

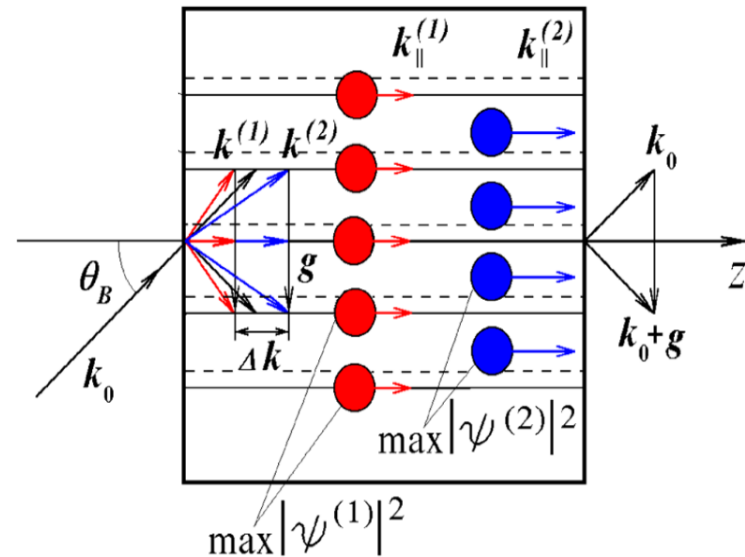
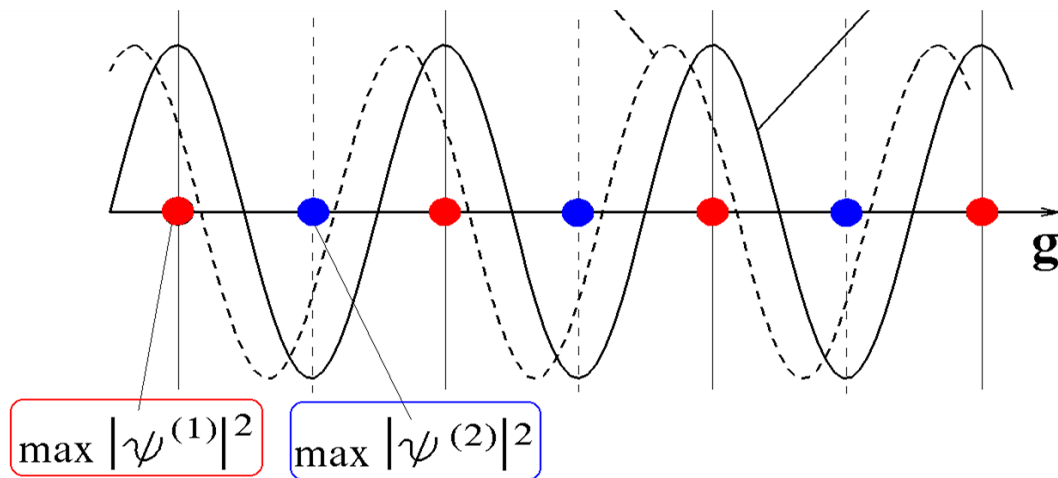


*Эффект вращения спина нейтрона при
дифракции по Лауэ в деформированном
прозрачном кристалле без центра
симметрии.*

Шапиро Д.Д., СПбГУ; ПИЯФ
Научный руководитель: д.ф.-м.н. Воронин В.В.



- ▶ 2 типа блоховских волн ψ_1 и ψ_2
- ▶ В кристалле без центра симметрии нейтроны с ψ_1 и ψ_2 могут оказаться в сильных (10^8 - 10^9 В/см) межплоскостных электрических полях $\pm E_g = \pm g v_g \sin \Delta \phi_g$
- ▶ Швингеровские магнитные поля: $H_g = \pm [E_g \times v]/c$
- ▶ Спин нейтрона в состояниях ψ_1 и ψ_2 прецессирует в разные стороны

