

μ SR in PNPI in 2005

- μ SR-studies of local magnetic field distributions in $(Pd_xFe_{1-x})_{0,95}Mn_{0,05}$
- Ferroelectric and magnetic orderings in $HoMnO_3$
- Crystal structure and magnetic ordering of Mn and Ce in $La_{0,7}Ce_{0,15}Ca_{0,15}MnO_3$
- Muon depolarization in different plastic scintillates

HoMnO_3

B. Lorenz et al. Physical Review Letters, v.92(8), 2004.

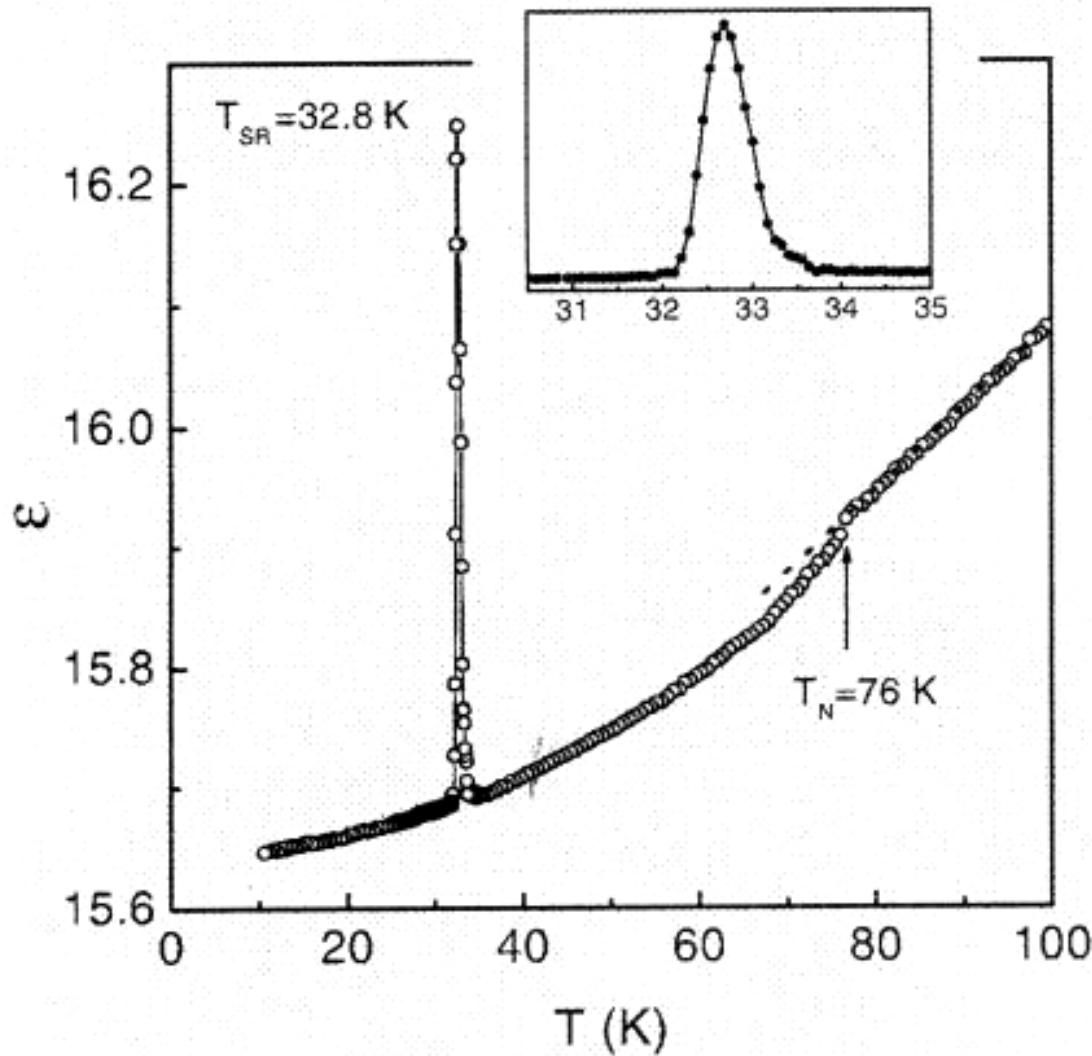
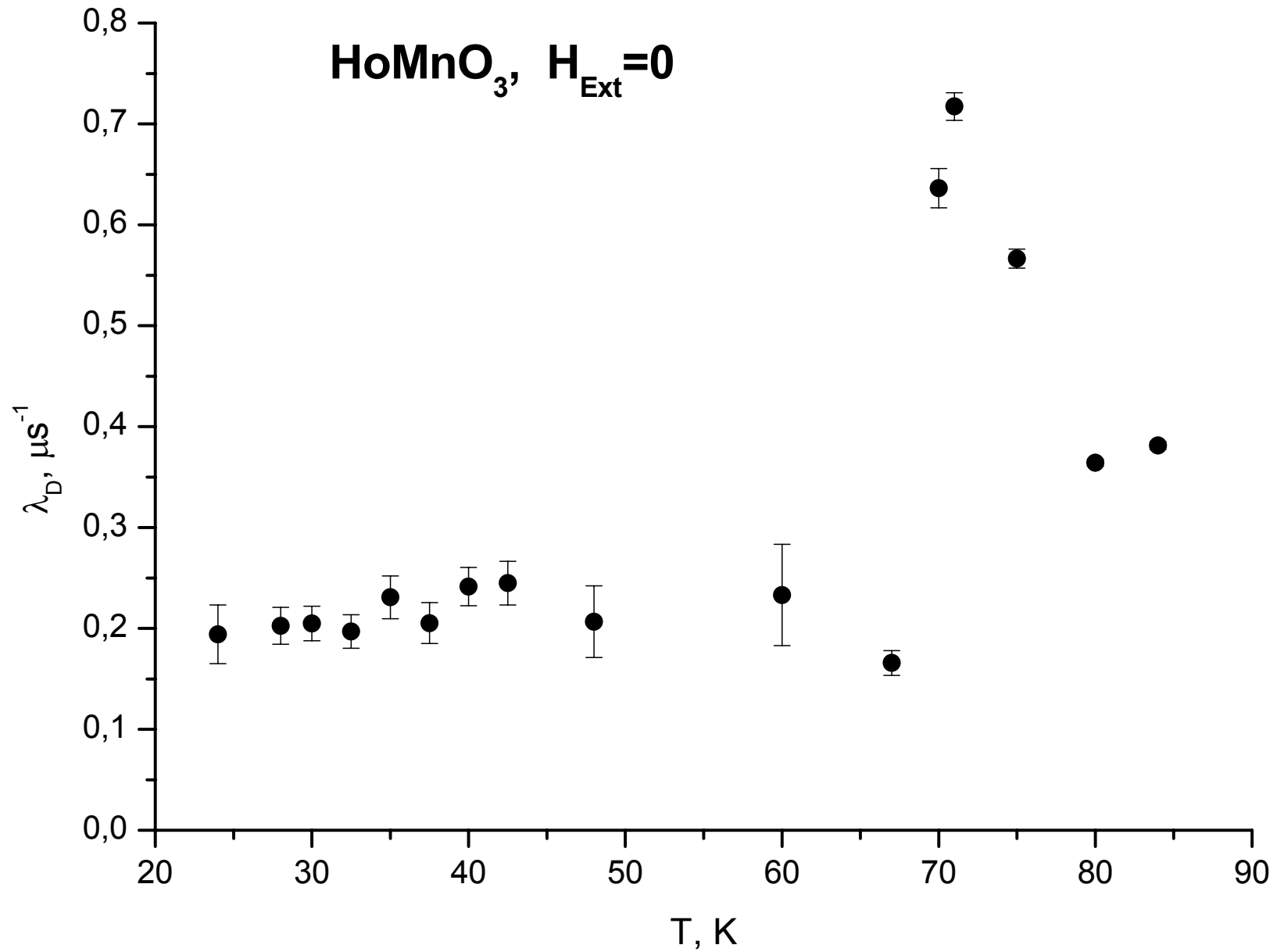
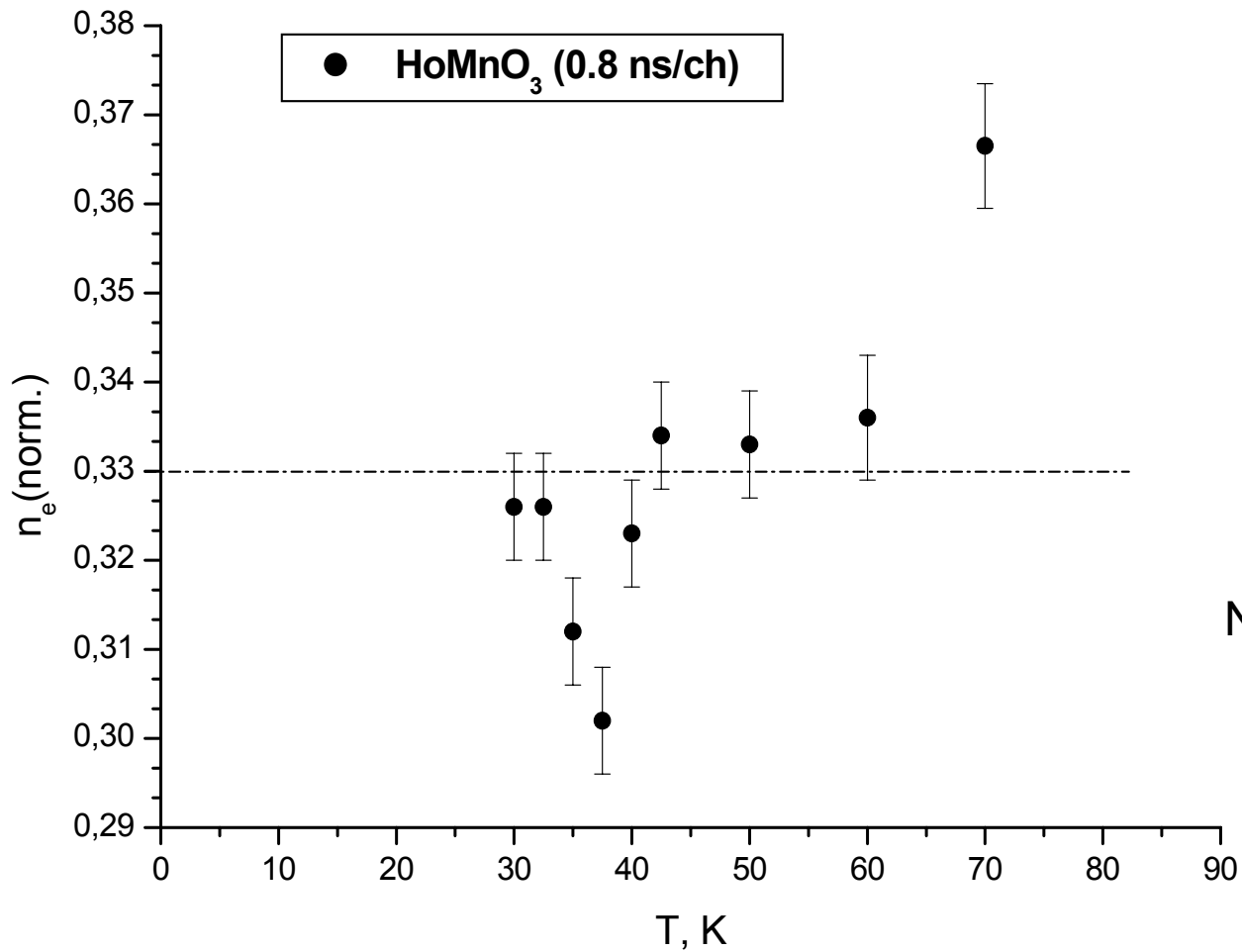


