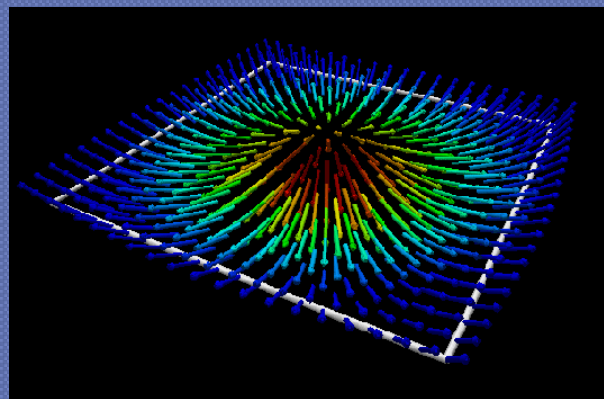
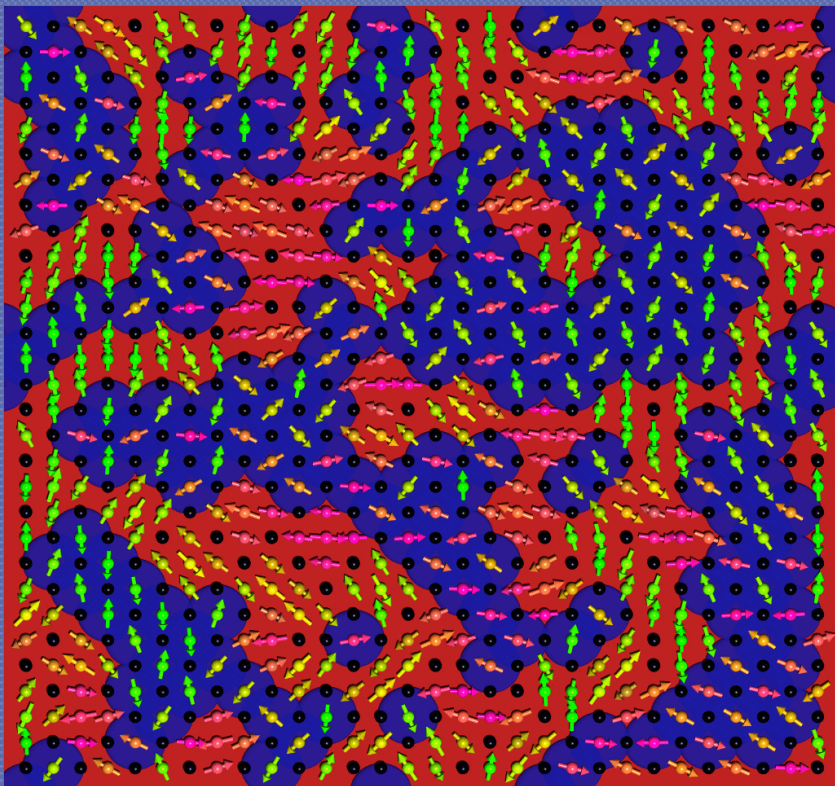


# 3D анализ поляризации МУРН для измерения времени жизни критических флуктуаций в магнетиках ( в частности в $MnSi$ ).

Яшина Е.Г., Григорьев С.В.



Школа Поляризованных Нейтронов  
2016



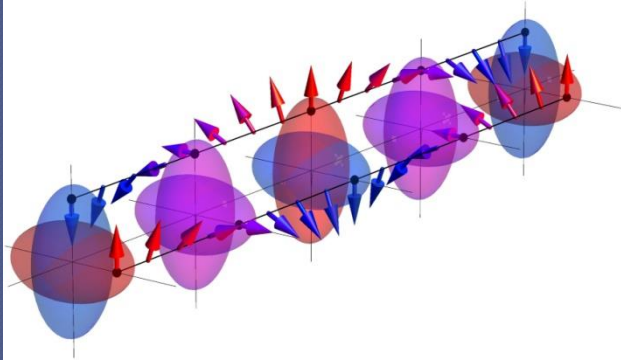
# План

---

- Мотивация: квазиупругое рассеяние на критических флуктуациях в  $\text{MnSi}$  выше  $T_c$
- Формализм, описывающий изменение  $P$  при квазиупругом рассеянии на магнетиках
- Схема измерений
- Эксперимент для  $\text{MnSi}$  (сравнение с данными **NSE**)
- Заключение

