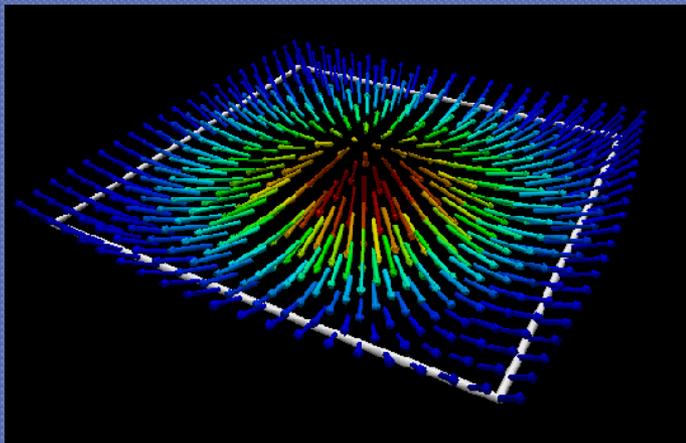




3D анализ поляризации малоуглового рассеяния

*как способ измерения времени жизни
критических флуктуаций в
гелимагнетиках и ферромагнетиках.*

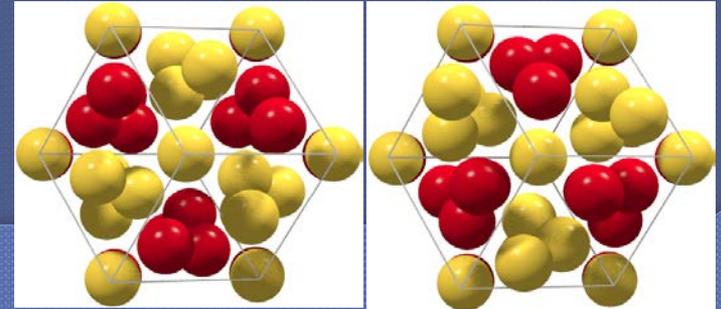


Григорьев С.В., Яшина Е.Г.



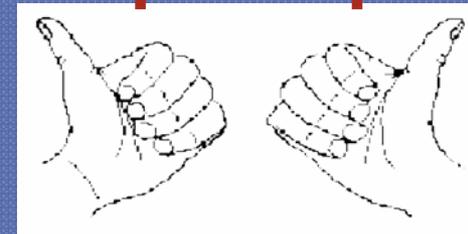
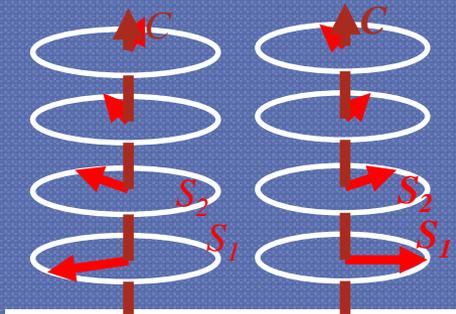
План рассказа

- Мотивация: квазиупругое рассеяние на критических флуктуациях в MnSi выше T_c
- Формализм, описывающий изменение поляризации при квазиупругом рассеянии на магнетиках
- Схема измерений
- Эксперимент для MnSi (сравнение с данными NSE)
- Заключение