FIG. 1. Low-temperature dielectric constant of HoMnO_3 showing two anomalies at the onset of magnetic order (T_{N}) and the spin rotation transition (T_{SR}). Inset: details of the peak at T_{SR} .

HoMnO₃, H_{Ext} = 0



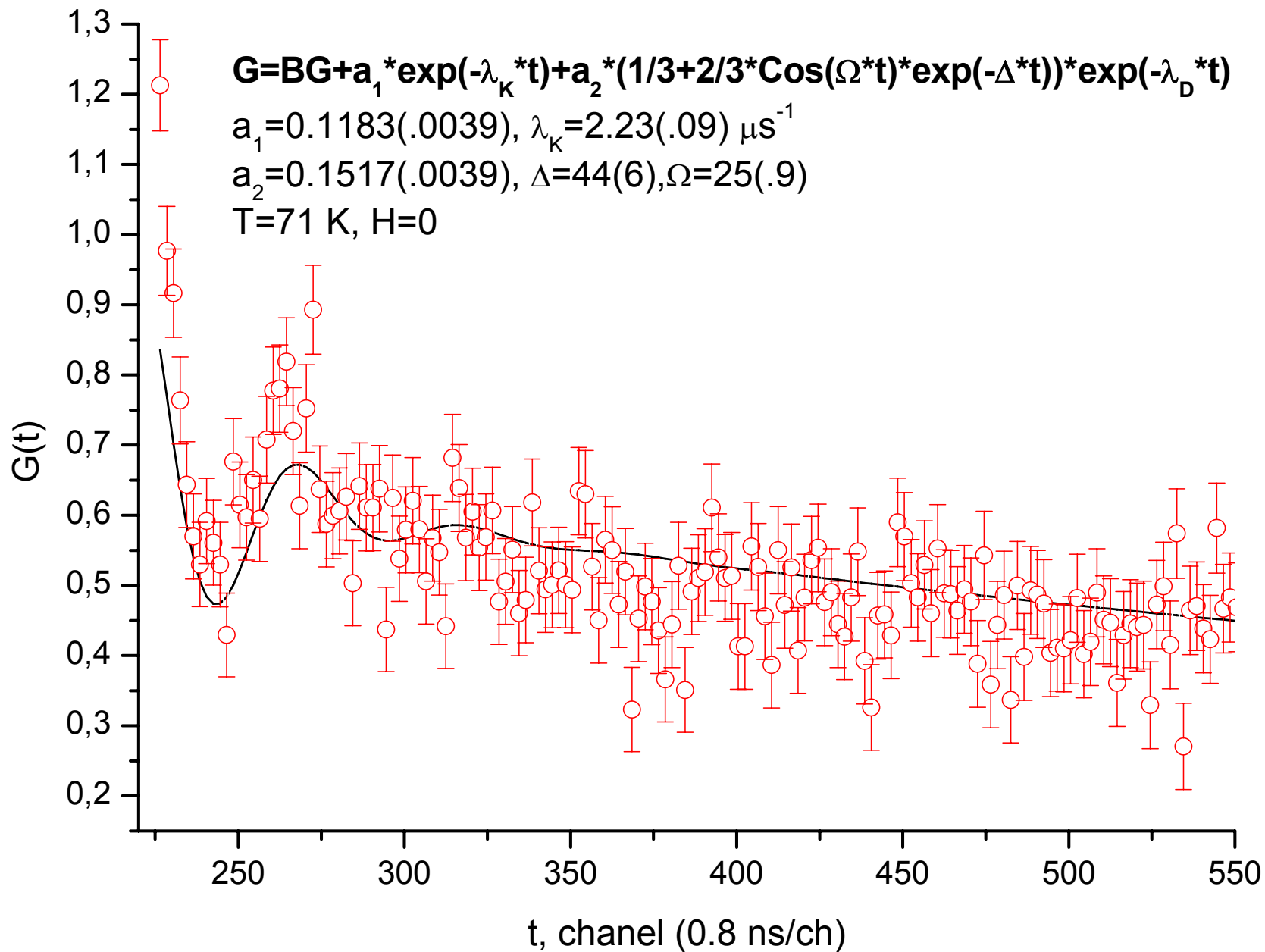


$$N_1 = \frac{1}{N_\mu} \cdot \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} N(t) \cdot dt$$

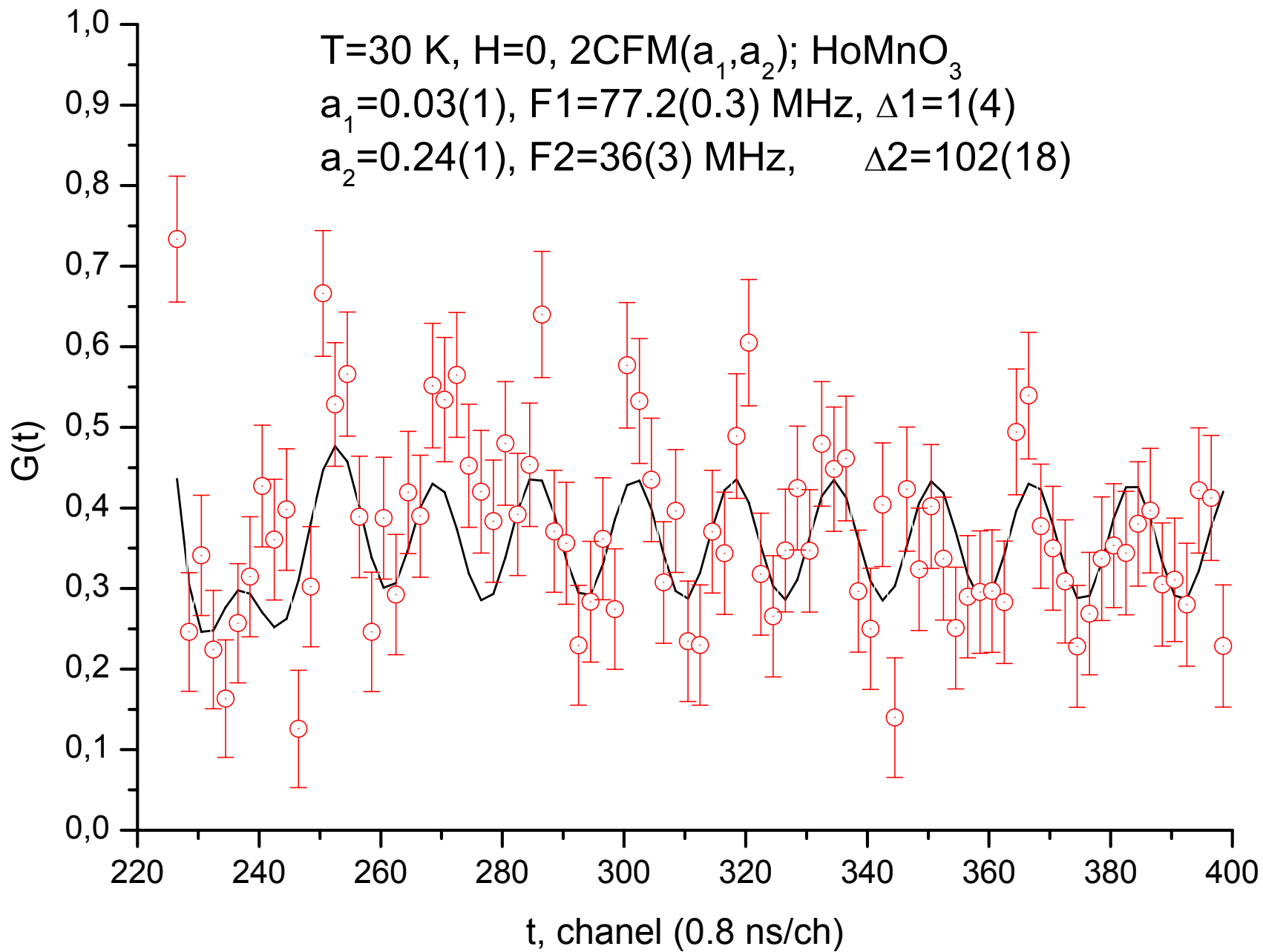
$$n_e = \frac{1}{a_0} \cdot \left(\frac{N_1}{N_{\min}} - 1 \right)$$