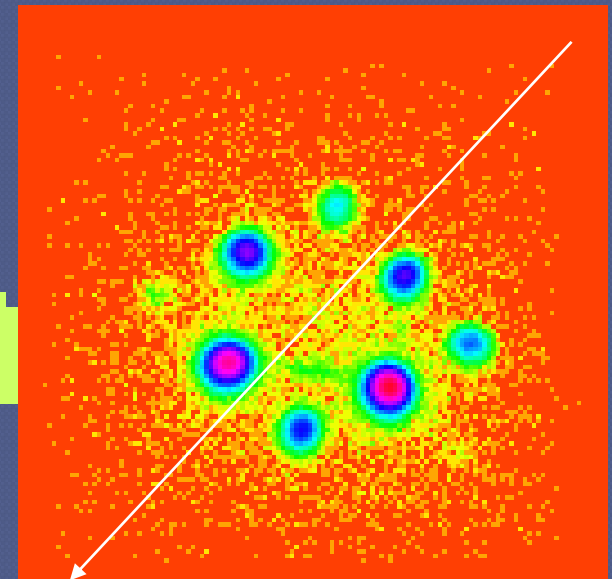
# Кубический магнетик без центра инверсии со структурой типа $B20$ $MnSi$

Превращение парамагнетик - спиновая спираль ( $H = 0$ )