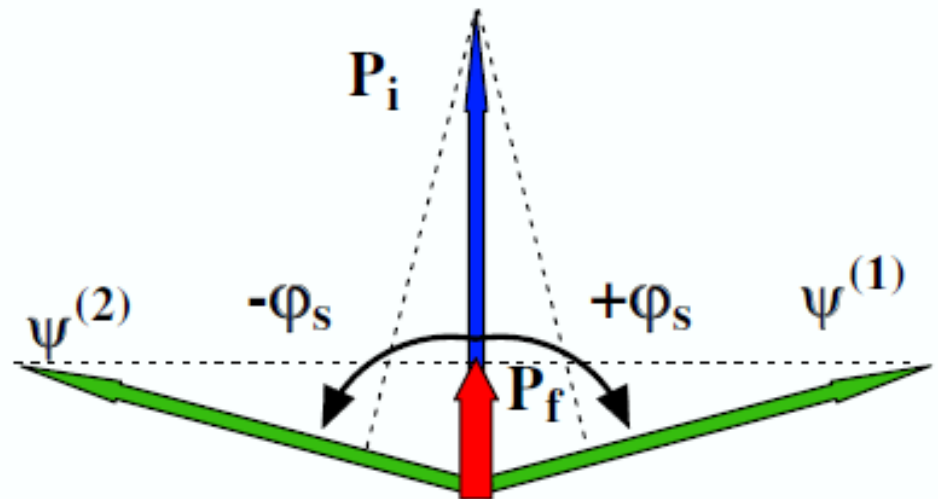


- ▶ Спин нейтрона в состоянии ψ_1 повернётся на Φ_S , а в состоянии ψ_2 на $-\Phi_S$:

$$\phi_S = 2\mu_n \frac{eE_g L}{m_p c^2}$$

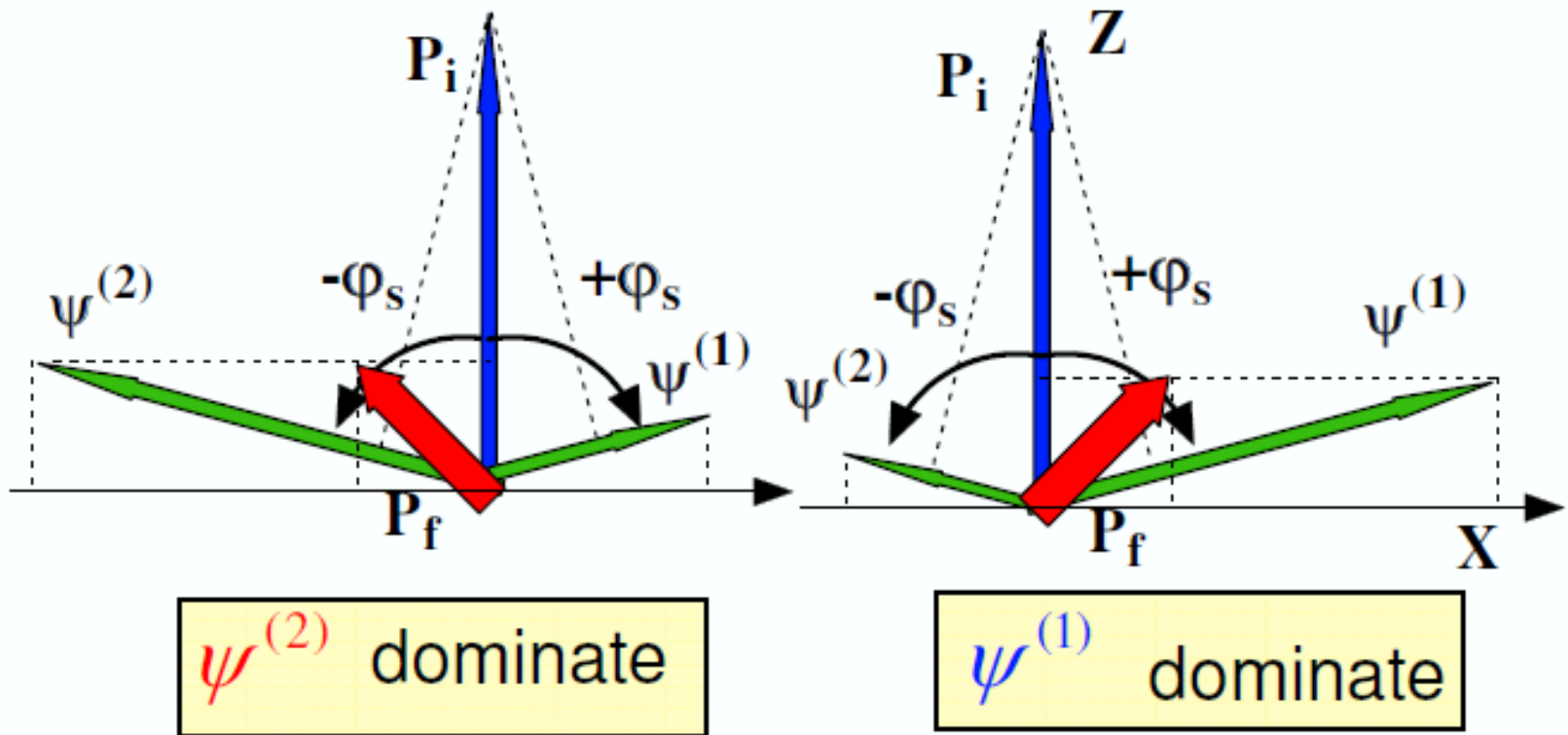
- ▶ При некоторой L_0
 $\Phi_S = \pi/2$, т.е. полная
 деполяризация