N_{\min} при $T \gg T_c$ и $H_\perp = 800$ Oe

$$0 \leq n_e \leq 1$$

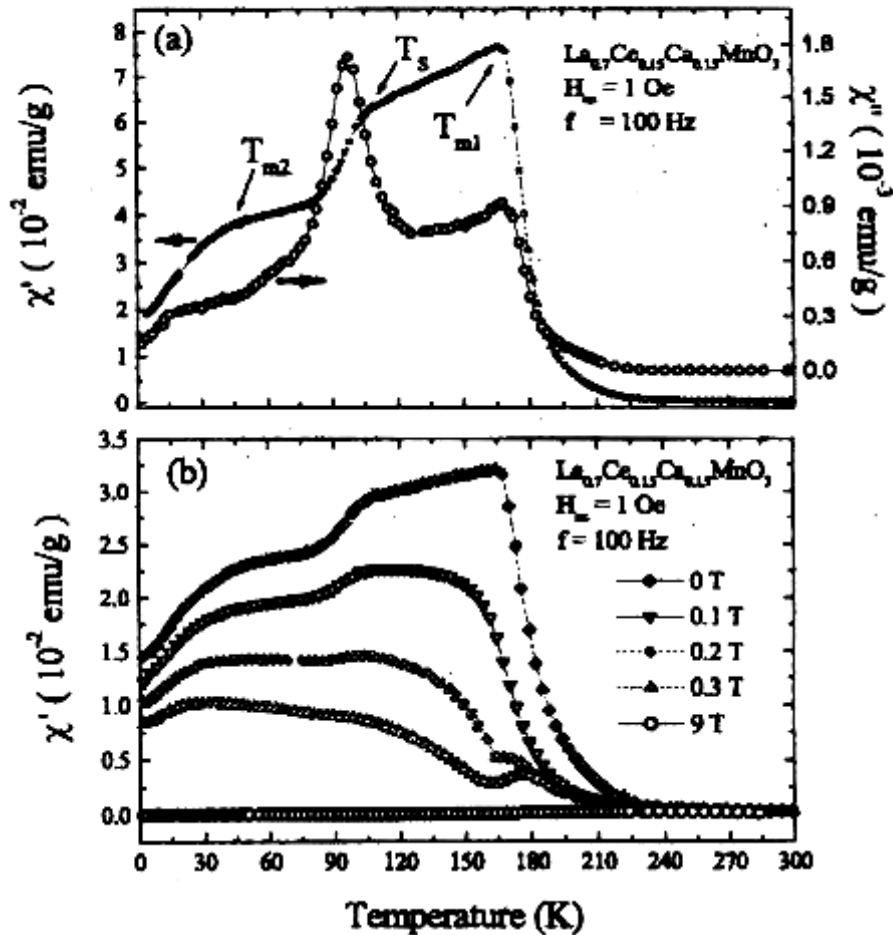


T=30 K, H=0, 2CFM(a_1, a_2); HoMnO₃
 $a_1=0.03(1)$, F1=77.2(0.3) MHz, $\Delta 1=1(4)$
 $a_2=0.24(1)$, F2=36(3) MHz, $\Delta 2=102(18)$



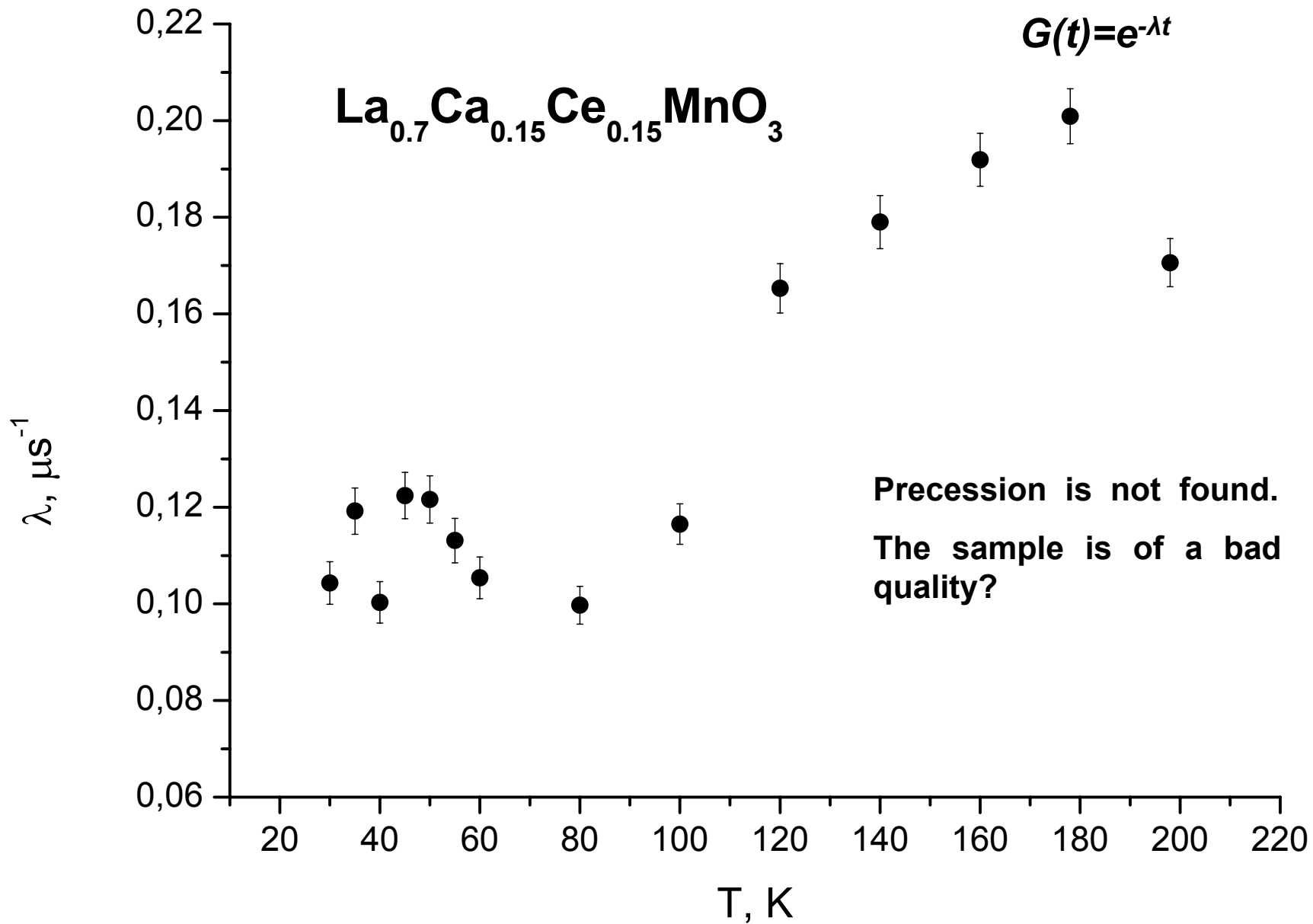
Crystal structure and magnetic ordering of Mn and Ce

in $\text{La}_{0.7}\text{Ce}_{0.15}\text{Ca}_{0.15}\text{MnO}_3$

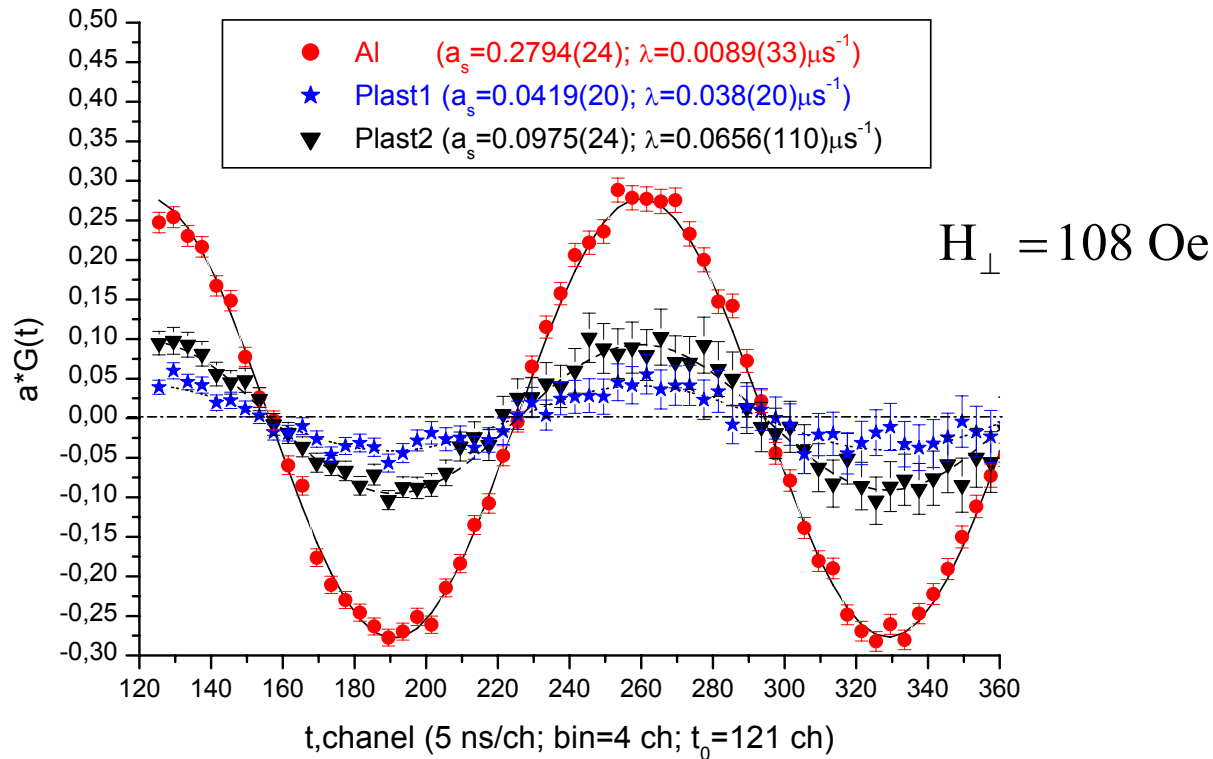


S.Y. Wu et al. *J.Phys.: Condens Matter* **14** (2002) 12585-12597

Figure 3. (a) Temperature dependences of χ' and χ'' , measured using a weak driving field rms strength of 1 Oe and a frequency of 100 Hz. Three anomalies marked as T_{m1} , T_S and clearly evident. (b) Effect of applied field on $\chi'(T)$. H_{dc} significantly alters $\chi'(T)$, with and T_{m2} affected differently.