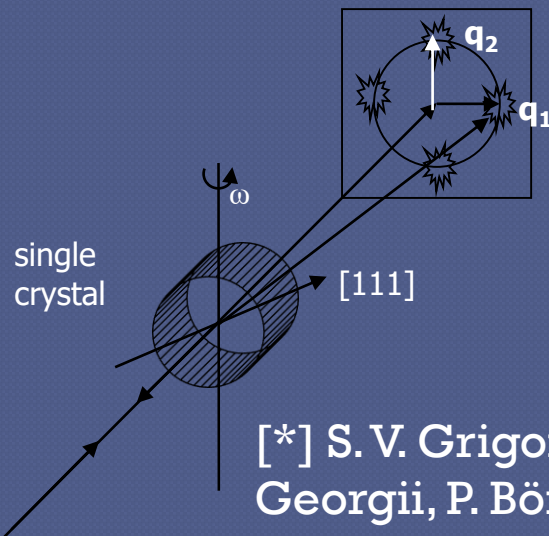


$T_C = 29$  K

$T = 10$  K

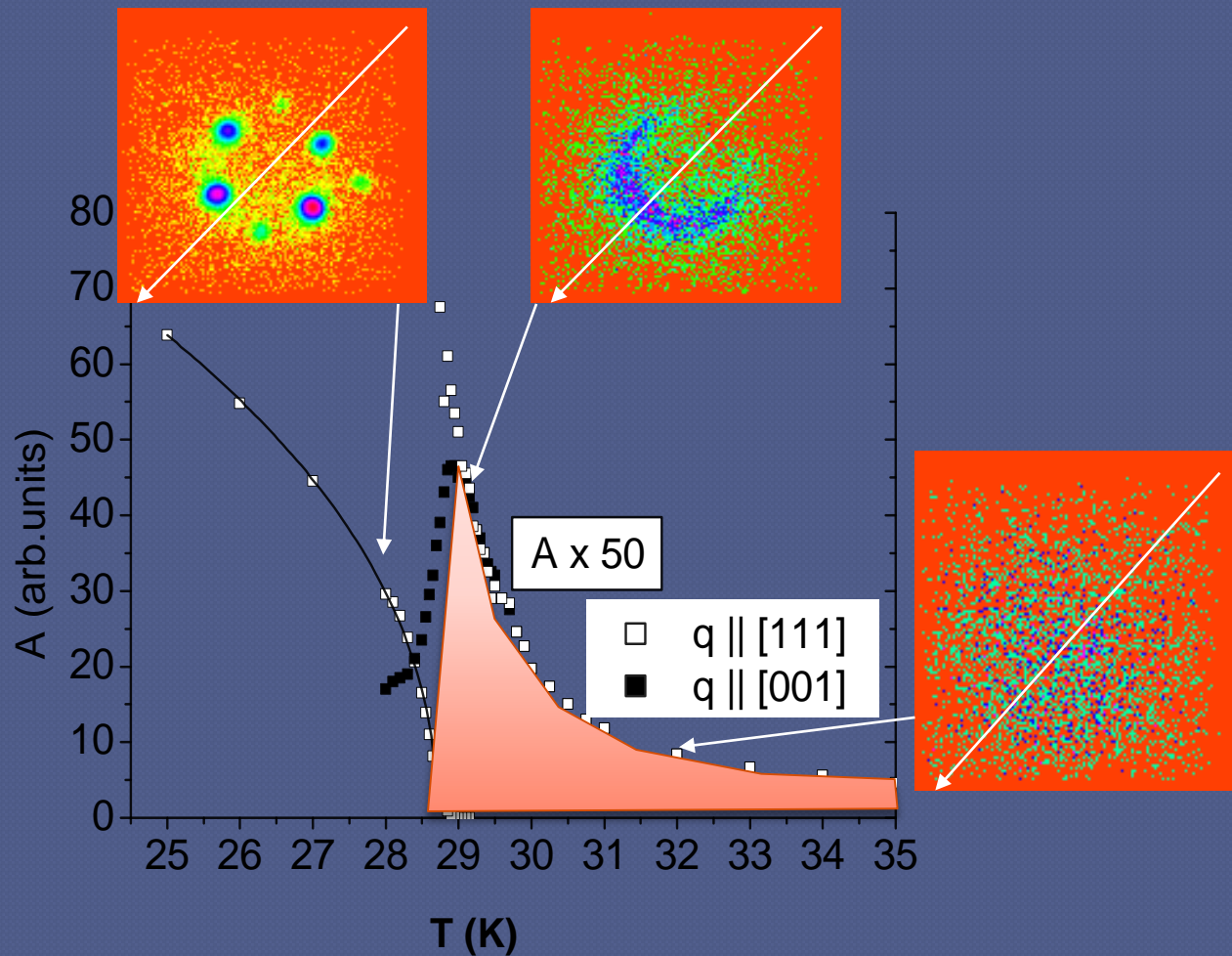


Карты МУРН на  $MnSi$



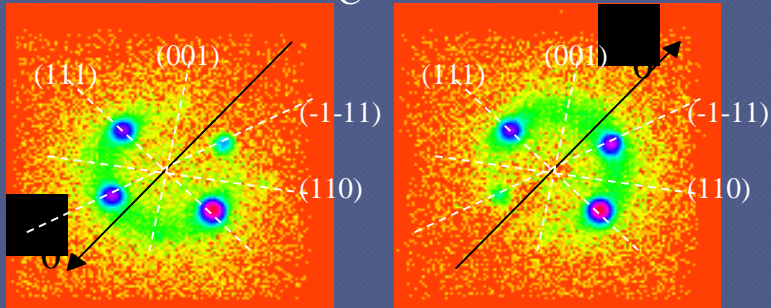
[\*] S. V. Grigoriev, S. V. Maleyev, A. I. Okorokov, Yu. O. hetverikov, R. Georgii, P. Böni, D. Lamago, H. Eckerlebe, and K. Pranzas, RB 72, 134420 2005, *Critical fluctuations in MnSi near  $T_C$ : A polarized neutron scattering study*