- ▶ Для (110) α -кварца
 $L_0 \approx 3,5$ см,
 $E_g = 2 \cdot 10^8$ В/см

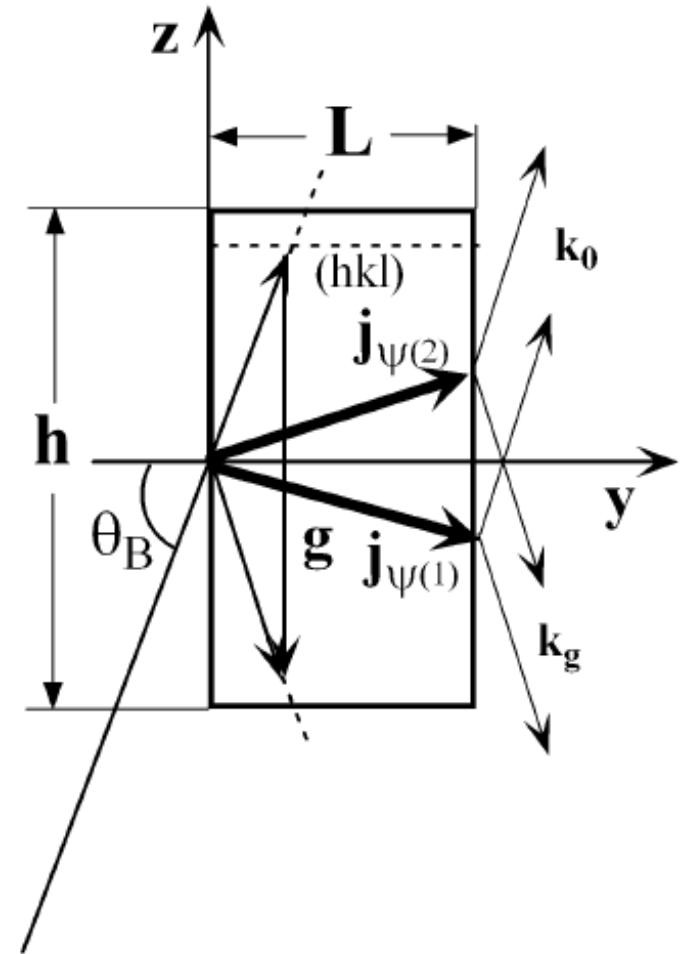


Intensity of $\psi^{(2)}$ equal to $\psi^{(1)}$

- ▶ Деполяризация, а не поворот
- ▶ Нужно создать неравенство амплитуд блоховских волн
- ▶ Деформированный кристалл/поглощение



- ▶ Направление нейтронного потока в деформированном кристалле можно описать «траекториями Като» - кривые, касательные к которым направлены вдоль плотности тока
- ▶ Недеформированный кристалл – прямые линии
- ▶ Кривизна траекторий определяется степенью деформации кристалла, описываемой «силой Като»