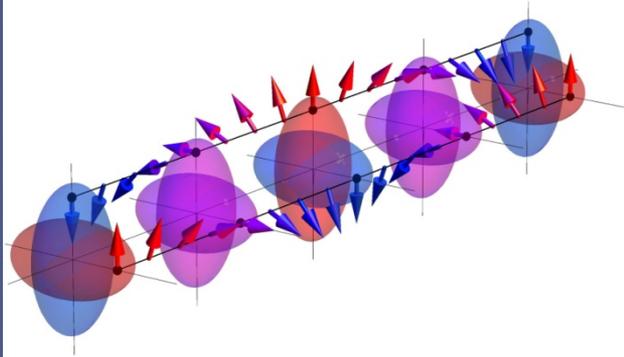
Left-handed
helix

Right-handed
helix



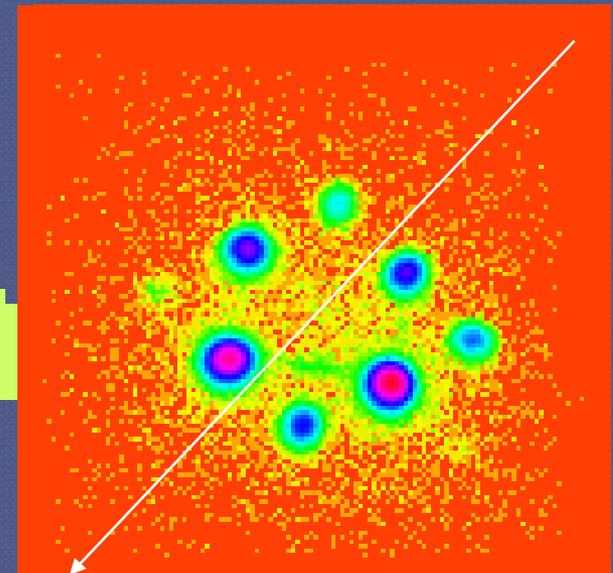
Кубический магнетик без центра инверсии со структурой типа $B20$ $MnSi$