# Область критических флуктуаций

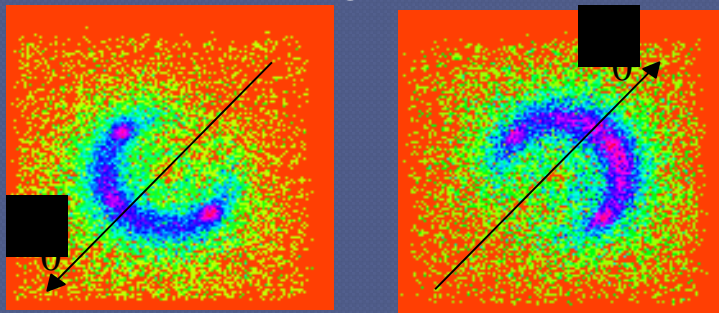


# Квазиупругие критические флуктуации в магнетиках выше $T_c$

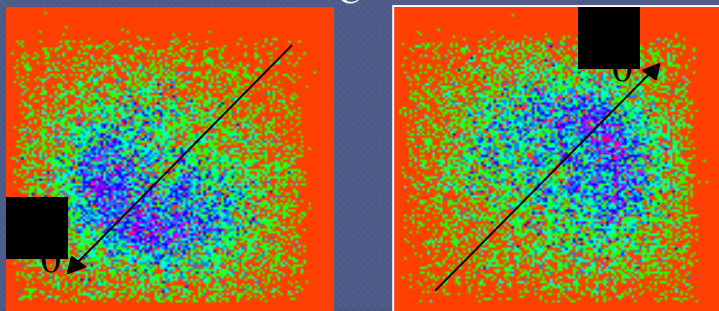
$T = T_c - 0.1\text{K}$



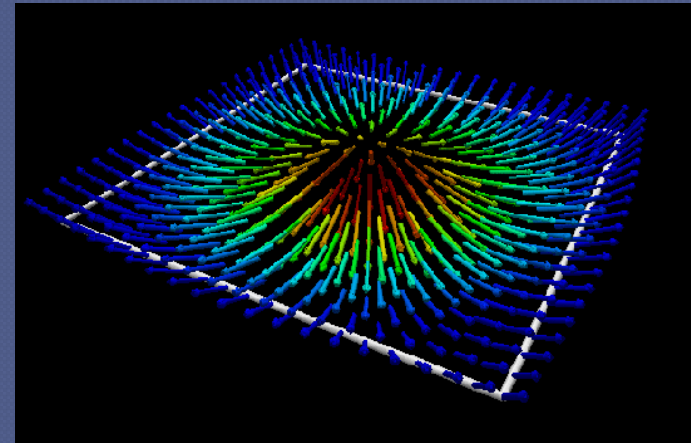
$T = T_c + 0.2\text{K}$



$T = T_c + 1.2\text{K}$



Условие квазиупругости  $\omega \ll E$   
Флуктуация – локальное  
появление параметра порядка в  
конечном промежутке времени.



Корреляционная длина -  $\xi$  (SANS)  
Время жизни -  $\tau$  (обычно SE),  
но и 3D анализ P

# Формализм, описывающий изменение $P$ при рассеянии на магнетиках

$e = \mathbf{q} / |\mathbf{q}|$ ,  $\mathbf{q}$  – вектор переданного импульса

$$q^2 = k^2 \left[ \underbrace{\theta^2}_{el} + \underbrace{(\omega/2E)^2}_{inel} \right]$$