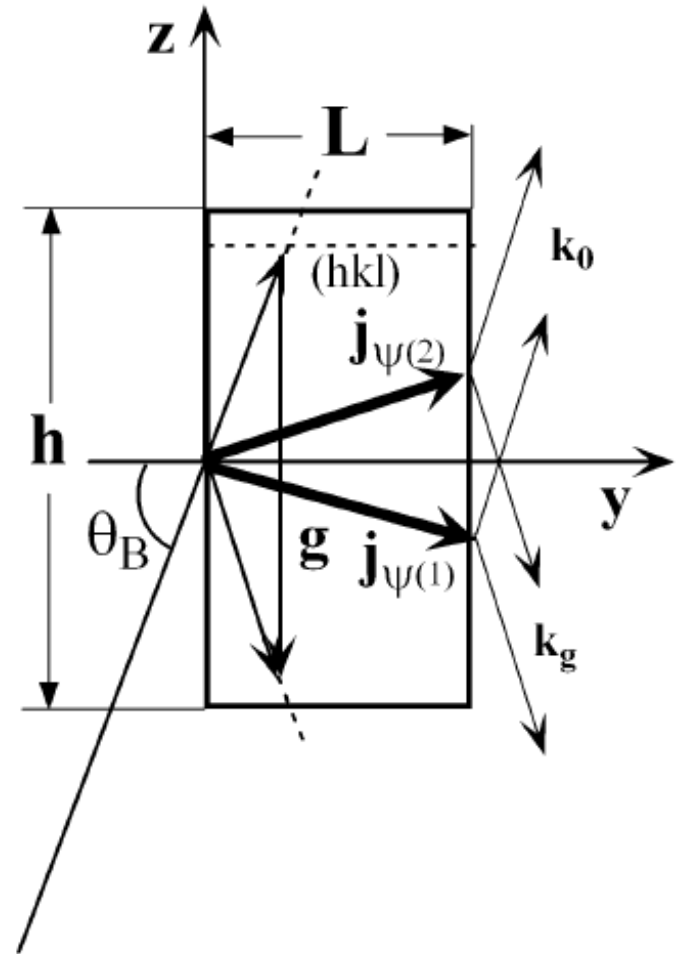


$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \pm \frac{\tan \theta_B}{m_0} f_k(y, z)$$

$$f_k(y, z) = \frac{k_0}{4 \cos \theta_B} \left(\frac{\partial}{\partial z} + \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial y} \right) \alpha(y, z)$$

$$\alpha(y, z) = \frac{|\mathbf{k}_0 + \mathbf{g}|^2 - k_0^2}{k_0^2} = \frac{g^2 + 2(\mathbf{k}_0 \mathbf{g})}{k_0^2}$$

- ▶ $f_k(y, z)$ – сила Като
- ▶ $\alpha(y, z)$ – параметр отклонения от точного условия Брэгга



- ▶ В случае постоянного градиента межплоскостного расстояния:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \pm \frac{c^2}{m_0} \pi g \xi$$

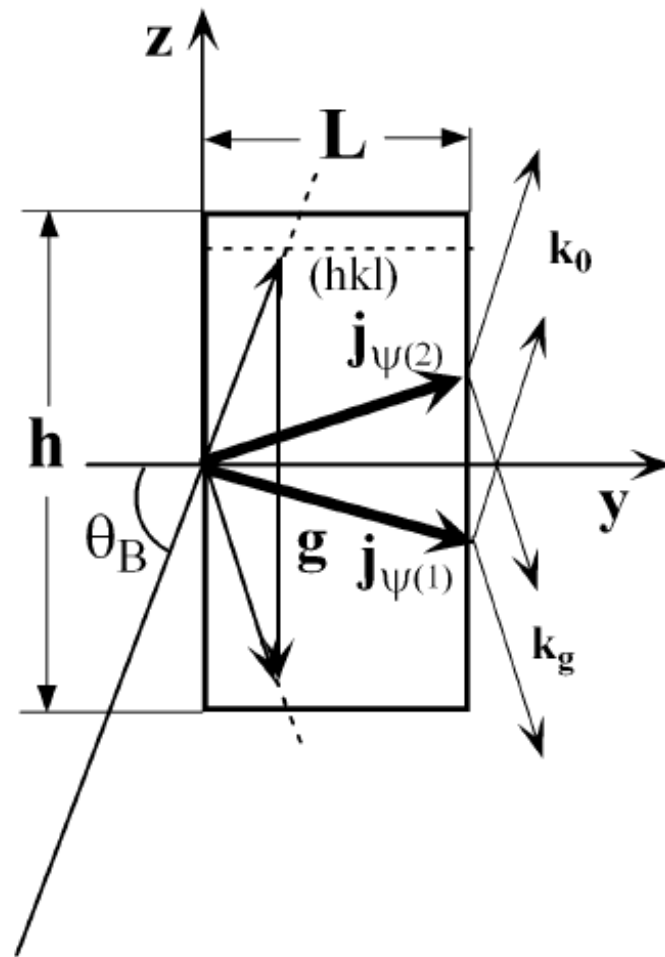
$$c \equiv \tan \theta_B, \quad m_0 \equiv 2dF_g/V_c$$

