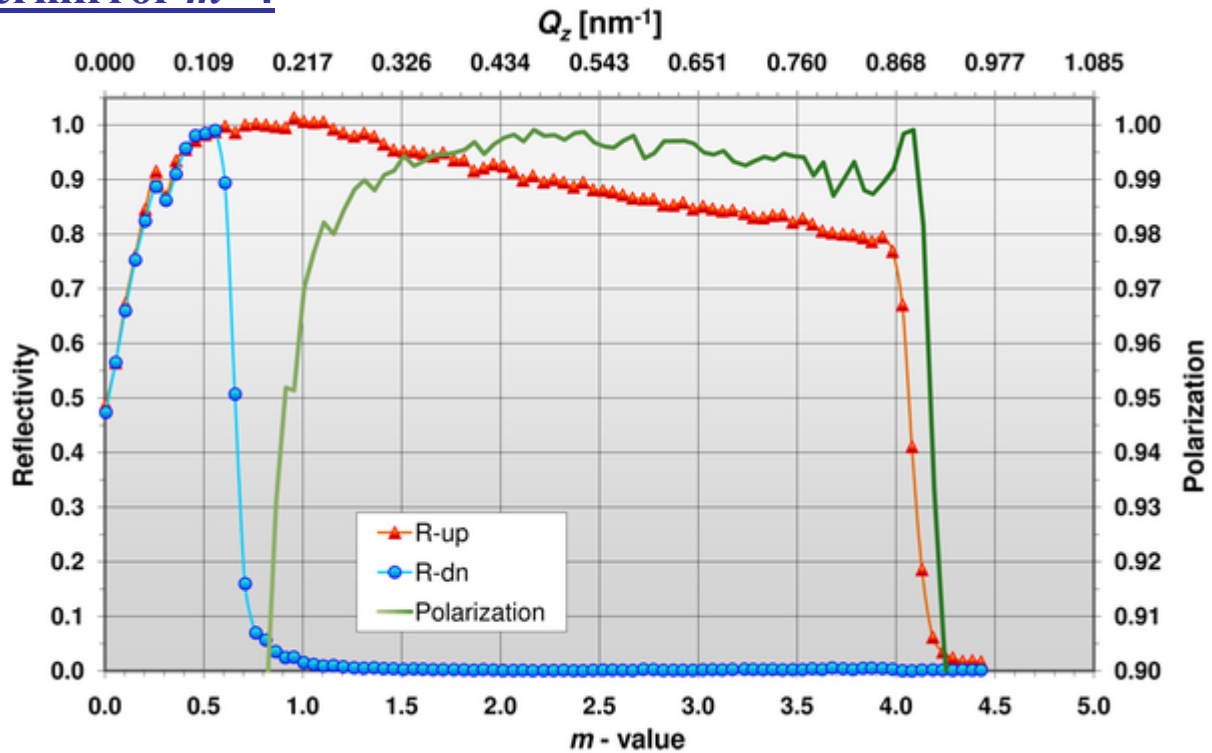


300 layers



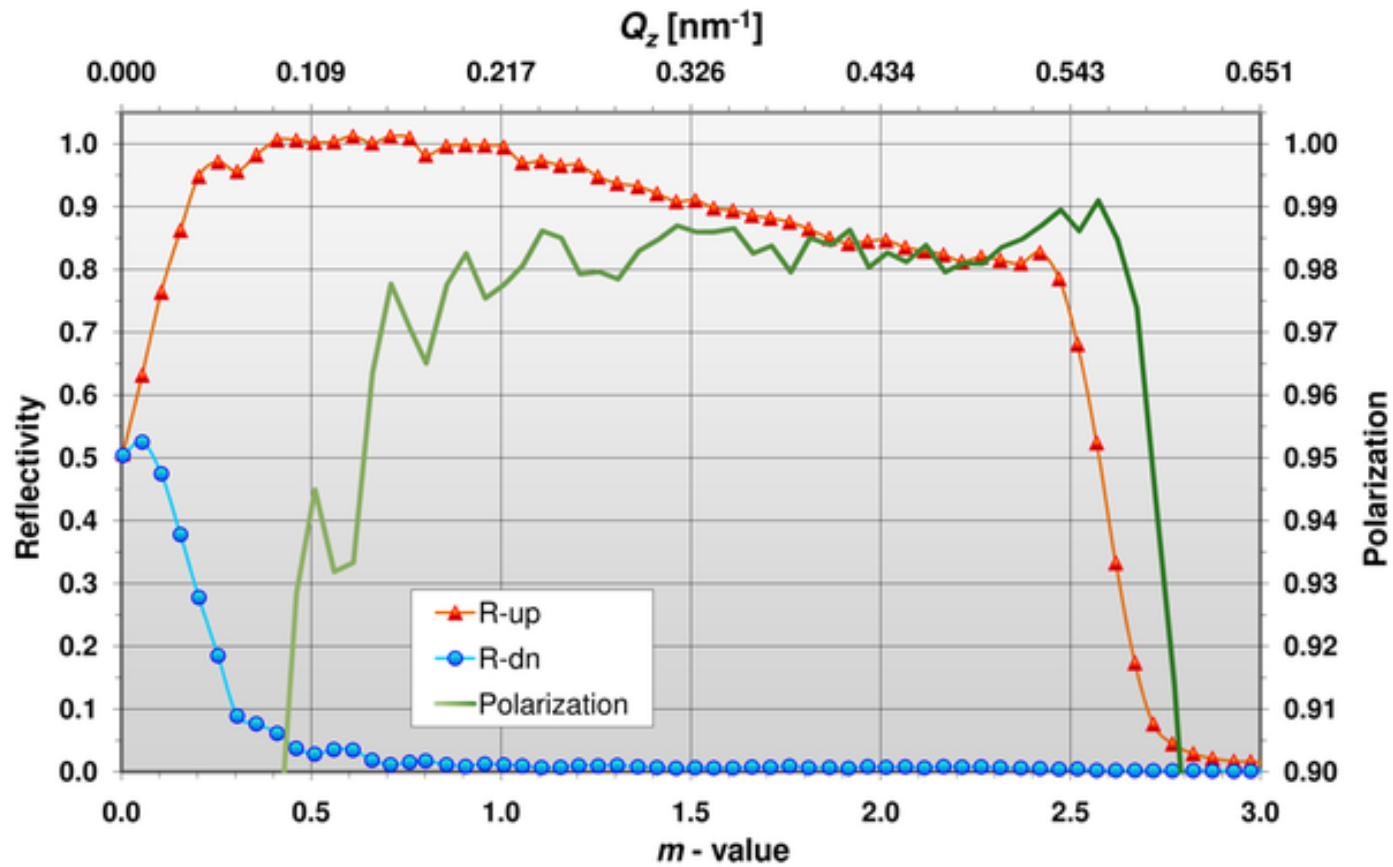


## Fe/Si polarizing supermirror $m=4$



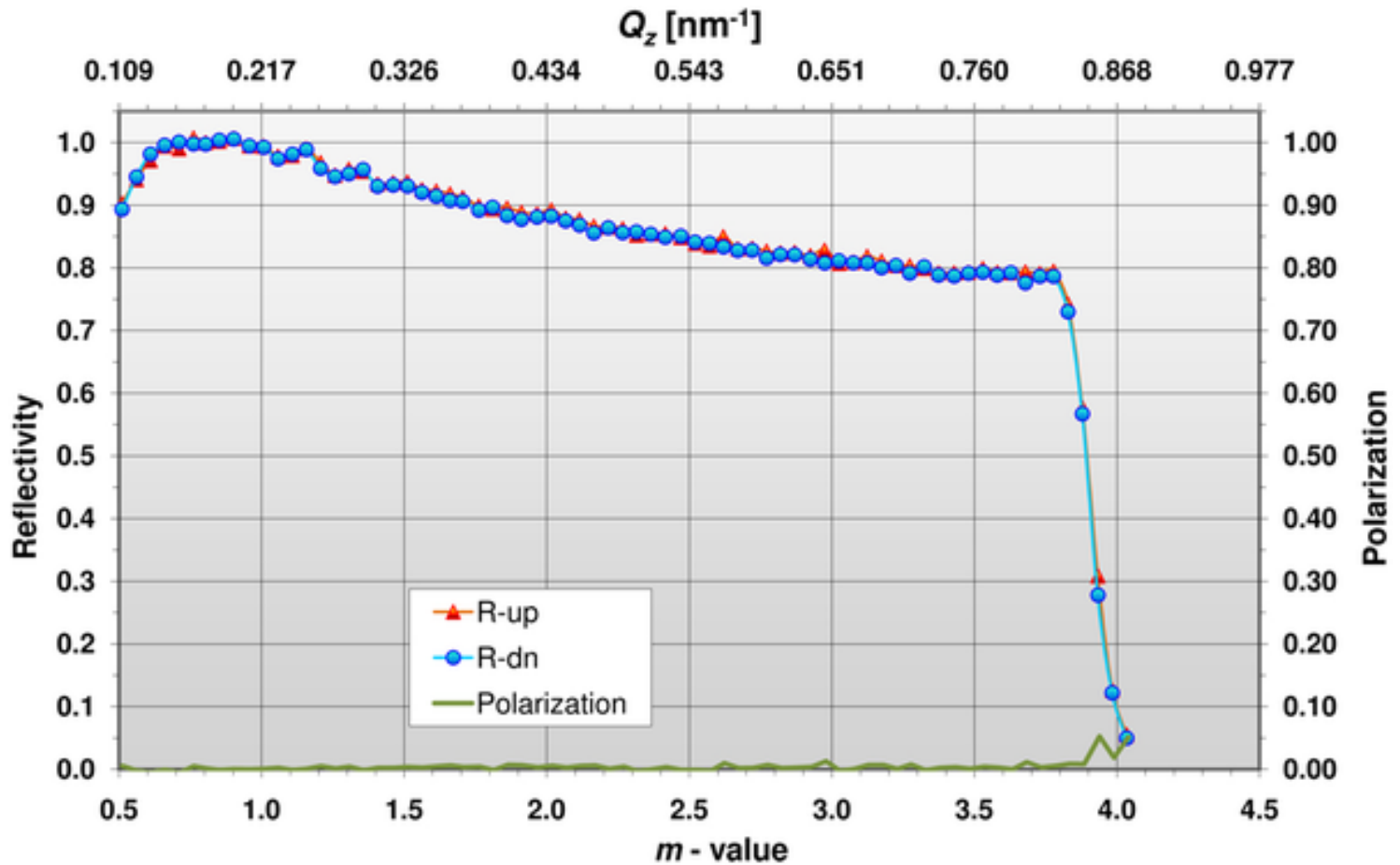
# SwissNeutronics

## FeCoV / TiN polarizing supermirror



# SwissNeutronics

## non-magnetic supermirror



### Ni/Ti supermirror - $m \geq 4$

high  $m$  - value - more angles

=> large number of layers, e.g.

