



«Дифракция нейтронов - 2017»

14 - 16 июня 2017 года г. Гатчина, Орлова
роща, НИЦ "Курчатовский институт" ПИЯФ



Кристаллическая и магнитная структура сложных
манганитов-мультиферроиков
 $\text{Yb}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0, 0.18, 0.4$)

Быков Э.О.^{1,2}, Курбаков А.И.^{1,2}, Малышев А.Л.¹.

¹НИЦ КИ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова»

²Санкт Петербургский Государственный Университет

План доклада

Введение

Мультиферроики

Манганиты редкоземельных элементов

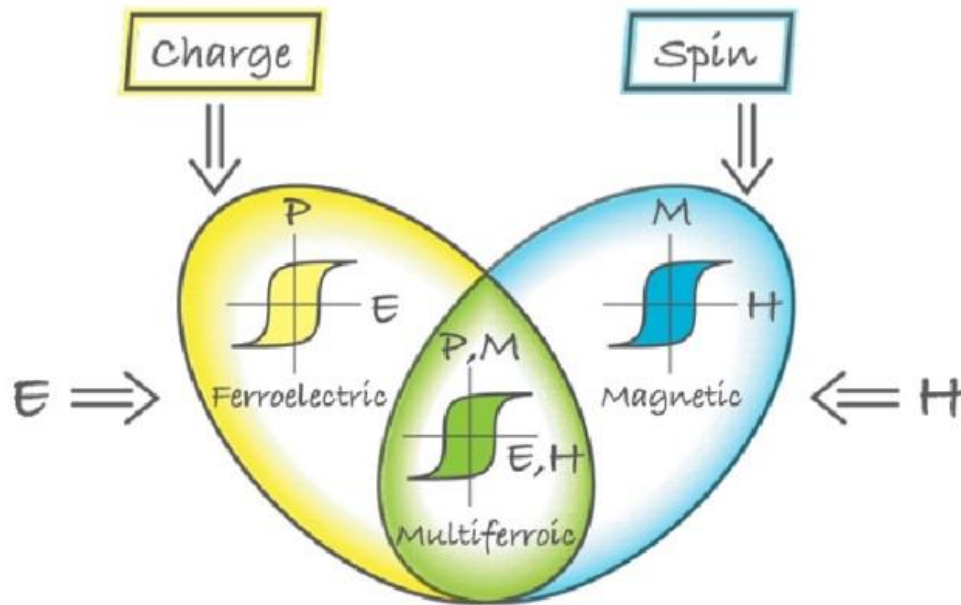
Экспериментальные данные

Ядерное рассеяние

Магнитное рассеяние

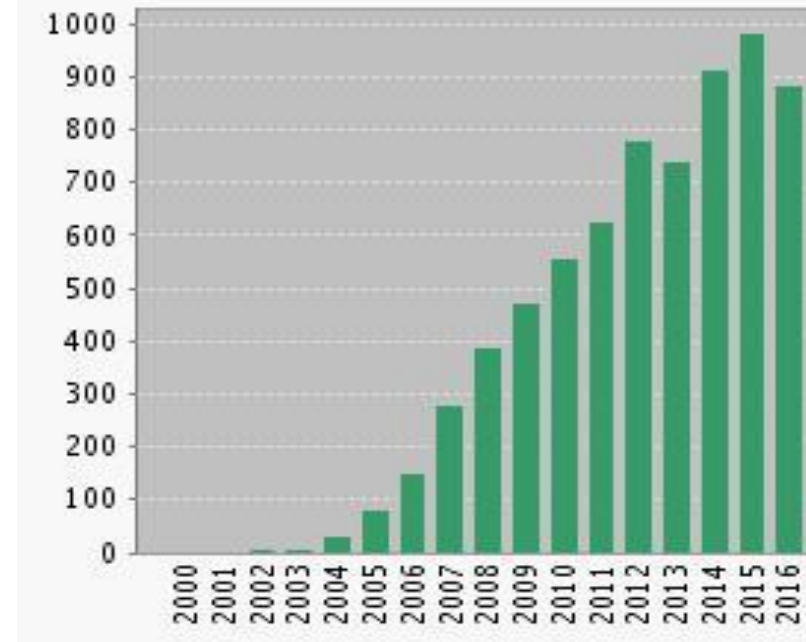
Заключение

Мультиферроики



D. Khomskii, Physics, **2**, p. 20 (2009)

Число публикаций



Год

Статистика Web of Knowledge по запросу «multiferroic»