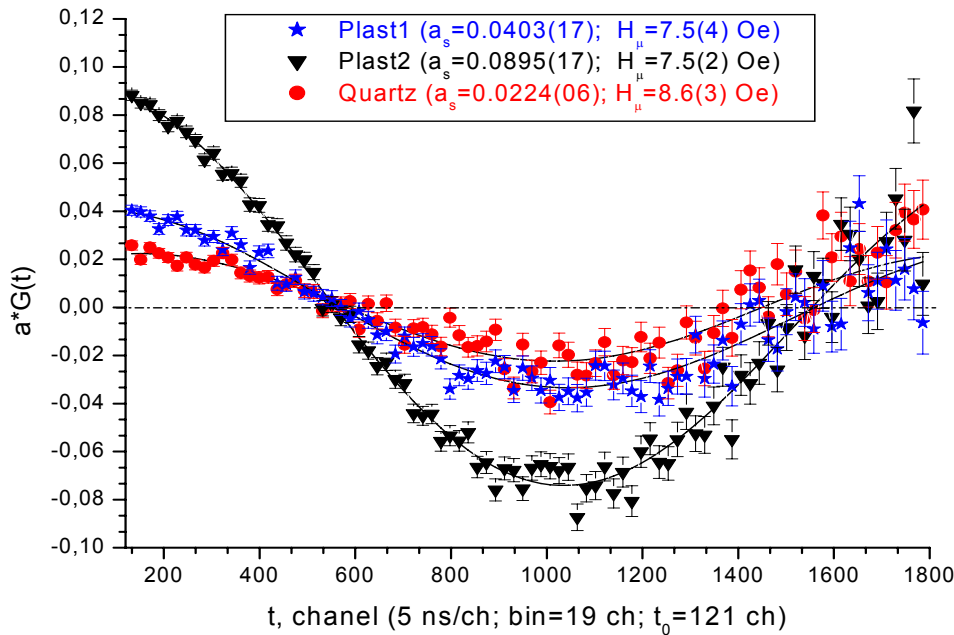
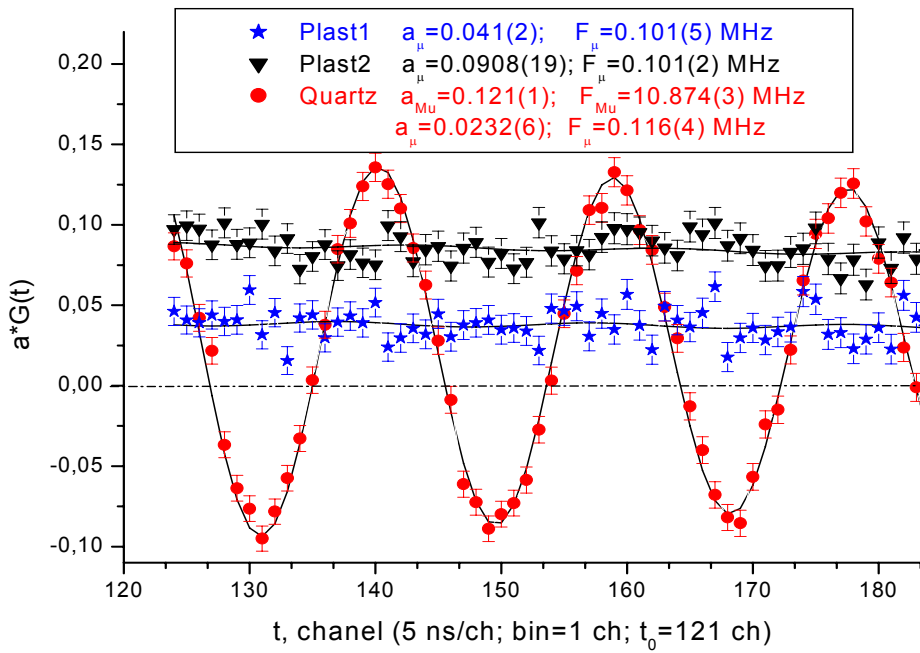


Muon depolarisation in different plastic stinillators



МАТЕРИАЛ	P_{μ}	Работа
Плекс	0.5	<i>Г.Г. Мясищева и др. ЖЭТФ. 56(4), с.1199, (1969)</i>
Полистирол	0.2÷0.24	<i>Г.Г. Мясищева и др. ЖЭТФ. 56(4), с.1199, (1969)</i>
Plast1	0.33	
Plast2	0.15	
Quartz	0.11	

Search for muonium: $H_{\perp} = 7.5$ Oe



MATERIAL	H_{μ} , Oe
Plast1	7.5(4)
Plast2	7.5(2)
Quartz	8.6(3)

μ SR-studies of local magnetic field distributions in $(Pd_xFe_{1-x})_{0,95}Mn_{0,05}$

S.I. Vorobyev

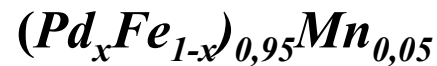
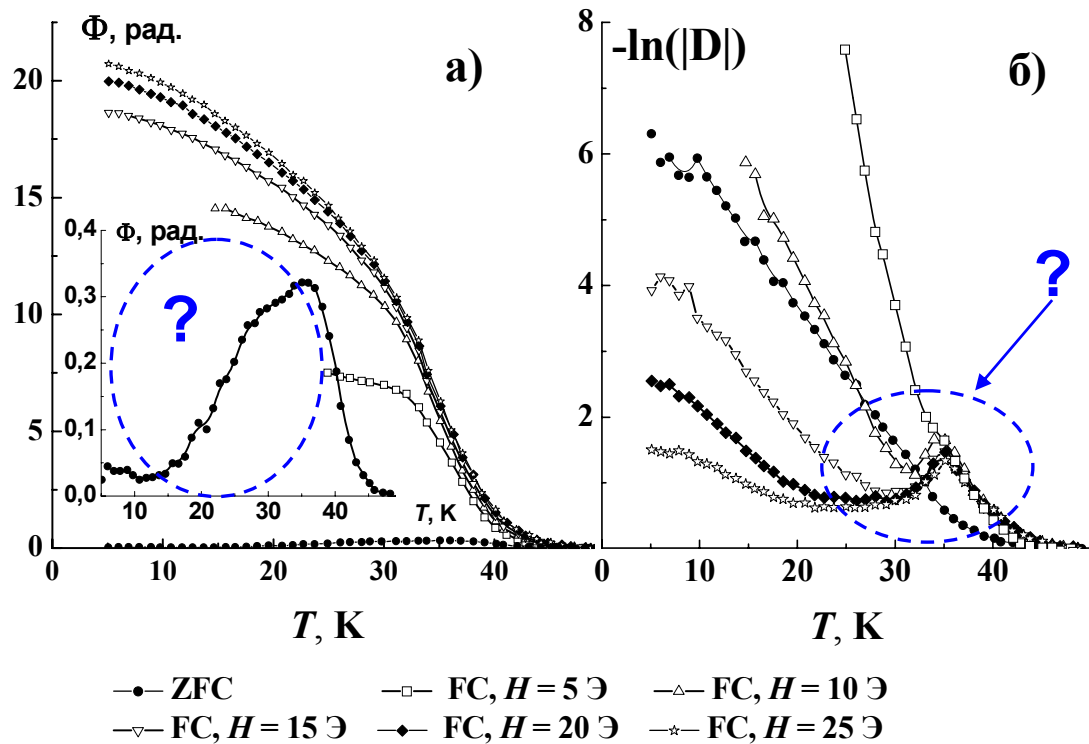
Abstract

Muon spin relaxation method in transverse and zero field has been used to study $(Pd_xFe_{1-x})_{0,95}Mn_{0,05}$ alloy with random competing exchange interactions. The temperature dependence of dynamic relaxation rate λ and behavior of characteristics of local static field distributions allowed to determinate details of magnetic phase state.

Аннотация

Методом измерения релаксации спина мюона в нулевом и поперечном внешнем магнитном поле проведено исследование сплава $(Pd_xFe_{1-x})_{0,95}Mn_{0,05}$ со случайным конкурирующим взаимодействием. Изучение зависимости скорости динамической релаксации λ и характеристик распределения локальных статических полей позволило уточнить фазовые состояния исследуемого образца.

Поляризованные нейтроны

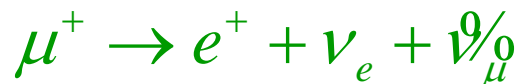


1. Восприимчивость дает два перехода:
 $T = 39$ К (P → FM),
 $T = 7 \div 10$ К (FM → SG).
2. Уменьшение деполяризации нейтронов: при $T < 28$ К
3. Наблюдается гистерезис.

Рис.1. Температурные зависимости угла поворота Φ (а) и деполяризации $-\ln(|D|)$ (б).

μ SR-метод:

- Измерялись временные распределения позитронов $N_e(t)$, образовавшиеся при распаде:



$$N_e(t) = [N_0 \cdot \exp(-t / \tau_\mu)] \cdot [1 + a_s \cdot G_s(t) + a_f \cdot G_f(t)] + \Phi$$

N_0 – нормировочная константа;

$\tau_\mu \sim 2,197 \cdot 10^{-6} \text{с}$ – время жизни мюона;

a_s, a_f – асимметрия распада мюонов, остановившихся в образце (a_s) и её фоновая компонента (a_f) (в основном в стенках криостата);

$G_s(t), G_f(t)$ – соответствующие функции релаксации поляризации для мюонов остановившихся в образце и фоновых источниках;

Φ – фон случайных совпадений (для данного образца $\approx 0,6\%$);