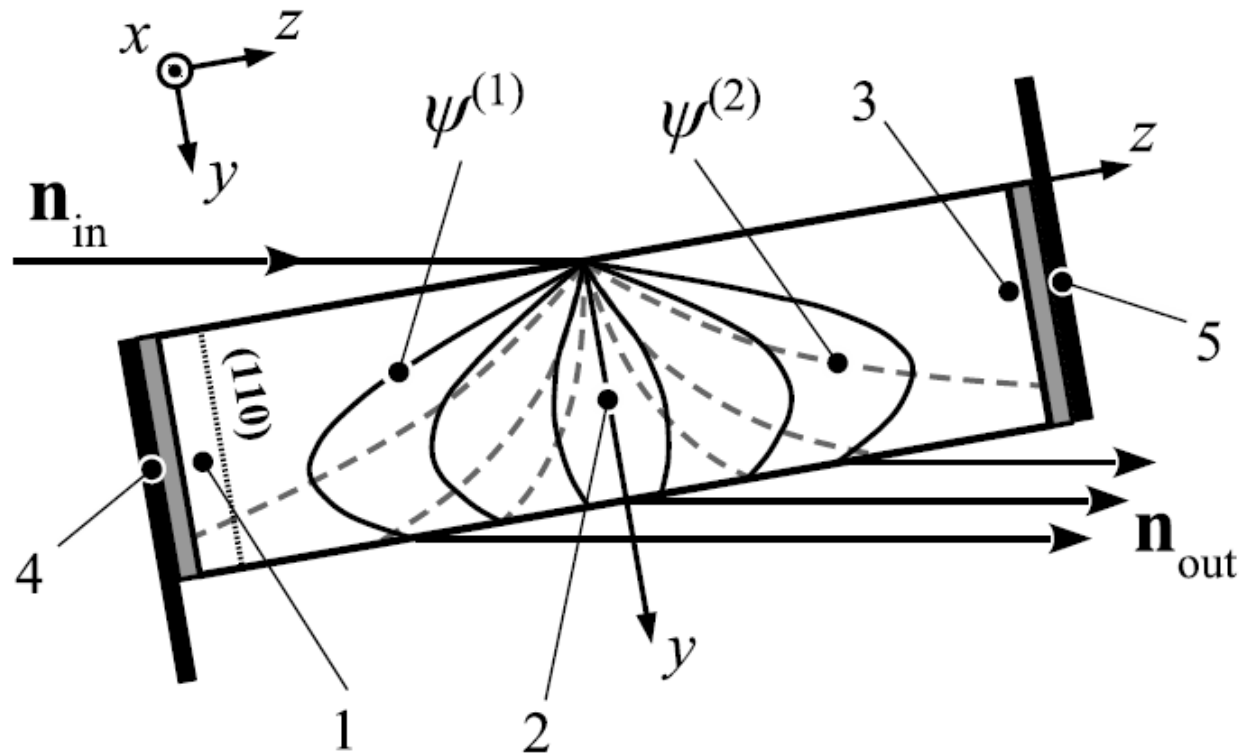
$$d = d_0(1 + \xi z)$$

- ▶ В случае квадратичной деформации:

$$f_k = c \frac{2\pi \xi z}{d}$$

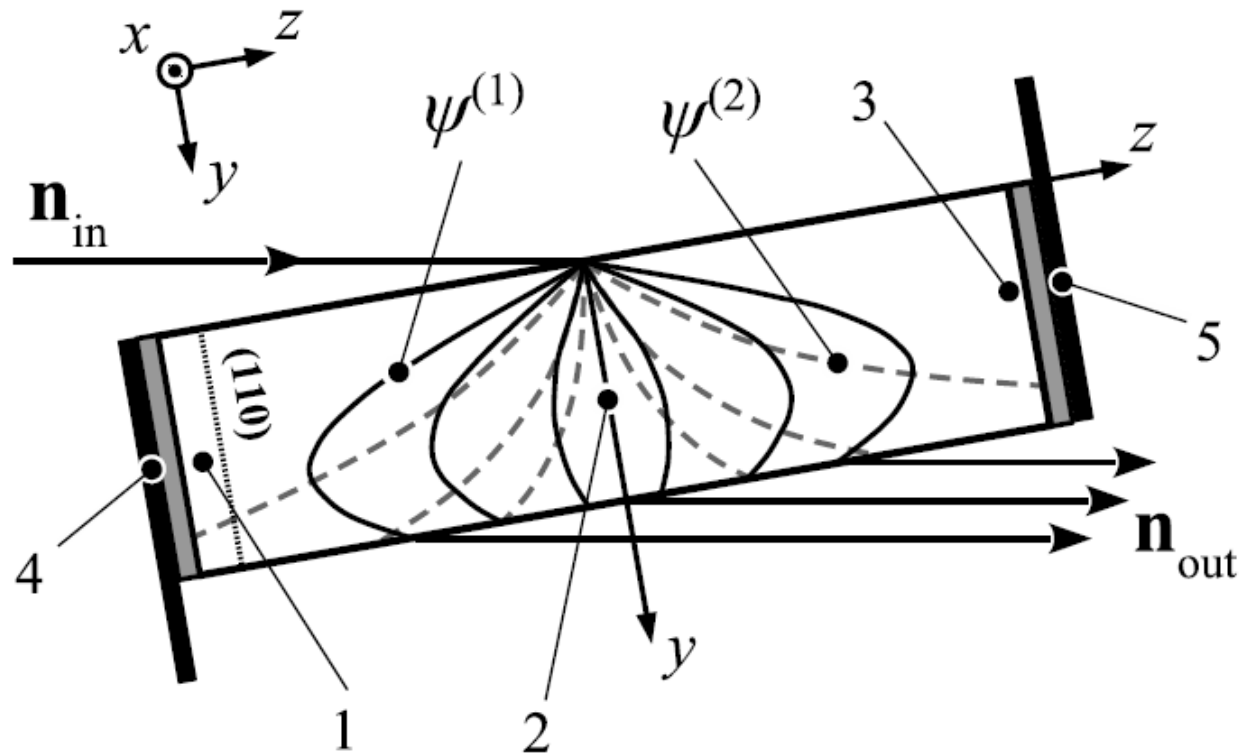
$$d = d_0(1 + \xi z^2)$$





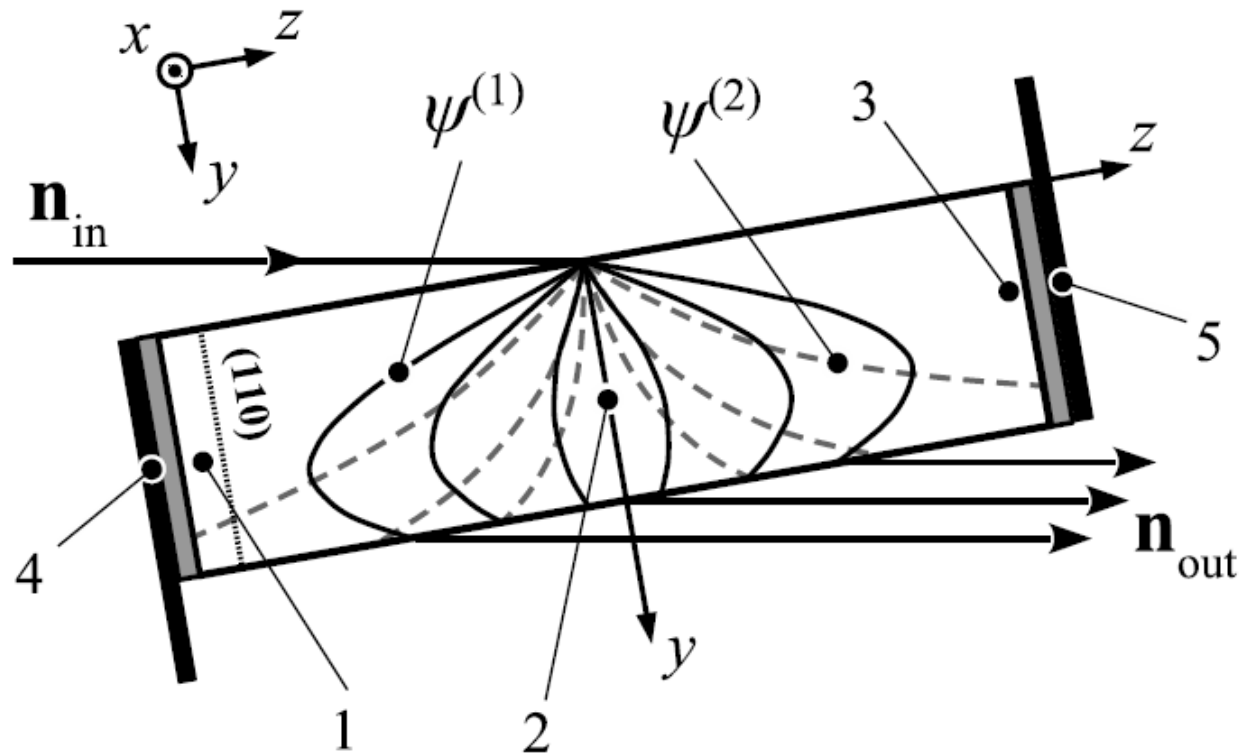
- ▶ Для нейтронов в одном из состояний силы Като направлены к центру кристалла, а для другого – против
- ▶ Фокусировка одного типа волн и дефокусировка другого
- ▶ Если изменить знак параметра деформации, волны поменяются местами