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

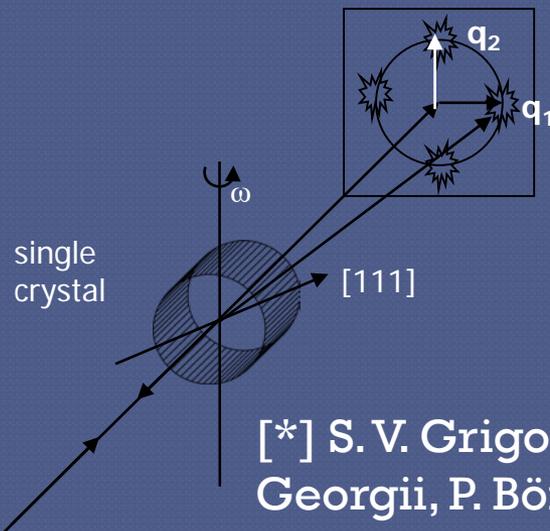


$T_C = 29$ K

$T = 10$ K

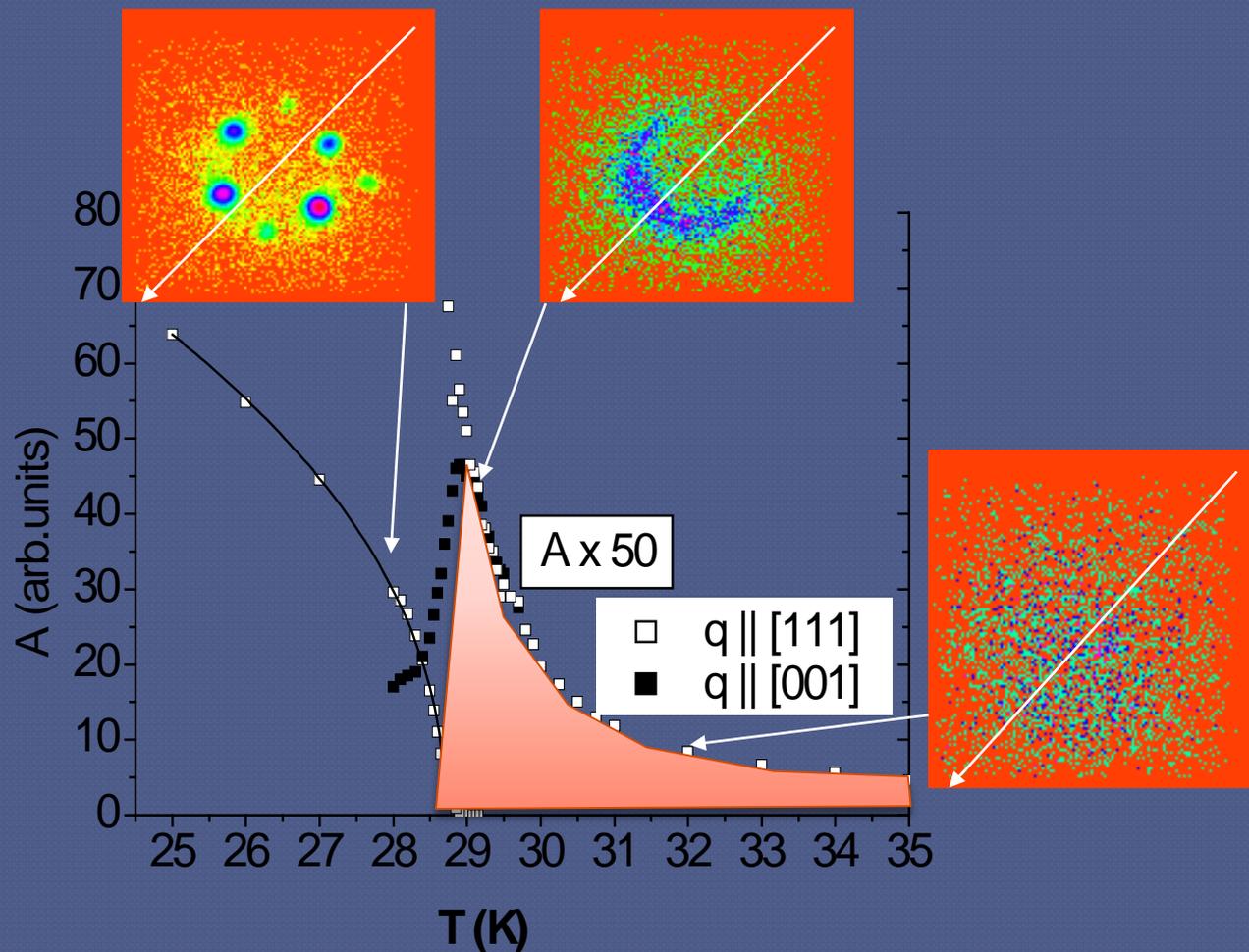


Карты МУРН на $MnSi$



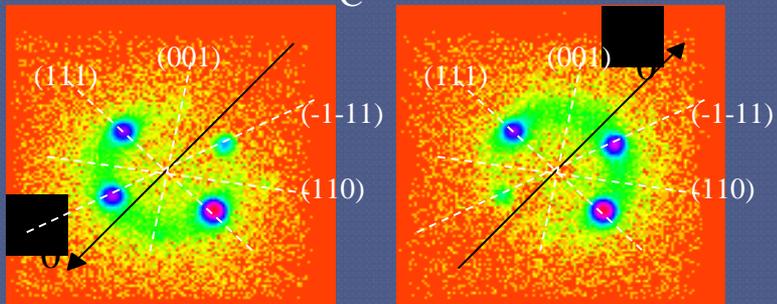
[*] S. V. Grigoriev, S. V. Maleyev, A. I. Okorokov, Yu. O. hetverikov, R. Georgii, P. Böni, D. Lamago, H. Eckerlebe, and K. Pranzas, RB 72, 134420 2005, *Critical fluctuations in MnSi near T_C : A polarized neutron scattering study*