Полная начальная асимметрия: $a_{tot} = a_s + a_f$

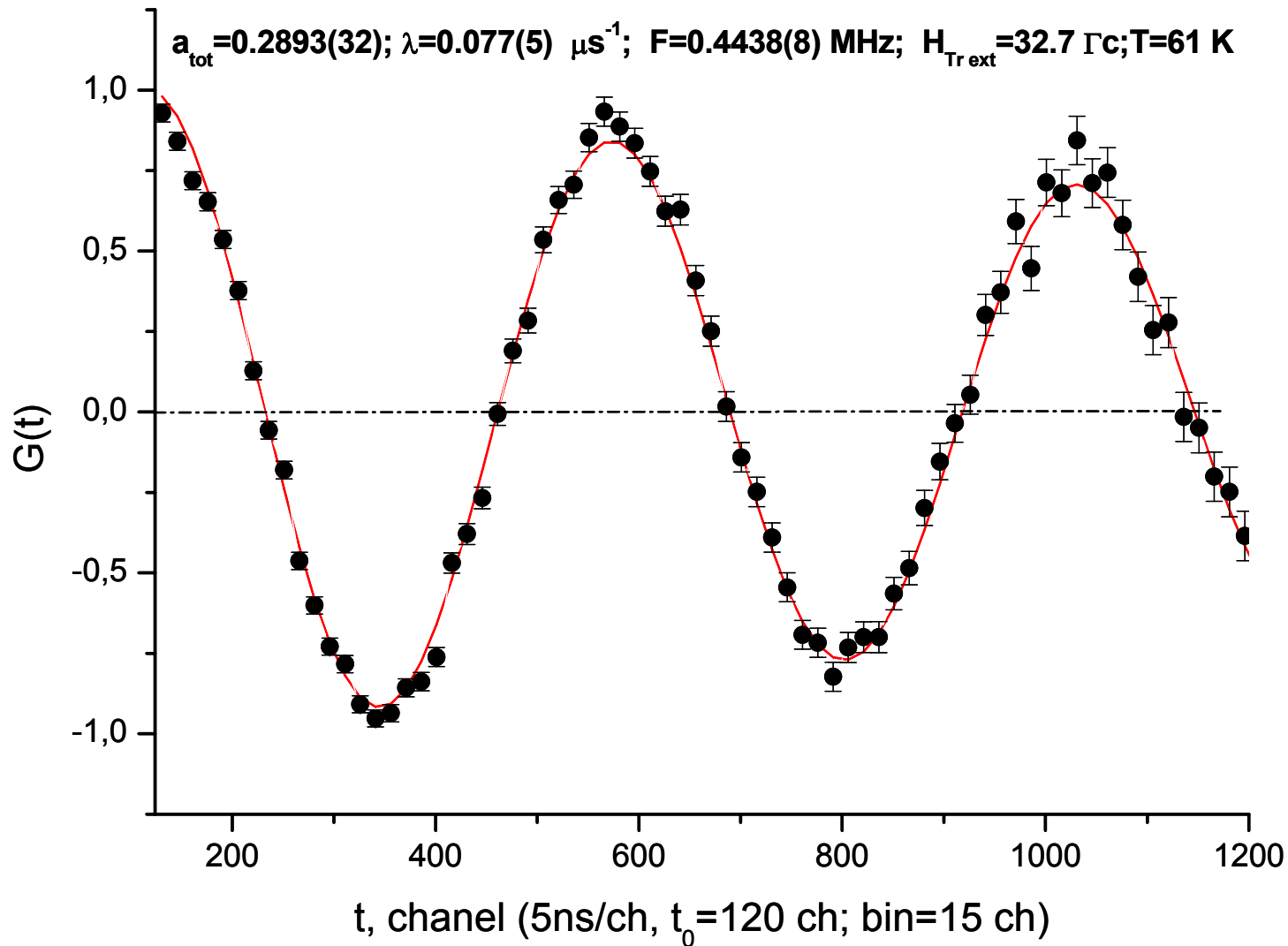


Рис.2. Прецессия спина мюона во внешнем магнитном поле
 $H_{\perp \text{ext}} = 32.2 \text{ Гс}$ при $T = 61 \text{ K}$, $a_{\text{tot}} = a_s + a_f$.

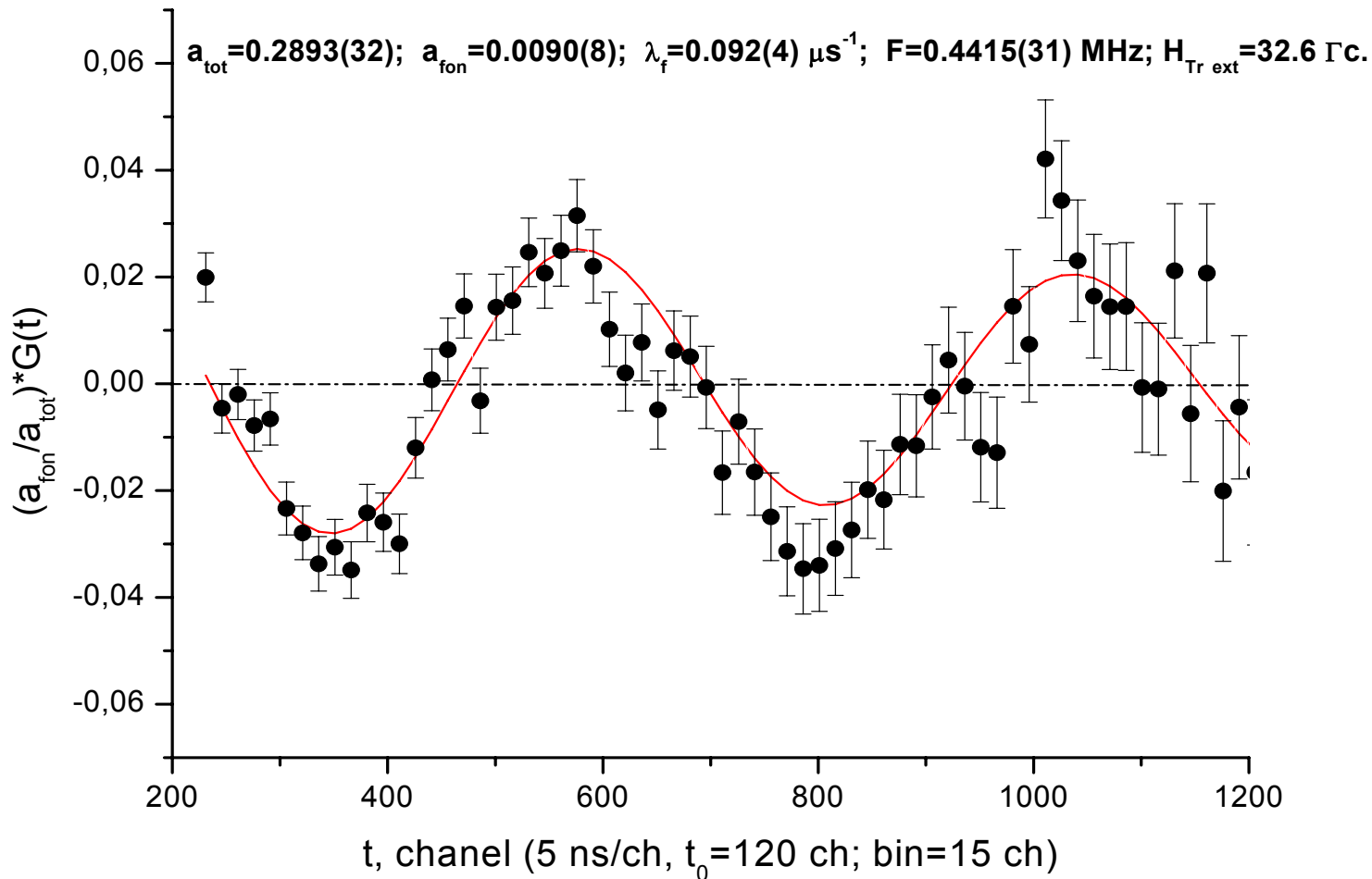


Рис.3. Прецессия спина мюона во внешнем магнитном поле $H_{\perp\text{ext}}=32.6 \text{ Гс}$ при $T=35 \text{ К}$.

Для получения параметра a_f начало обработки спектра $N_e(t)$ следует переместить в сторону больших времён (\sim на 350ns), где вклад от прецессии спина мюонов, остановившихся в образце мал.

$$a_f/(a_s+a_f)\approx 3 \%$$

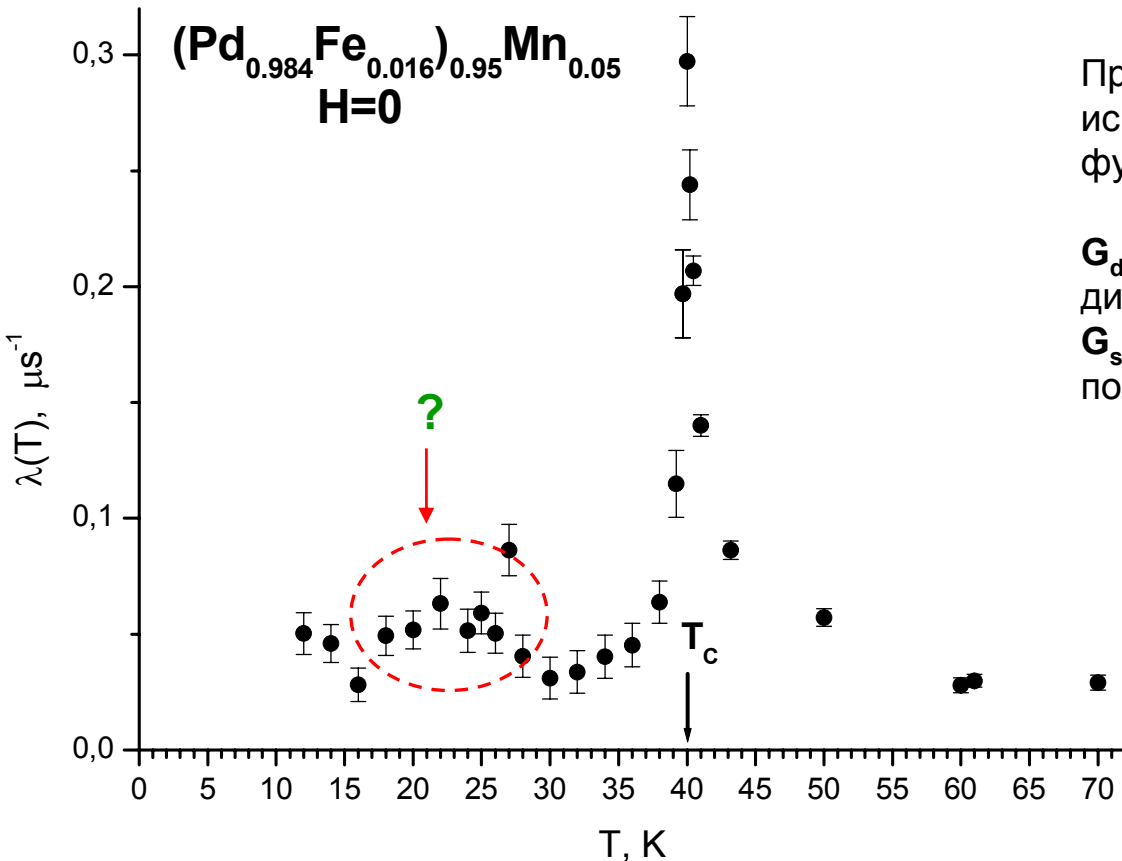


Рис.4. Температурная зависимость динамической скорости релаксации λ .