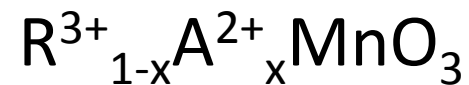
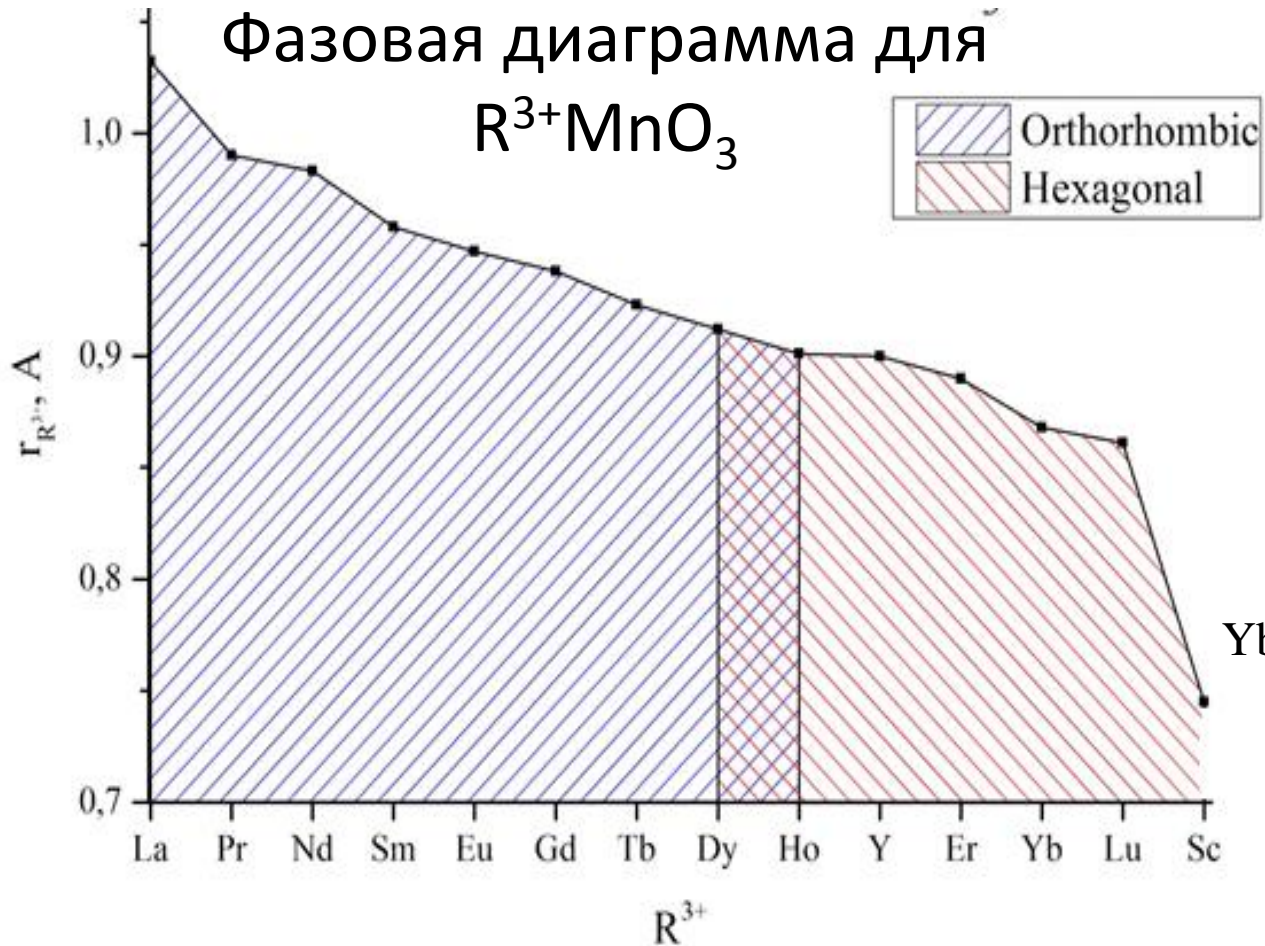
Применение мультиферроиков