Область критических флуктуаций

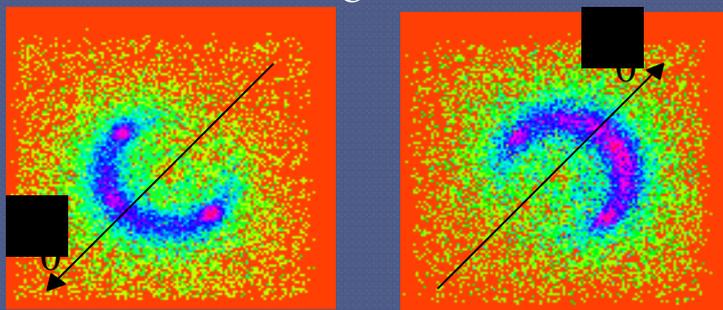


Квазиупругие критические флуктуации в магнетиках выше T_c

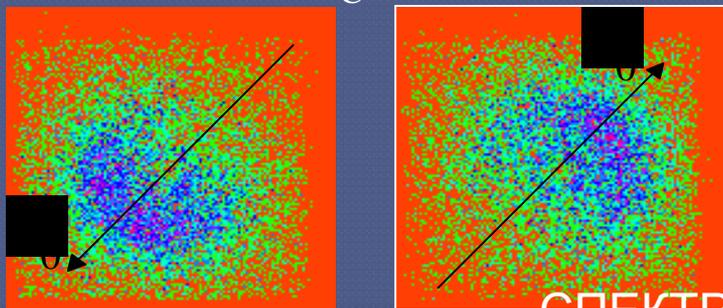
$T = T_c - 0.1\text{K}$



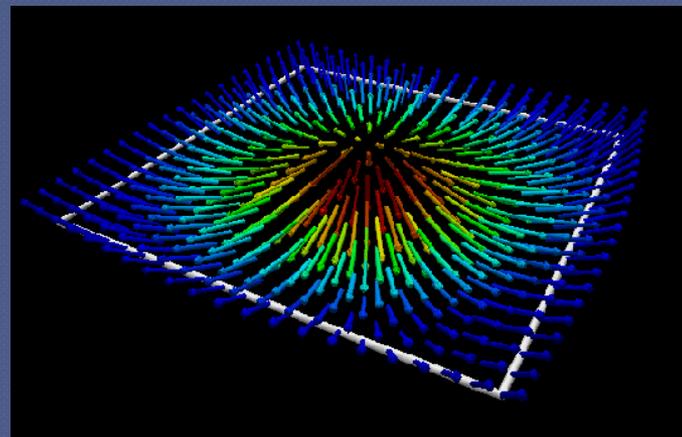
$T = T_c + 0.2\text{K}$



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



Флуктуация – локальное появление параметра порядка в конечном промежутке времени.