При анализе экспериментальных данных используют предположение о факторизации функции релаксации :

$$G_s(t) = G_d(t) * G_{st}(t)$$

G_d -описывает релаксацию, обусловленную динамическими эффектами;

G_{st} -функция релаксации в статических полях.

$$G_d(t) = \exp(-\lambda t)^k, \quad k - \text{от } 0 \text{ до } 2.$$

В нашем случае достаточно $k=1$.

Внутри FM появляется SG, т.е. еще один переход FM-ASFM при $T < 28$ K отклонение от ферромагнетика?

Нужно отметить высокую однородность изготовленного образца

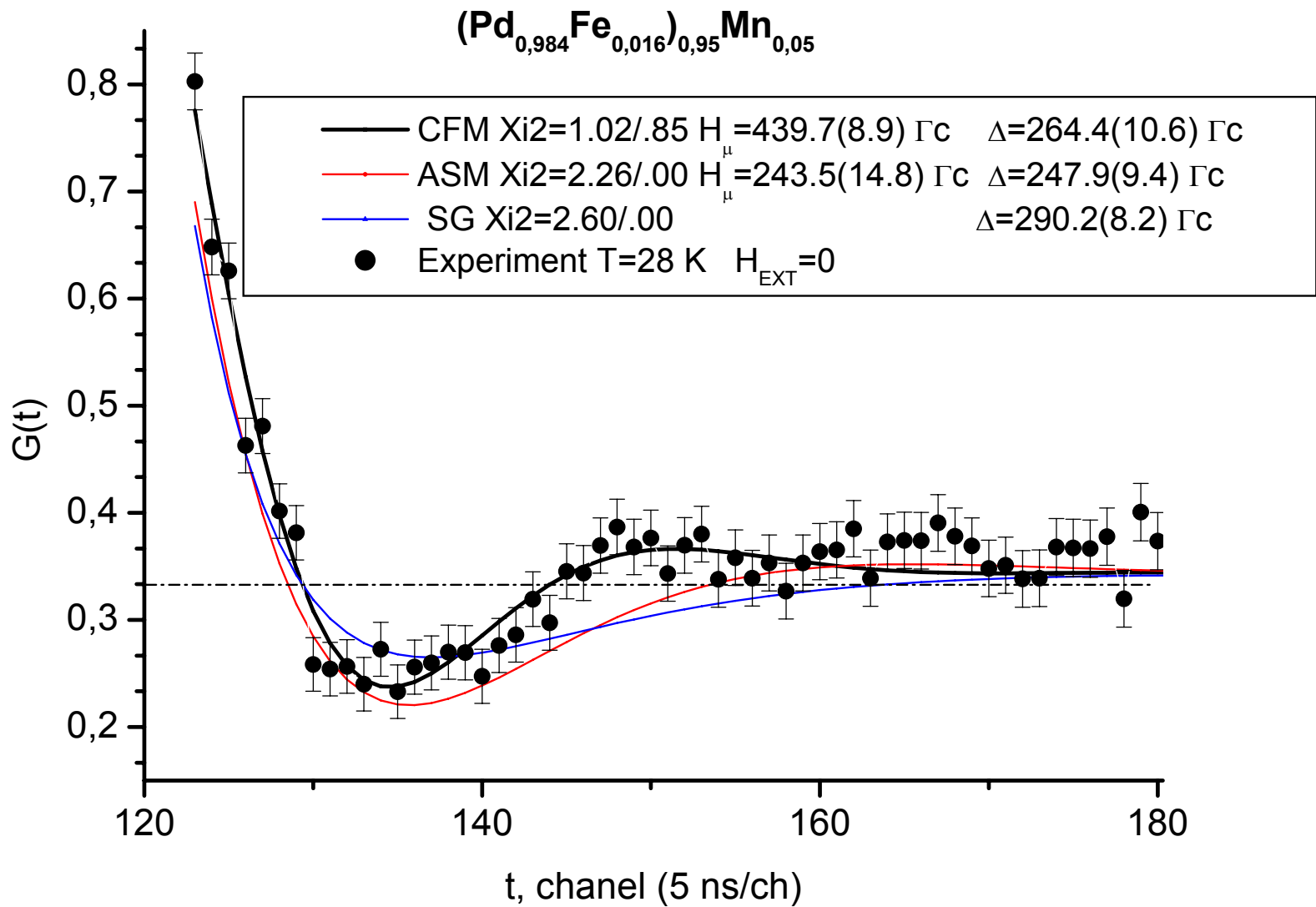


Рис.5. Вид функции релаксации спина мюона при $T=28$ К в $H_{\text{ext}}=0$.

Коллинеарный ферромагнетик: $G_s(t) = \left[\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot (\cos \Omega \cdot t \cdot e^{-\Delta \cdot t}) \right] \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

При $T \geq 28$ К.

$$G_s(t) = \left[\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot (\cos \Omega \cdot t \cdot e^{-\Delta \cdot t}) \right] \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

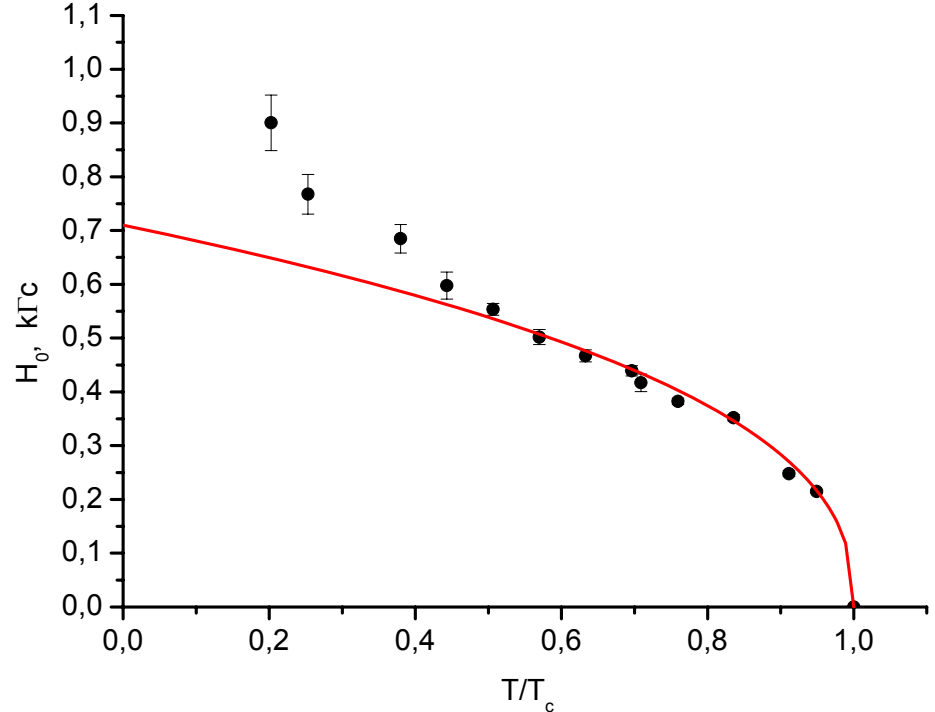
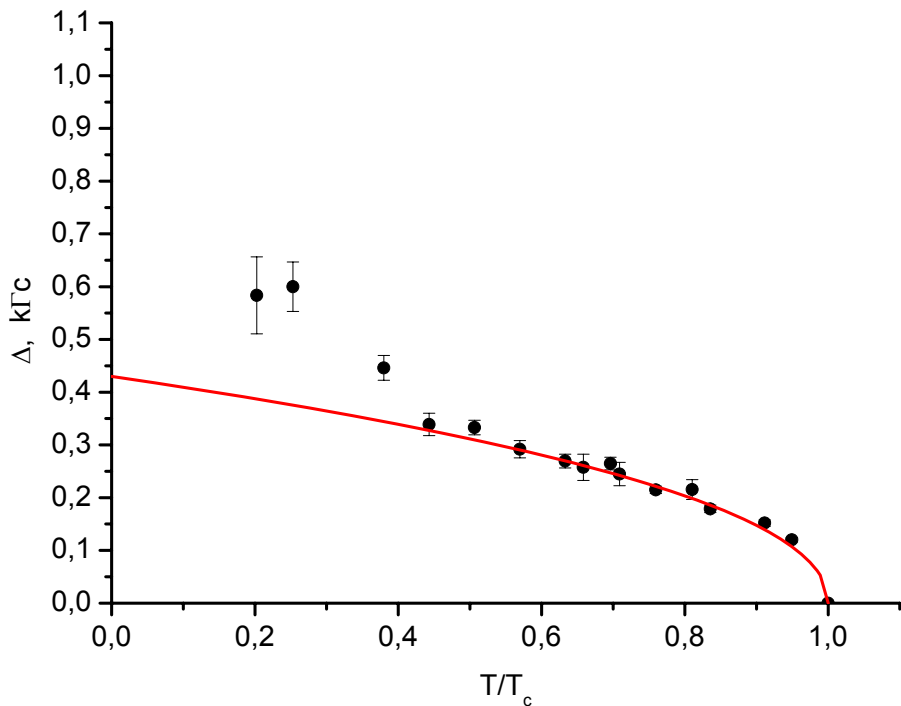


Рис.6 и 7. Зависимость разброса Δ статических полей и величины среднего поля H от T .

Кривые есть аппроксимация экспериментальных данных при помощи: H (или Δ) $\sim (1-T/T_c)^\beta$, где $\beta = 0.40 \pm 0.02$ - это соответствует 3d-магнетику Гейзенберговского типа

При $T < 28$ К отклонение от ферромагнетика.