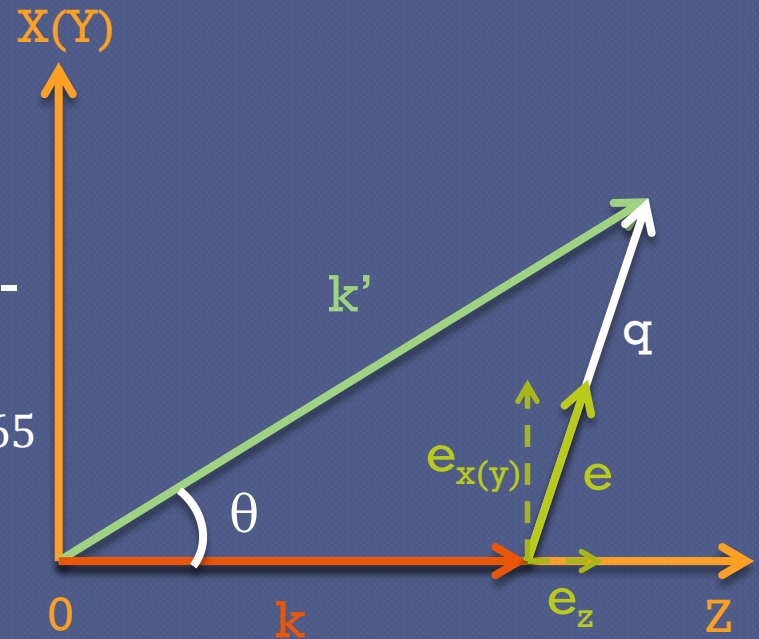
$P = -e(e P_0)$  уравнение Халперна-

Джонсона [\*] Phys. Rev. 55, (1939),

[\*] Малеев С.В., Рубан В.А. Письма в ЖЭТФ, 1965

$$e_z^2 = \omega^2 / [(2E\theta)^2 + \omega^2]$$

$$e_{x(y)}^2 = (2E\theta)^2 / [(2E\theta)^2 + \omega^2]$$



[\*] A.I. Okorokov, V.V. Runov, PRB, 297, (239-244), 2001

Пусть  $P_0 = 1$ , тогда измеряемые компоненты  $P_{x,y,z}$

$$P_{x(y)} = -\langle e_{x(y)}^2 + e_z e_{x(y)} \rangle_\omega; \quad P_z = -\langle e_z^2 + e_z e_{x(y)} \rangle_\omega$$

# Формализм, описывающий изменение $P$ при рассеянии на магнетиках

$$P_{x(y)} = -\langle e_{x(y)}^2 + e_z e_{x(y)} \rangle_{\omega} = -\int_{-\infty}^{\infty} \frac{(2E\theta)^2 \sigma(k\theta, \omega) d\omega}{[(2E\theta)^2 + \omega^2] \sigma(k\theta)}$$

$$P_z = -\langle e_z^2 + e_z e_{x(y)} \rangle_{\omega} = -\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega^2 \sigma(k\theta, \omega) d\omega}{[(2E\theta)^2 + \omega^2] \sigma(k\theta)}$$

$\sum P_i = -1$  правило сумм

Зная  $\sigma(k\theta, \omega)$ , можно посчитать  $P_{x,y,z}$

# Формализм, описывающий изменение $P$ при рассеянии на магнетиках

$k\theta=q$ ,  $\xi$  – корреляционная длина,  $\eta$  – вектор спирали  
 $\Gamma$  – обратное время жизни (энергия),

Теория критических флуктуаций подсказывает, что вблизи критической точки  $\sigma(q, \omega)$  имеет форму Орнштейн-Цернике

$$\sigma(q, \omega) = \frac{A}{q^2 + \xi^2} \cdot \frac{1}{\omega^2 + \Gamma^2}$$

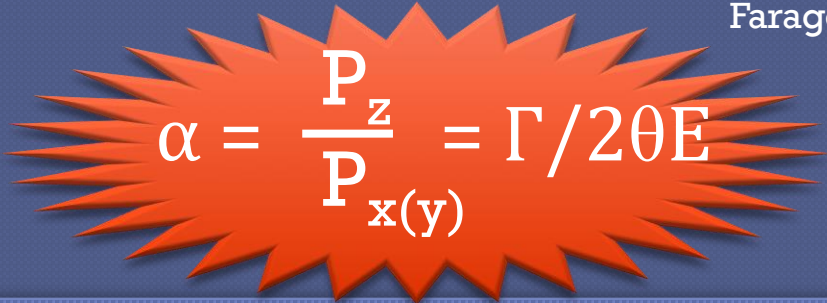
ферромагнетик

[\*] A.I. Okorokov, V.V. Runov, PRB, 297, (239-244), 2001

$$\sigma(q, \omega) = \frac{A}{(q-\eta)^2 + \xi^2} \cdot \frac{1}{\omega^2 + \Gamma^2}$$