Корреляционная длина - ξ (SANS)
Время жизни - τ (обычно SE),
но и 3D анализ P

Формализм, описывающий изменение P при рассеянии на магнетиках

$e = q / |q|$, q – вектор переданного импульса

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

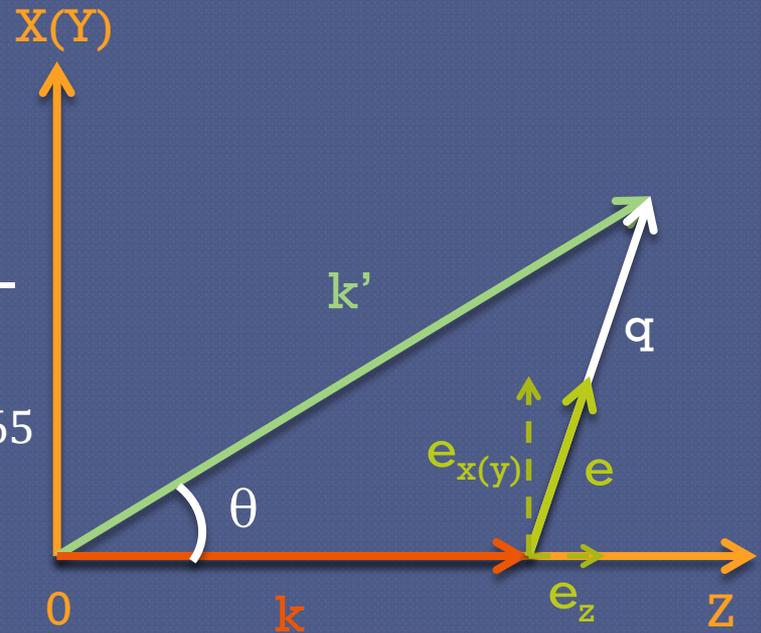
$P = -e(e P_0)$ уравнение Халперна-

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 $P_{x,y,z}$

[*] А.И. Okorokov, V.V. Runov, PRB, 297, (239-244), 2001

Формализм, описывающий изменение P при рассеянии на магнетиках

$k\theta=q$, ξ – корреляционная длина,