(Совместный анализ деполяризации нейтрона и мюона использован для определения размеров доменов ~ 10 мкм)

CFM+SG

$$G_s(t) = a_{FM} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot \cos(H_0 \cdot t) \cdot e^{-\Delta \cdot t} \right) + a_{SG} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot (1 - \Delta \cdot t) \cdot e^{-\Delta \cdot t} \right)$$

$a_{FM} + a_{SG} = a_0$ - начальная асимметрия распада
фоновая компонента уже вычтена

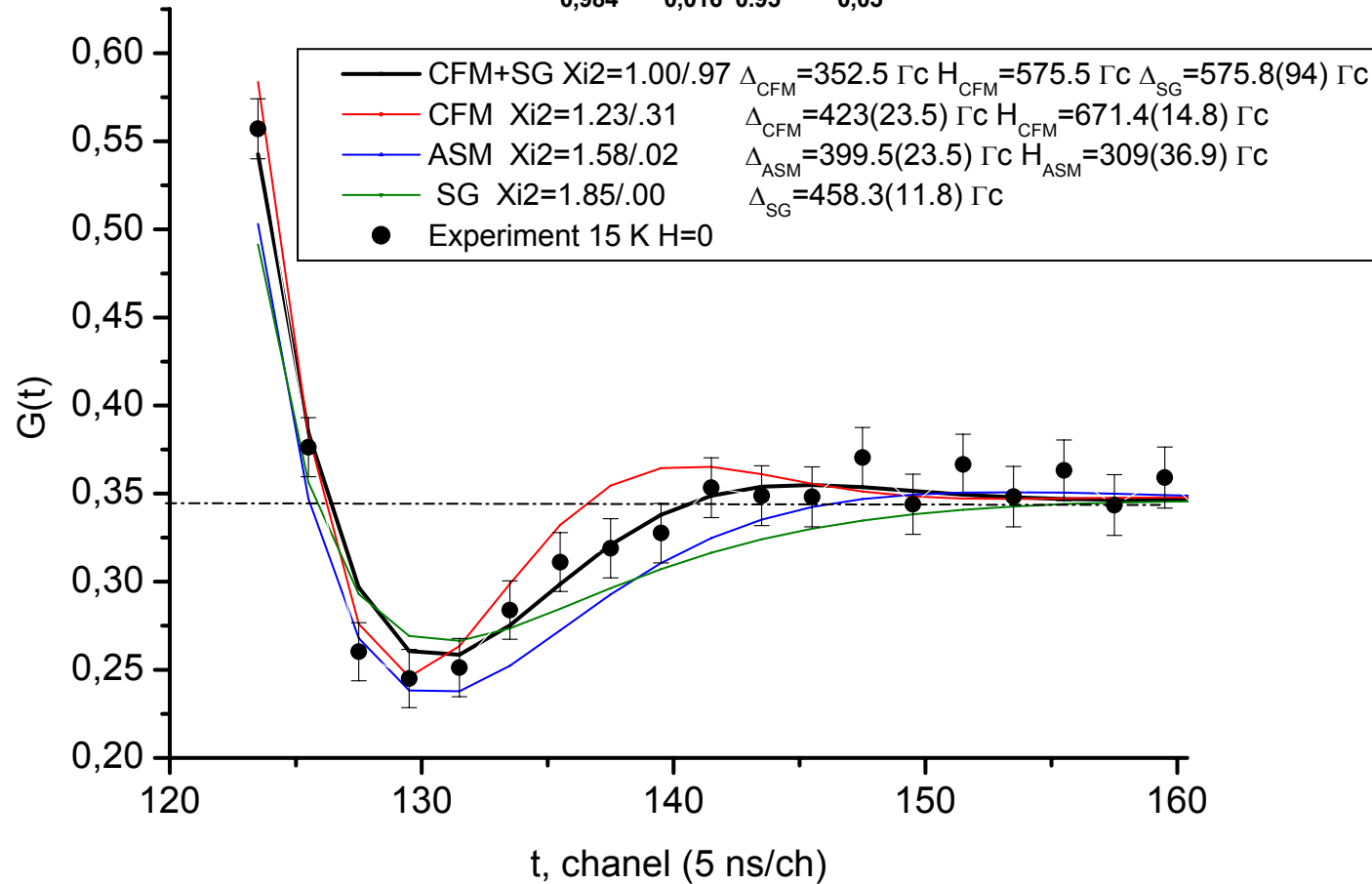
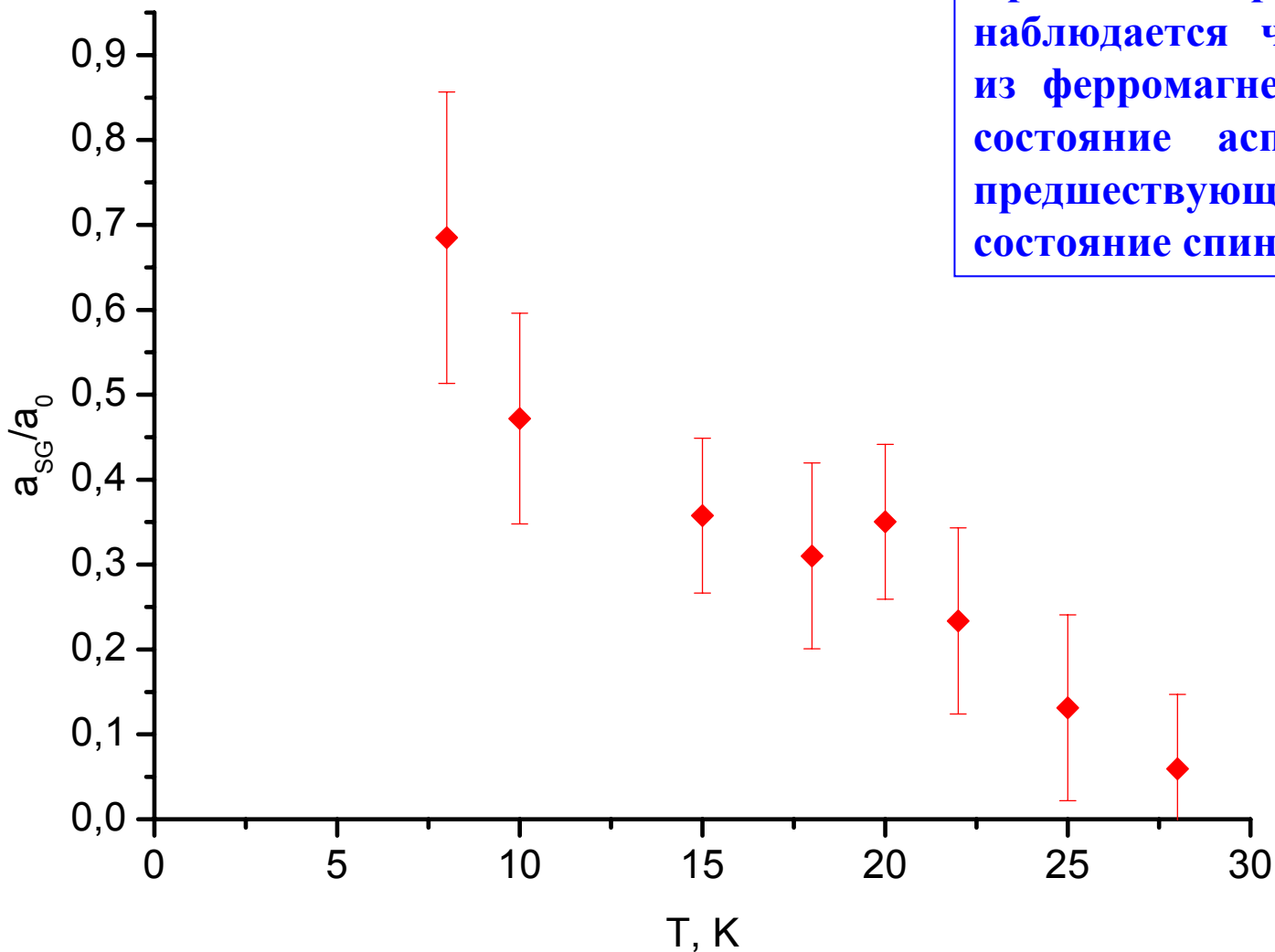


Рис.8. Вид функции релаксации спина мюона при T=15 K описанной через сумму двух функций CFM+SG.



При температуре $T \sim 28$ К наблюдается частичный переход из ферромагнетного состояния в состояние асперомагнетика (?), предшествующего переходу в состояние спинового стекла.

Рис.9. Температурная зависимость доли спин-стекольного вклада в деполяризацию ансамбля мюонов.

$$G_s(t) = a_1 \cdot e^{-\lambda \cdot t} + a_2 \cdot \cos \Omega t \cdot e^{-\lambda \cdot t} \cdot e^{-\Delta \cdot t}$$

$a_f + a_1 + a_2 = a_{\text{tot}}$ - полная начальная асимметрия распада, фоновая составляющая вычтена