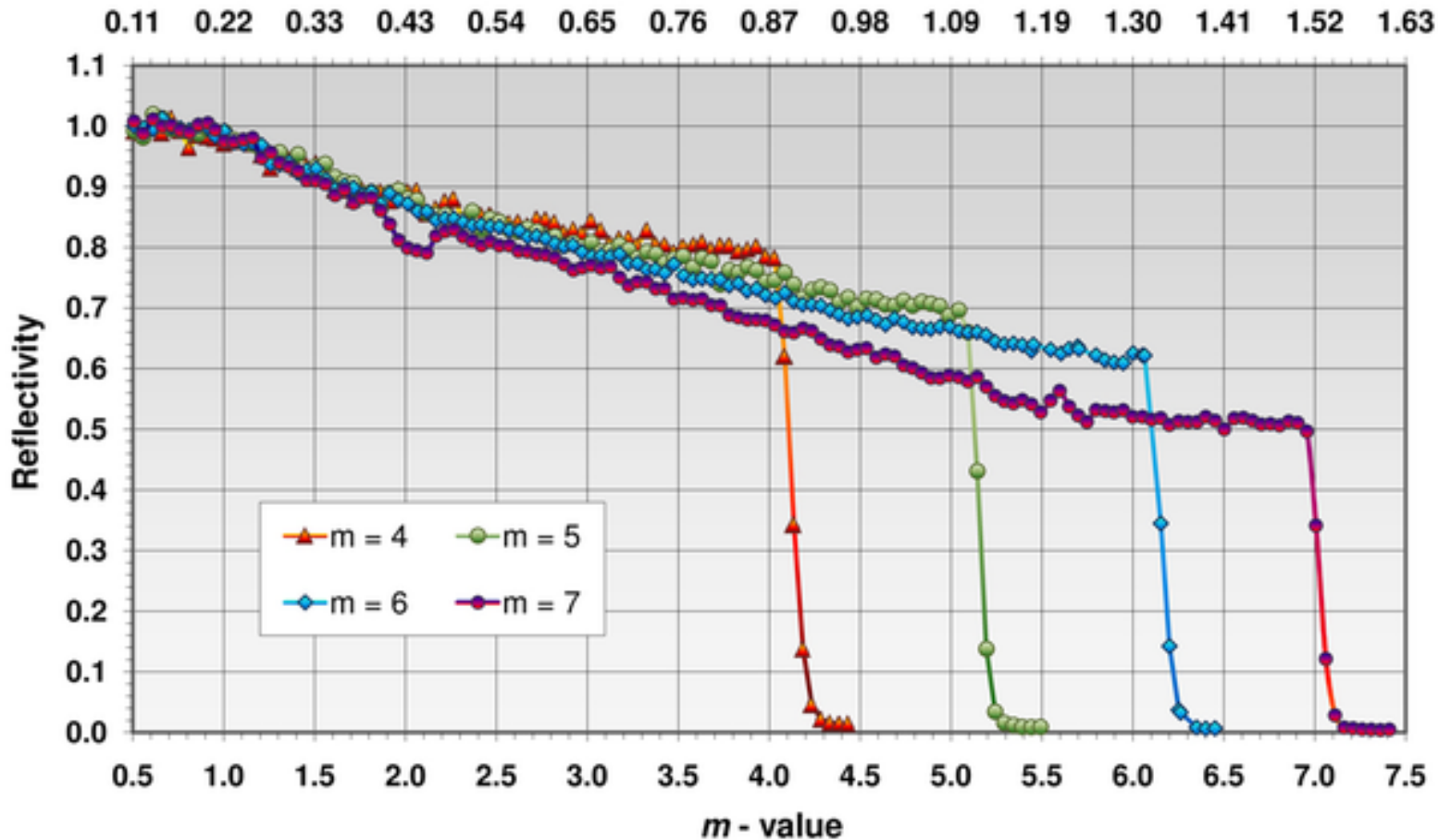
$m = 2 \Rightarrow 120$  layers ( $R \geq 90\%$ )

$m = 3 \Rightarrow 400$  layers ( $R \geq 80\%$ )

$m = 4 \Rightarrow 1200$  layers ( $R \approx 75\%$ )

$m = 5 \Rightarrow 2400$  layers ( $R \approx 63\%$ )