Γ – обратное время жизни, η – вектор спирали

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

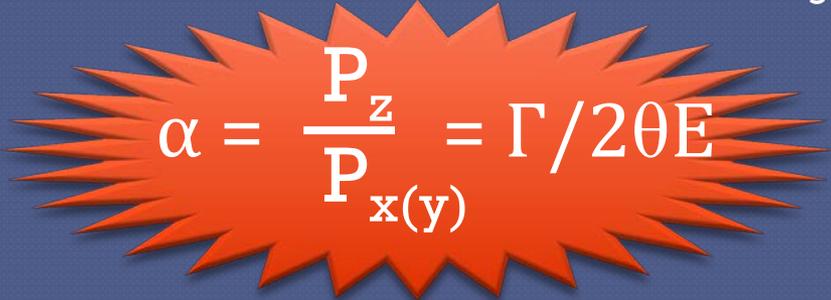
ферромагнетик

[*] 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

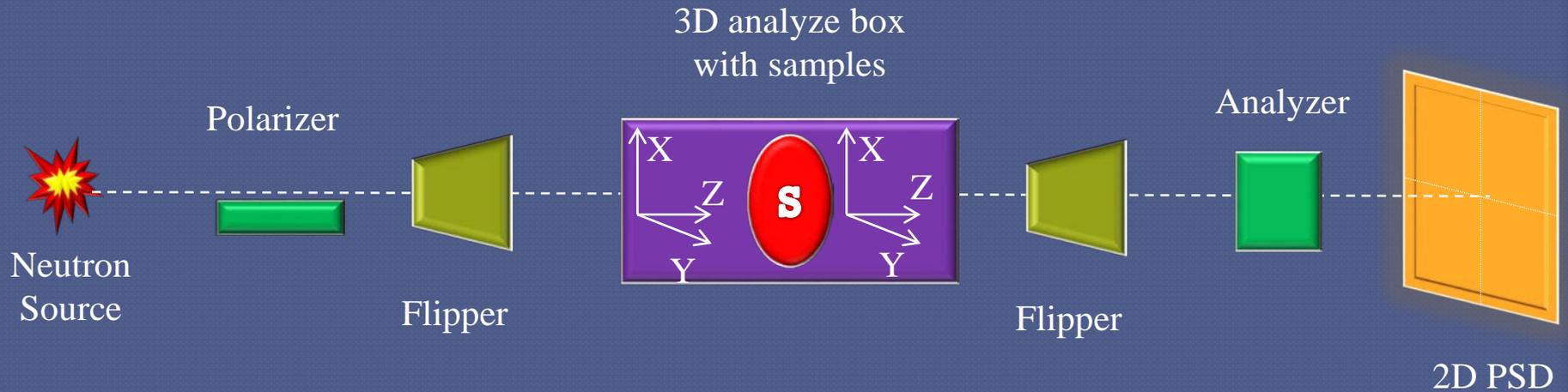
$$I = I_n + I_m + I_0$$

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

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

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

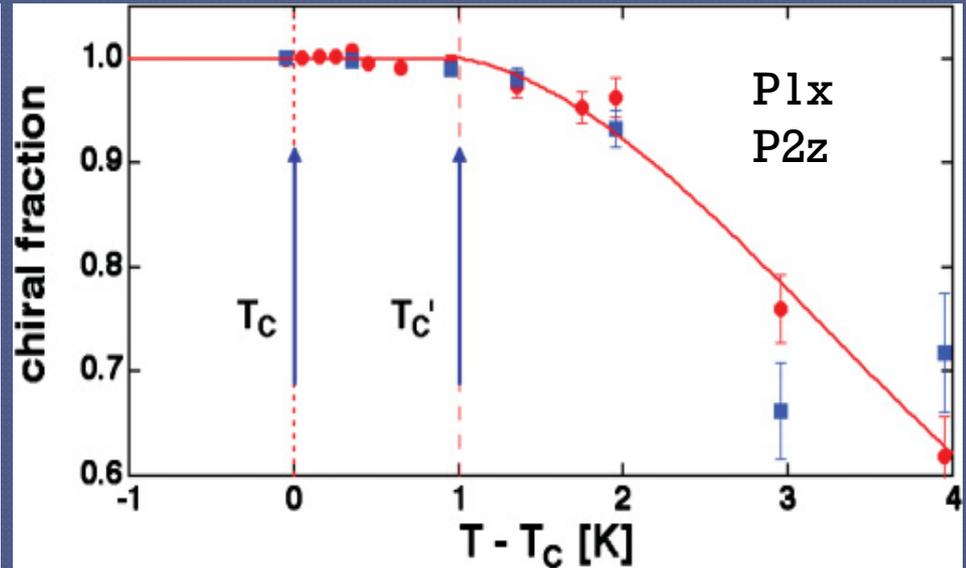
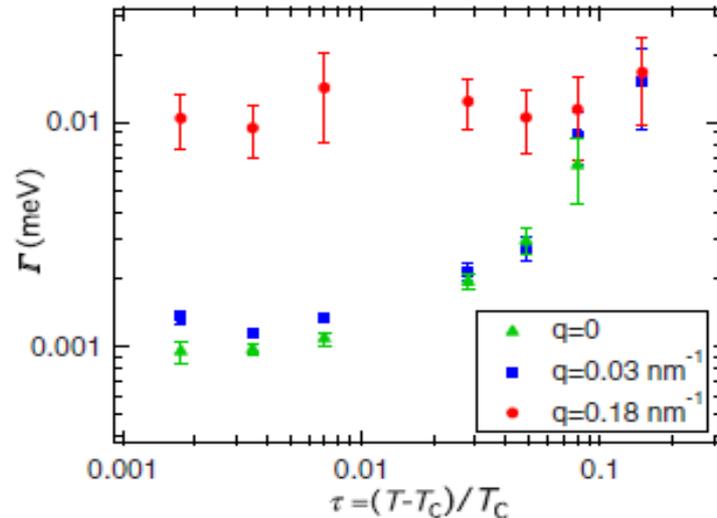
Схема измерений