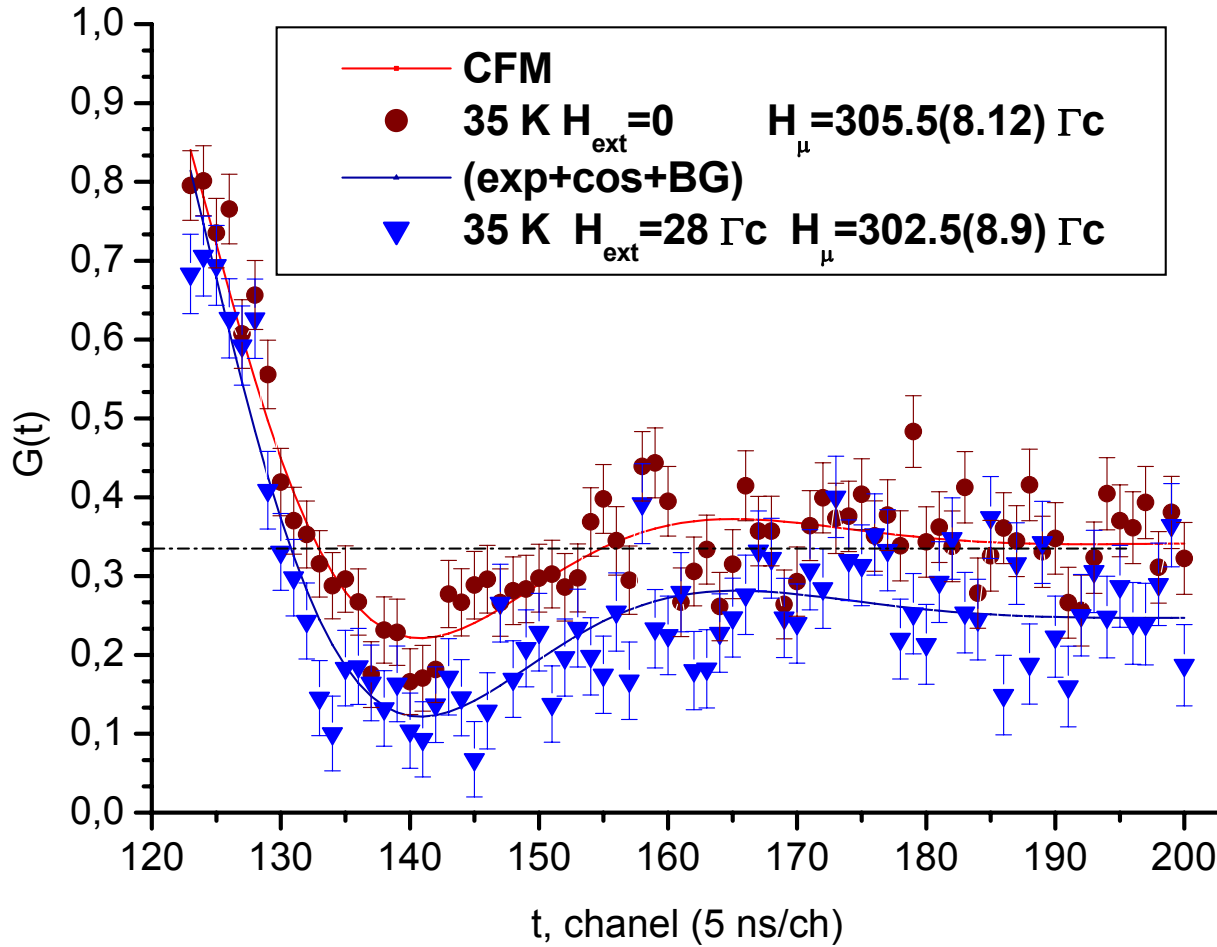
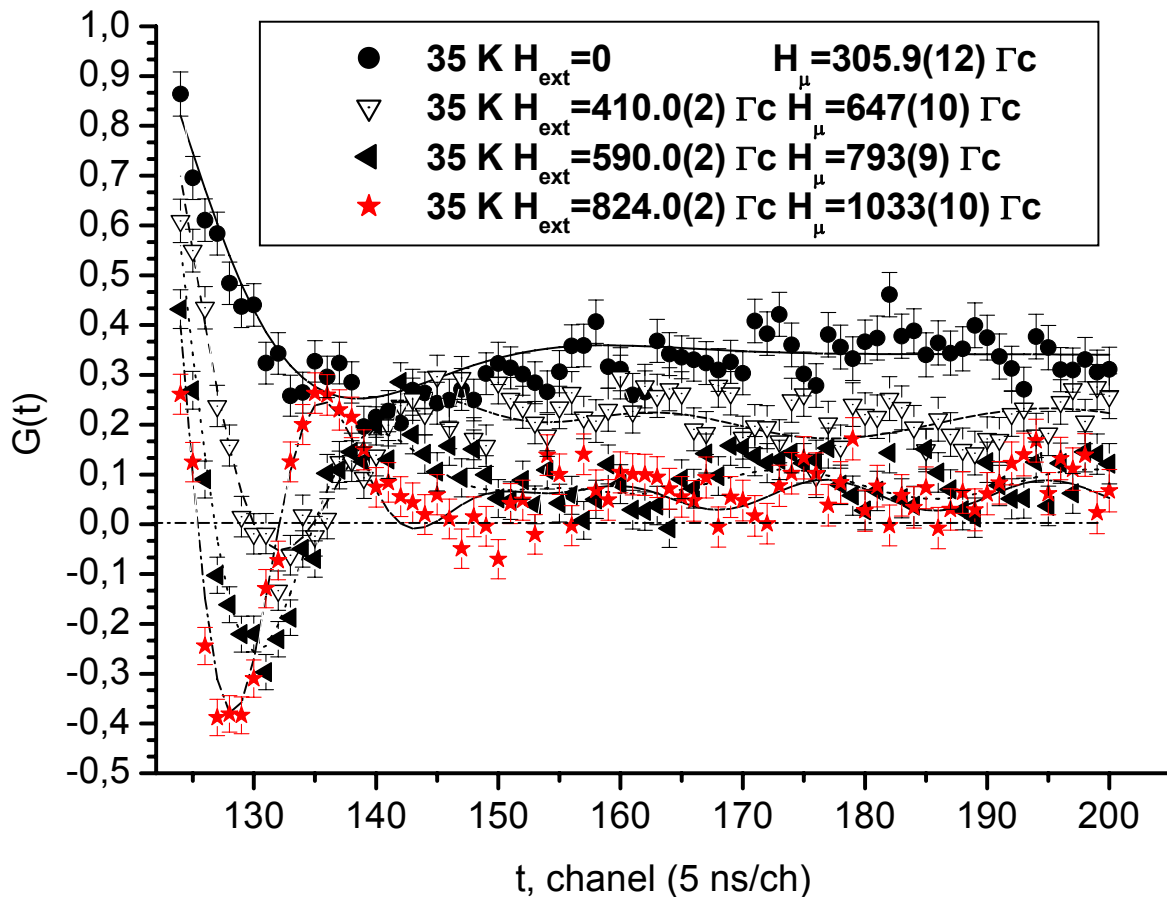
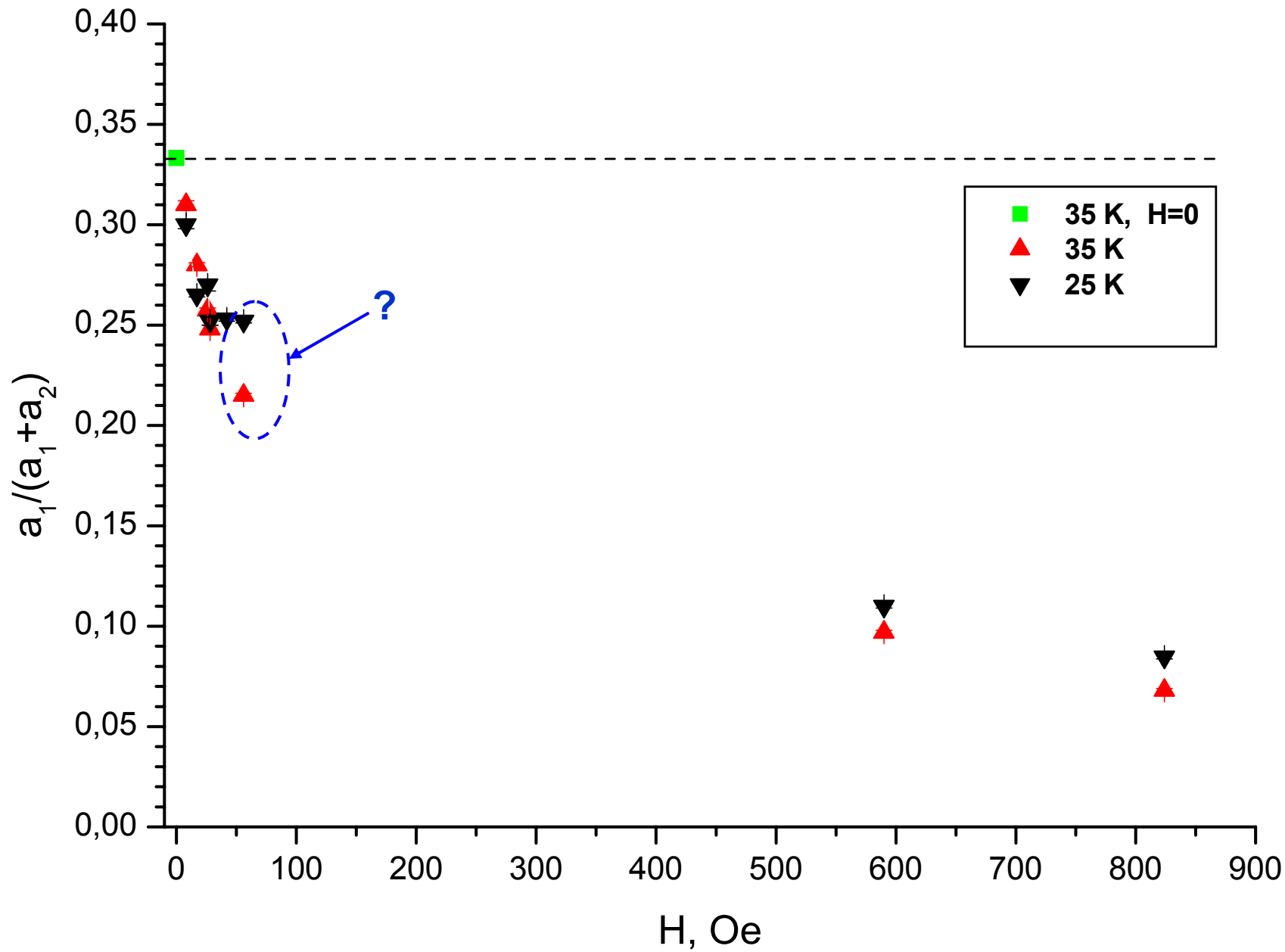


Рис.10. Сравнение вида функции релаксации для внешних полей $H_{\text{ext}} = 0$ и $H_{\text{ext}} = 28 \text{ Гс}$ при $T = 35 \text{ К}$.



Видно, что при $H_{\perp} \sim 800$ Гс происходит почти полная выстройка доменов по направлению приложенного поля

Рис.11. Вид функции релаксации для различных внешних полей.



Заключение:

- *Исследование сплава $(Pd_xFe_{1-x})_{0,95}Mn_{0,05}$ с $x=0,98$ методом μSR еще раз продемонстрировало эффективность этого метода при исследовании магнитных материалов.*
- *Была отмечена высокая однородность изготовленного образца.*
- *При температуре ниже 39.5 K в нулевом внешнем магнитном поле образец находится в состоянии коллинеарного ферромагнетика с изотропной ориентацией локальных статических магнитных полей.*
- *При понижении температуры в образце, на фоне коллинеарного ферромагнетика, появляется фракция спинового стекла, за долго до перехода образца в спин-стекольное состояние при $T_g=7-10\text{ K}$.*
- *Приложение внешнего поперечного магнитного поля ведет к постепенному, с ростом величины прикладываемого поля, росту анизотропии образца и приводит к переориентации доменов в направлении приложенного поля.*