гелимагнетик

[\*] C. Pappas, E. Leli`evre-Berna, P. Bentley, P. Falus, P. Fouquet, and B. Farago, PR B 83, 224405 (2011)


$$\alpha = \frac{P_z}{P_{x(y)}} = \Gamma/2\theta E$$



# Формализм, описывающий изменение $P$ при рассеянии на магнетиках

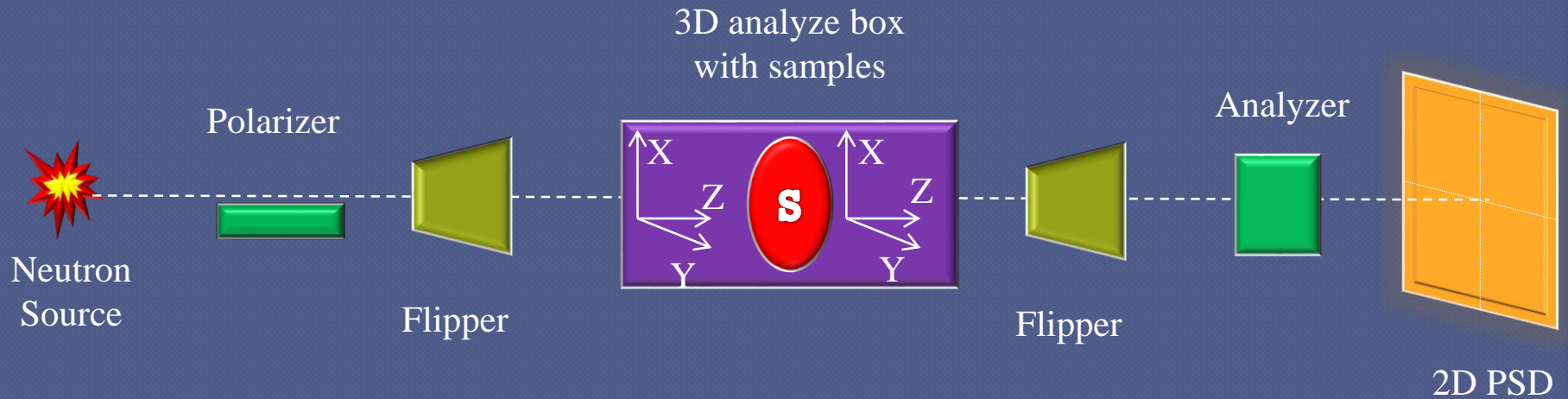
$$I = I_n + I_m + I_0$$

$$PI = P_m I_m + P_n I_n + P_0 I_0$$

$$I_m = \frac{I(\sum P_{0i} - \sum P_i) - I_0 P_{0i}}{1 + \sum P_{0i}}$$

$$P_{mi} = \frac{I[P_i(1 + \sum P_{0i}) - P_{0i}(1 + \sum P_i)] + I_0 P_{0i}}{I(\sum P_{0i} - \sum P_i) - I_0 \sum P_{0i}}$$