- Устройства магнитной памяти и спиновой электроники
- Спиновый полевой транзистор
- Электрически переключаемые постоянные магниты
- Устройства сверхвысокочастотной техники, магноники и магнитофоники
- Беспроводная передача энергии, энергосберегающие технологии

А. П. Пятаков, А. К. Звездин, УФН., **182**, С. 593-620 (2012)

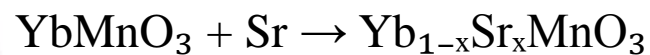
Манганиты редкоземельных элементов

Фазовая диаграмма для



A – двухвалентные элементы Ca, Sr, Ba и др.

J. M. D. Coey et al., Advances in physics, **58**, pp. 571–697 (2009)

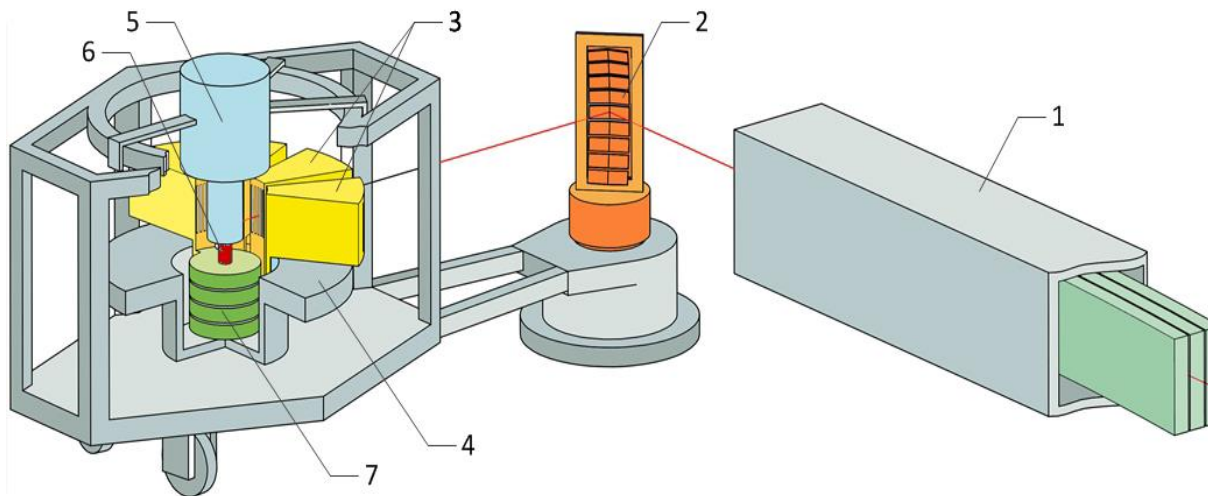


(x = 0, 0.18, 0.4)

Р63ст → ?