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

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

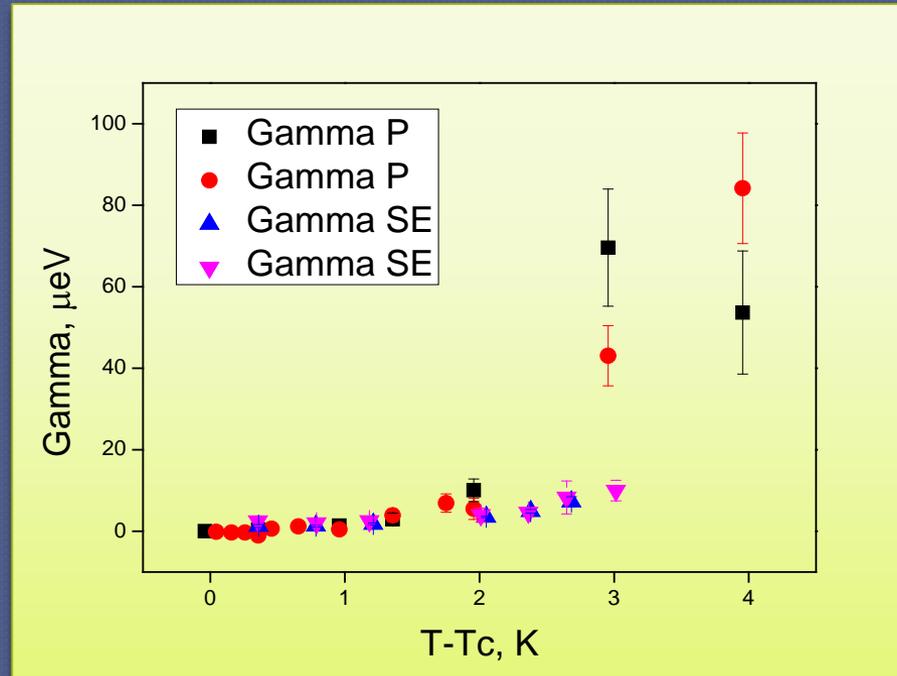
Эксперимент MnSi



[*] 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

[*] C. Pappas, E. Lelièvre-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

Эксперимент MnSi

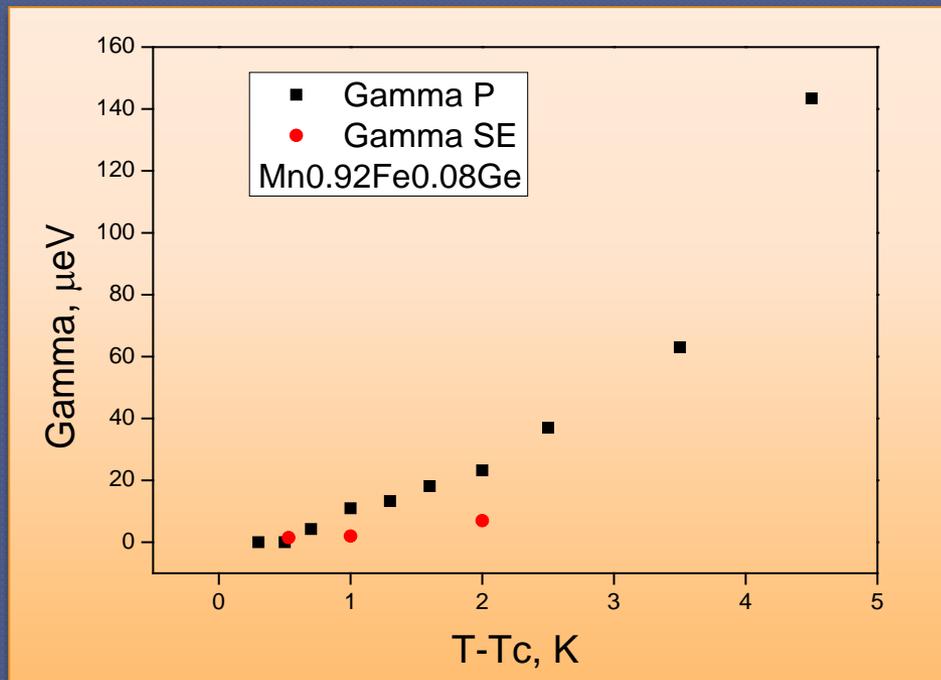


● ● - $\Gamma = 2E\theta P_x / (P_0 - P_x)$

● ● - данные

Нейтронного Спинового
Эха

Эксперимент $\text{Mn}_{0.92}\text{Fe}_{0.08}\text{Si}$



- - $\Gamma = 2E\theta P_x / (P_0 - P_x)$
- - 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 $\text{Mn}_{1-y}\text{Fe}_y\text{Si}$

Заключение

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

ECNS -2019

European Conference on Neutron Scattering
July 1 - 5, 2019 | St. Petersburg, Russia

**European Conference
on Neutron Scattering**
July 1-5, 2019
St. Petersburg, Russia



NATIONAL
RESEARCH CENTRE
«KURCHATOV INSTITUTE»



B.P. Konstantinov
Petersburg Nuclear Physics Institute
(PNPI)