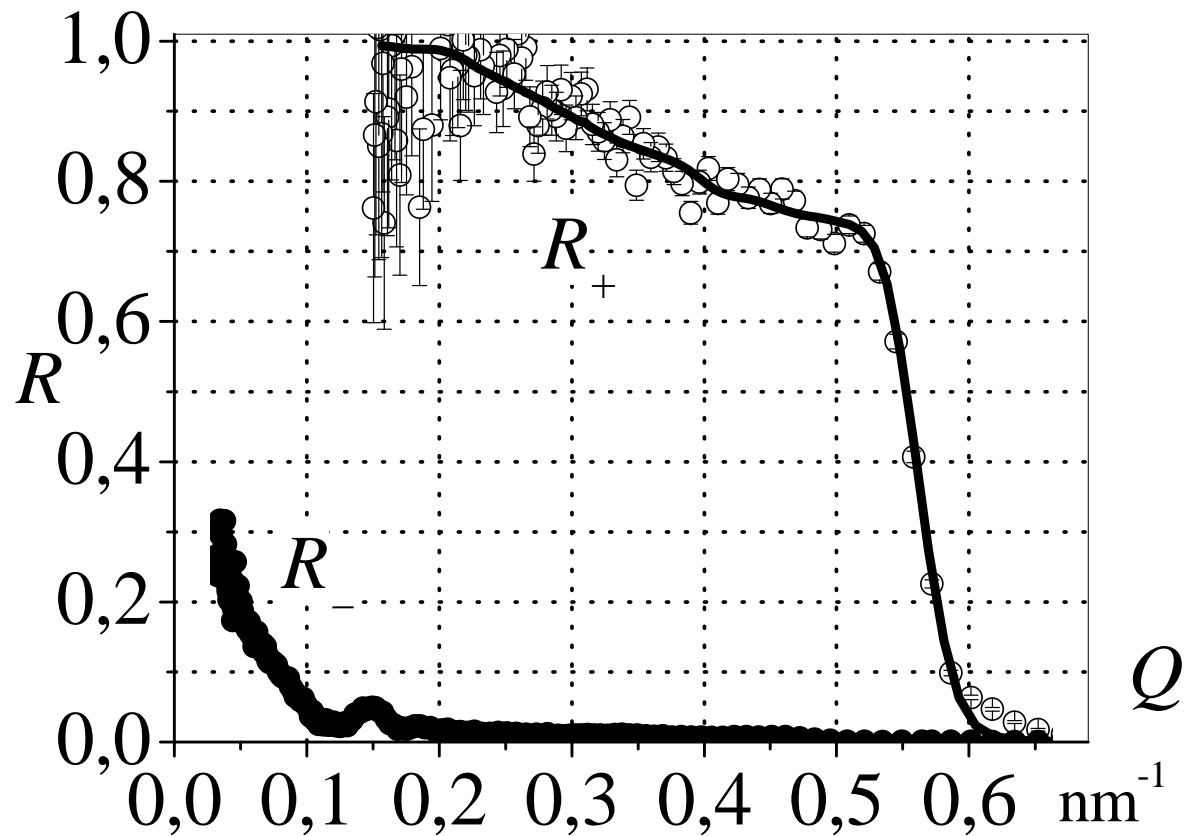
$Q_z$  [ $\text{nm}^{-1}$ ]



# Поляризующее суперзеркало ПИЯФ

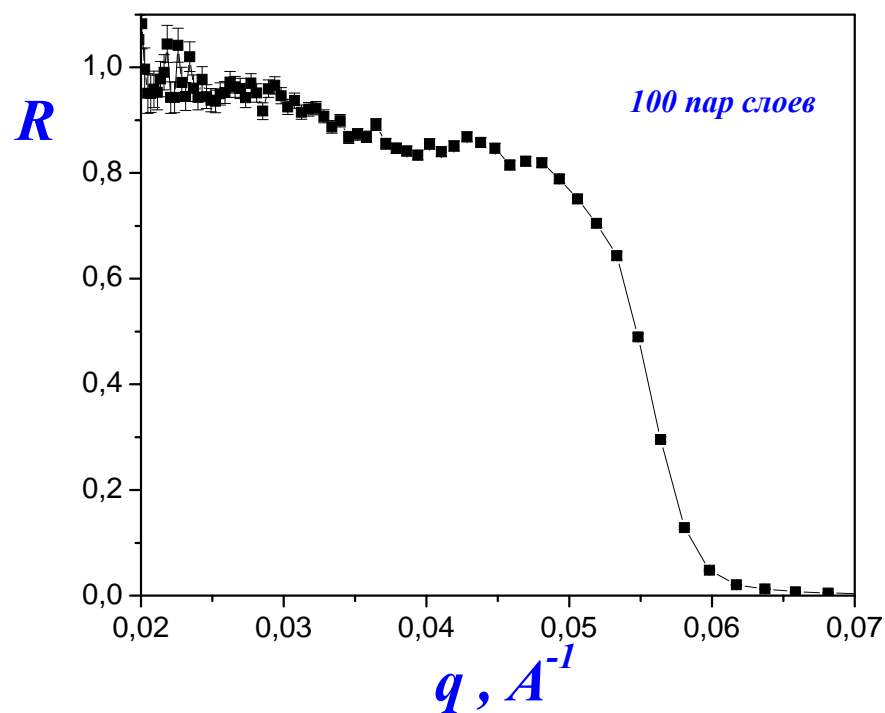
CoFe/TiZr  $m=2.5$  (195 пар слоев)

на антиотражающем поглощающем TiZrGd подслое (270 нм).



# Немагнитные NiMo/Ti суперзеркала ПИЯФ

*Немагнитное NiMo/Ti суперзеркало ПИЯФ ( $m=2.5$ )*



*Немагнитное NiMo/Ti суперзеркало ПИЯФ ( $m=2$ )*