Экспериментальная установка

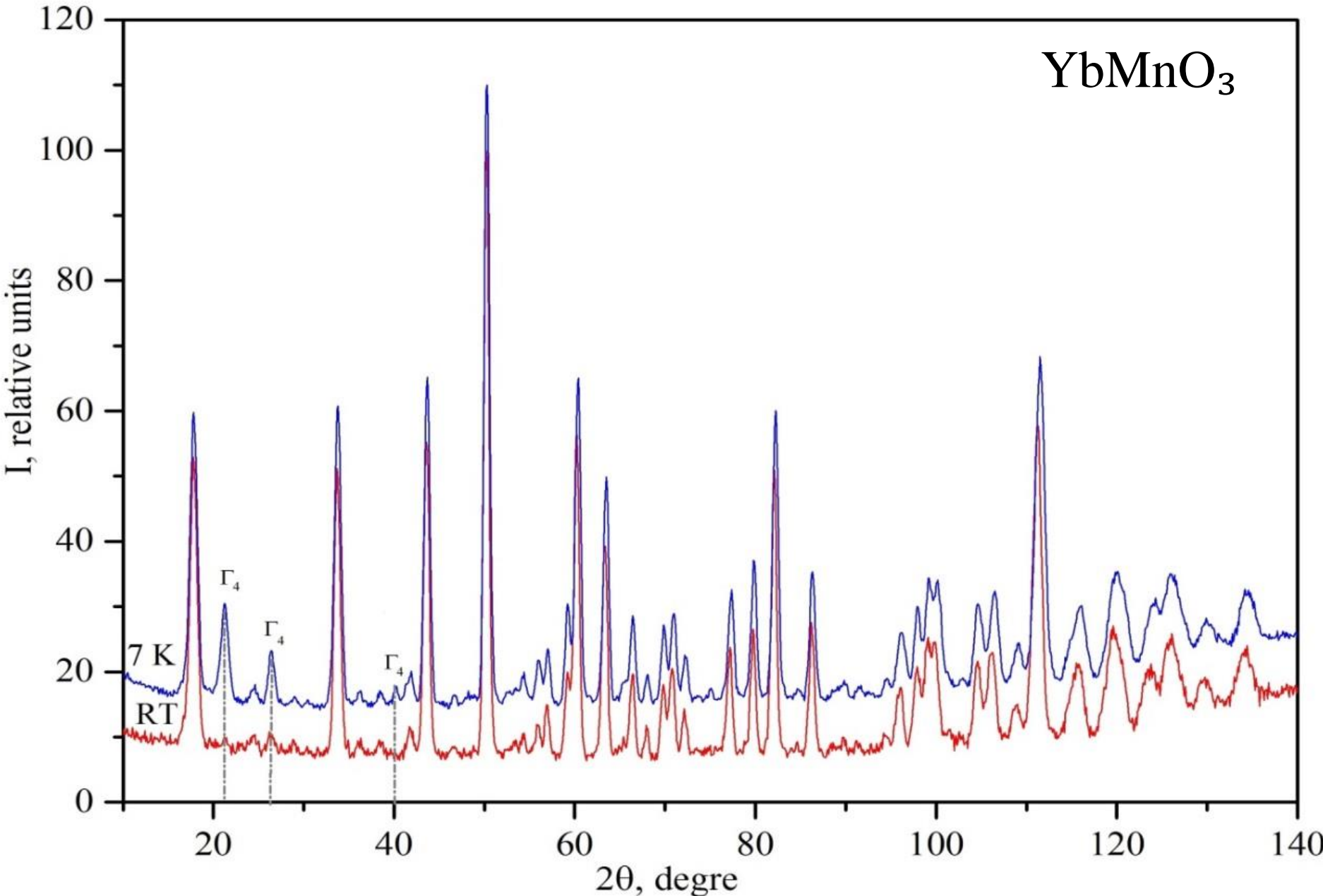
Дифрактометр SSPD