- ▶ В нецентросимметричном кристалле две волны будут находиться в противоположных электрических полях
- ▶ Спины будут вращаться в противоположные стороны
- ▶ Изменение параметра деформации приведет к изменению спинового состояния продифрагировавшей волны





- ▶ Эксперимент: пучок №2 ВВР-М
- ▶ (110) кварца $140 \times 35 \times 140 \text{ мм}^3$, $\xi = 10^{-7} \text{ см}^{-2}$ ($\Delta T_{12} = 0,2 \text{ К}$)
- ▶ 3D анализ поляризации, $P_o \parallel z$
- ▶ Электрическое поле $\parallel z$, швингеровское поле $\parallel x$

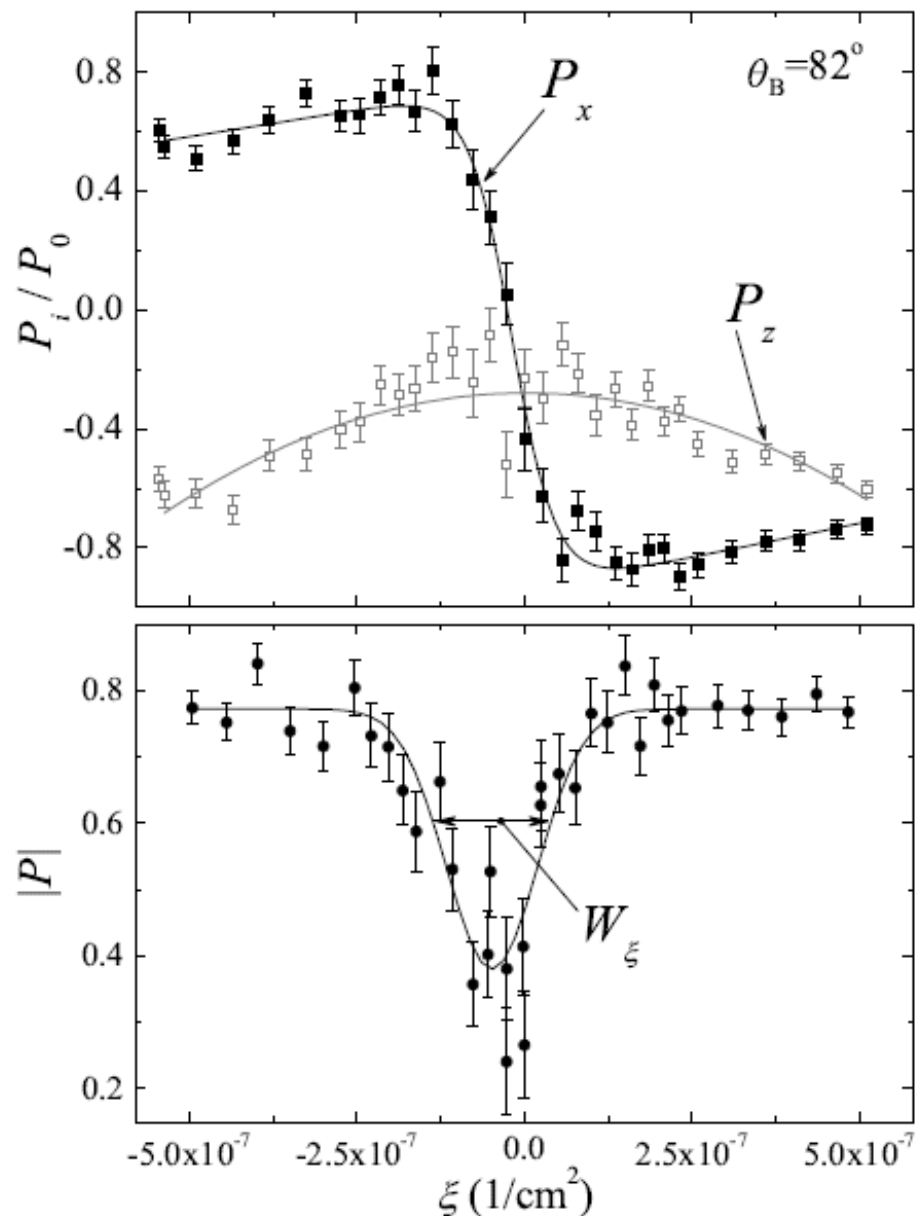


- ▶ Зависимость поляризации от величины квадратичной деформации

$$d = d_0(1 + \xi z^2)$$

- ▶ Небольшая деформация приводит к изменению знака поляризации

- ▶ Деполяризация существует в небольшом диапазоне W_ξ

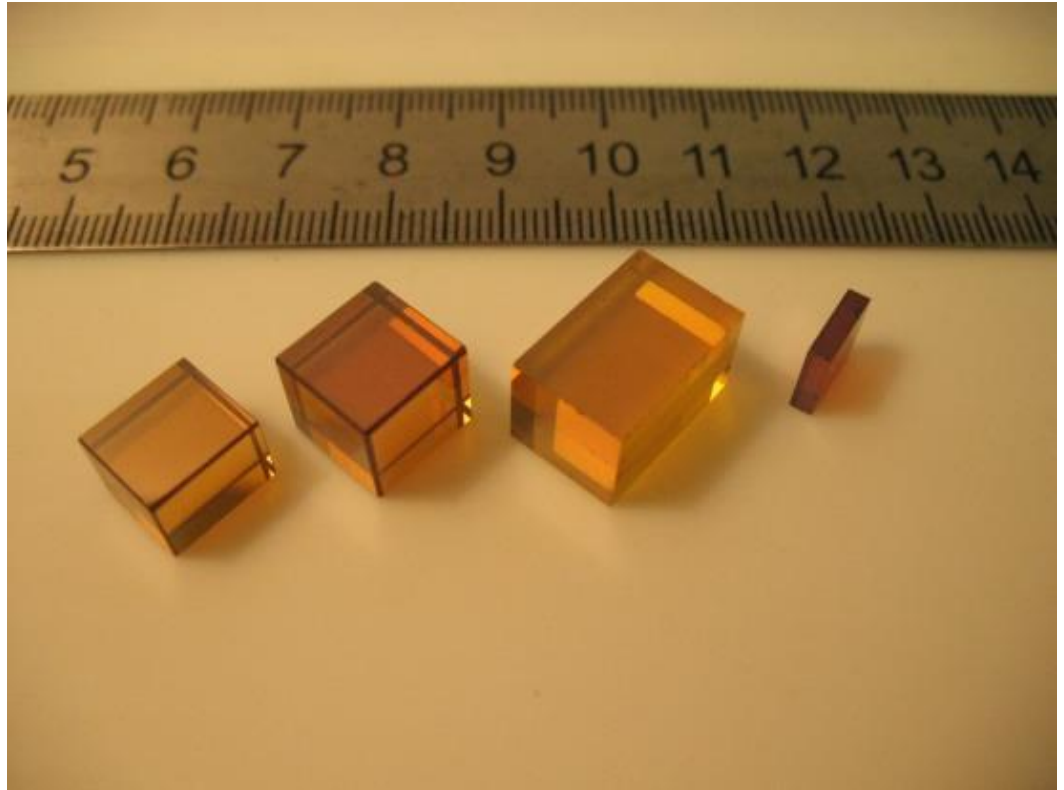


- ▶ Малым изменением деформации можно управлять поляризацией продифрагированных пучков
- ▶ Из измерения компоненты спина $\perp P_0$ можно определять внутрикристаллические электрические поля
- ▶ Измерения ЭДМ нейтрона дифракционным методом: спин нейтрона поворачивается за счет взаимодействия его ЭДМ с электрическим полем
- ▶ Поворот за счет швингеровского взаимодействия может привести к ложному эффекту



▶ Возможно
использование:

- ▶ $\text{Bi}_4\text{Ge}_4\text{O}_{12}$
- ▶ $\text{Bi}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$
- ▶ $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$
- ▶ $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$



▶ Расчет для кристалла $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$:

- ▶ (334): $L_0 \approx 0,84$ см, $E_g = 4,7 \cdot 10^8$ В/см
- ▶ (444): $L_0 \approx 0,81$ см, $E_g = 4,8 \cdot 10^8$ В/см



Спасибо за внимание