# Схема измерений



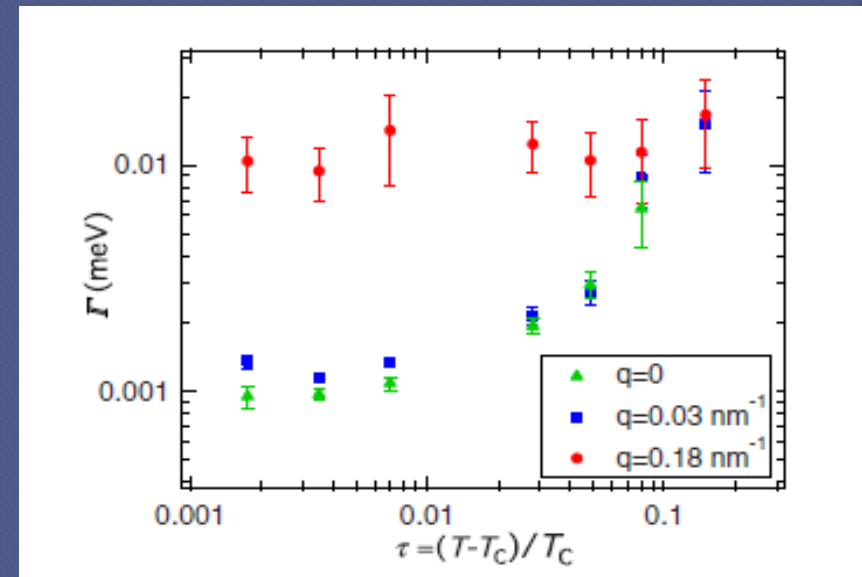
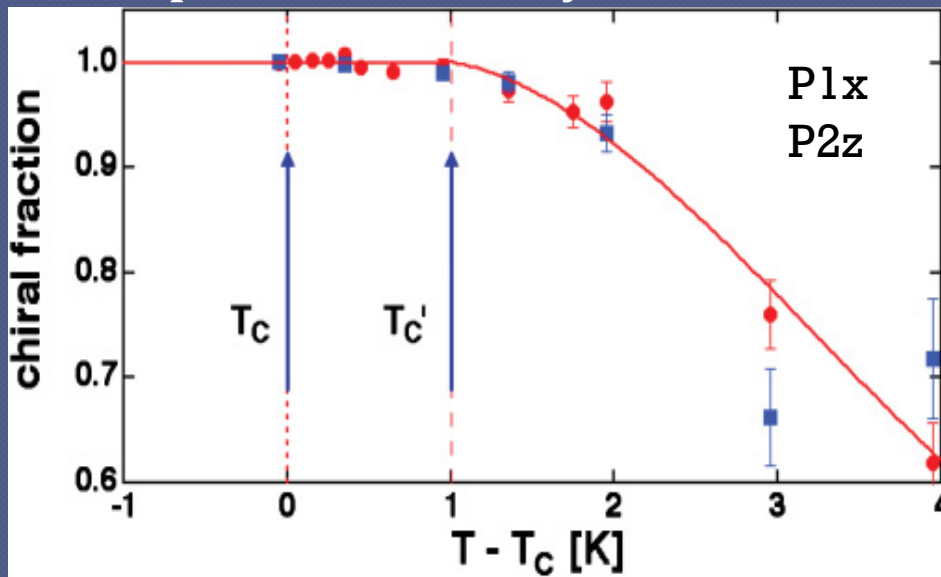
Пусть  $\mathbf{P}_0 = (1, 0, 0)$  и  $P_y = 0$