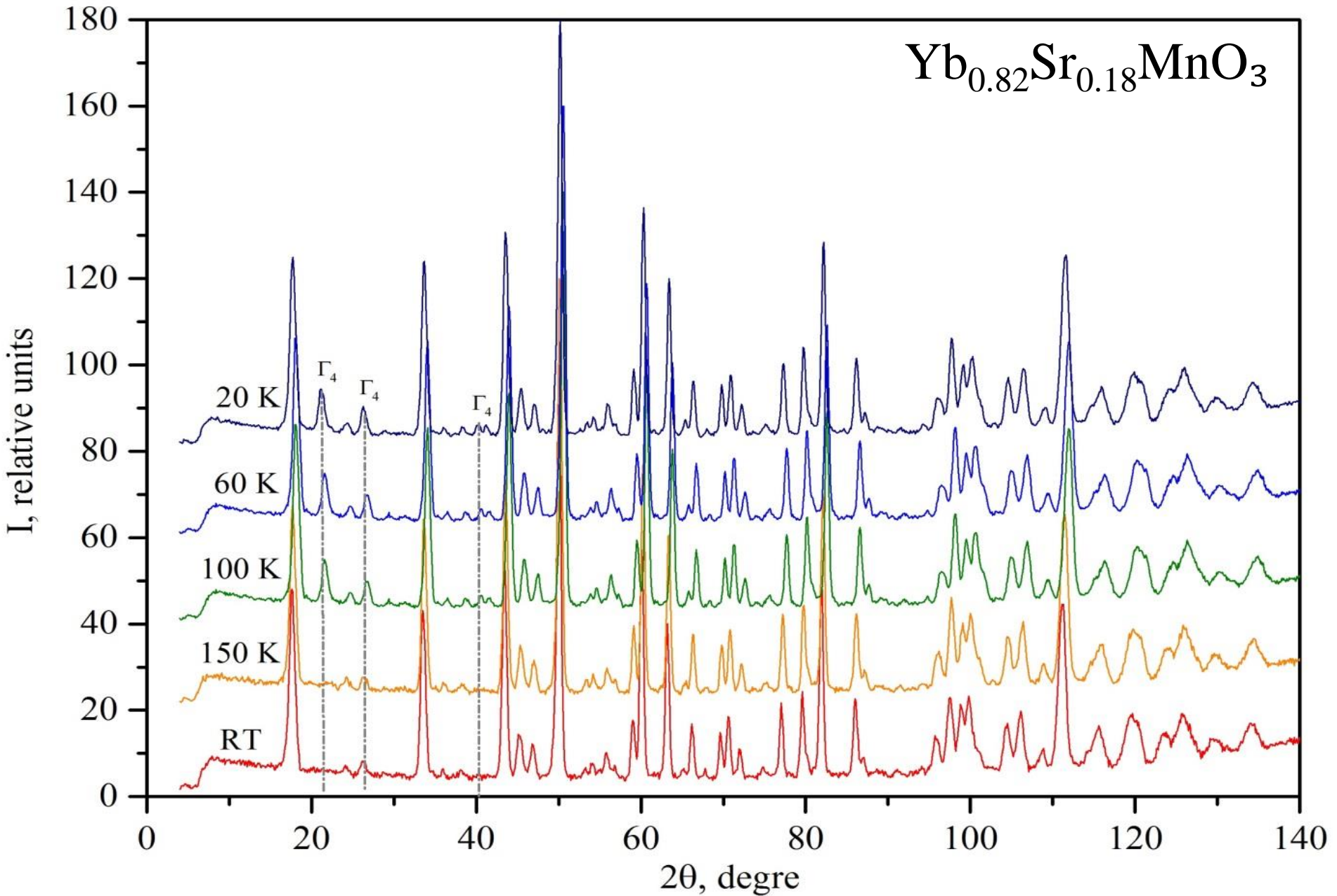
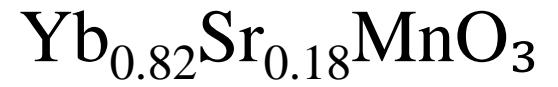