$$P_{mz} / P_{mx} = \frac{2 I P_z}{I[2P_x - (1 + \sum P_i)] + I_0}$$

# Эксперимент MnSi

Измерение поляризации  
рассеянного пучка

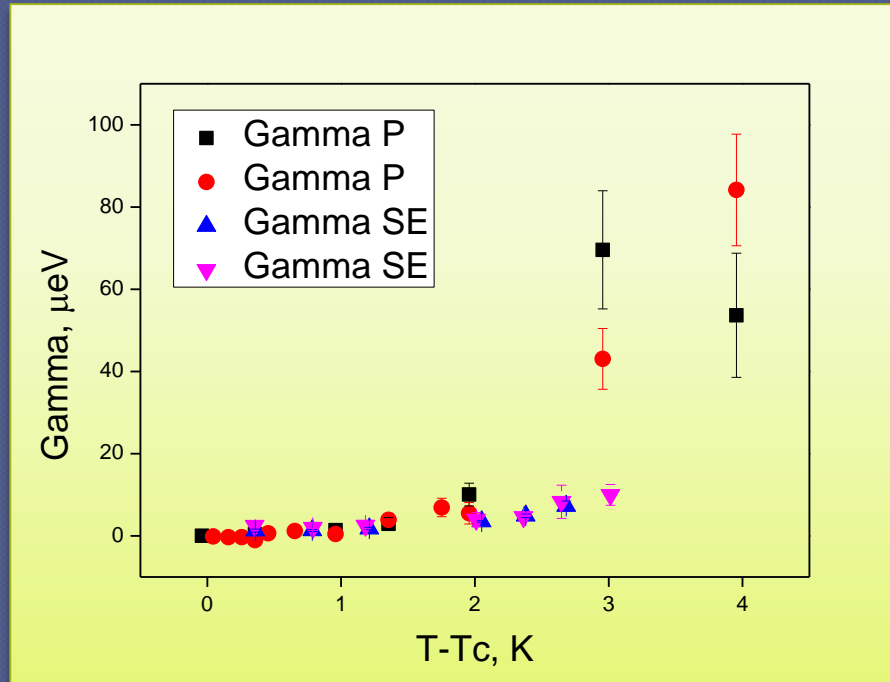
& Нейтронное Спиновое Эхо



[\*] C. Pappas, E. Leli`evre-Berna, P. Bentley, P. Falus, P. Fouquet, and B. Farago, PR B 83, 224405 (2011), Magnetic fluctuations and correlations in MnSi: Evidence for a chiral skyrmion spin liquid phase

[\*] S.V. Grigoriev, S.V. Maleyev, E.V. Moskvina, V.A. Dyadkin, P. Fouquet, H. Eckerlebe, PRB, Crossover behavior of critical helix fluctuations in MnSi 81,144413, 2010

# Эксперимент MnSi

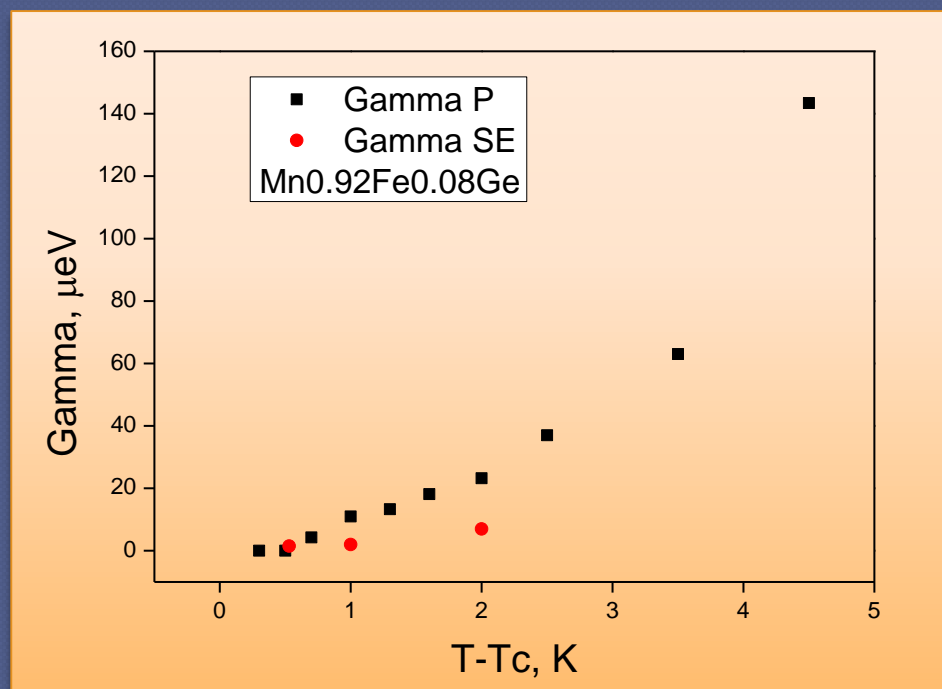


● ● -  $\Gamma = 2E\theta P_x / (P_0 - P_x)$

● ● - данные

Нейтронного Спинового  
Эха

# Эксперимент $Mn_{0.92}Fe_{0.08}Si$



- -  $\Gamma = 2E\theta P_x / (P_0 - P_x)$
- - данные Нейтронного Спинового Эха [\*]

[\*] S V. Grigoriev, E V. Moskvina, V A. Dyadkin, D Lamago, T Wolf, H Eckerlebe, and S V. Maleyev, PRB, 83, 224411 (2011), Chiral criticality in the doped helimagnets  $Mn_{1-y}Fe_ySi$

# Заключение

---

- 3D анализ поляризации позволяет измерять энергию флуктуаций в ферро- и гели- магнетиках
- Для правильного определения  $\Gamma$  требуется точное измерение фона и всех компонент поляризации
- Позволяет измерять энергии от  $1\mu\text{eV}$  до  $1\text{meV}$

---

# Спасибо за внимание!