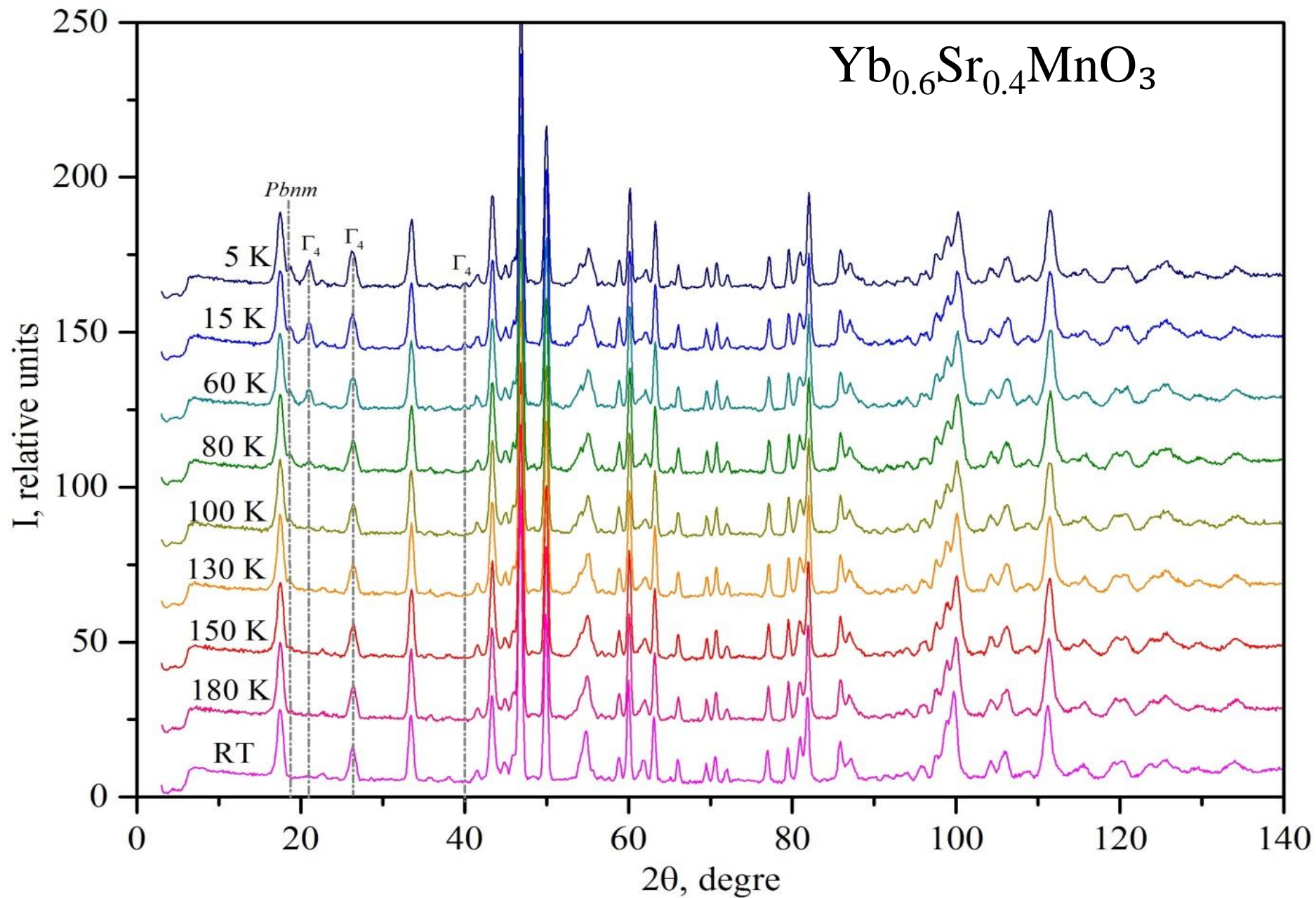
1. Изогнутый и прямой нейтронотвод. 2. Фокусирующий монохроматор. 3. Четыре независимых измерительных секций. 4. Полированная платформа. 5. Узел образца. 6. Образец 7. Датчик абсолютного отсчета угла.

Тип спектрометра	Двухосный нейтронный дифрактометр
Угол выхода пучка после монохроматора	$2\theta_m = 105^\circ$
Длина волны нейтронов	1,7526 Å
Детекторная система	48 ^3He счетчиков СММ-17
Минимальный шаг сканирования (2θ)	0,01°
Рабочий шаг сканирования (2θ)	0,1°
Угловой диапазон (2θ)	$4^\circ < 2\theta < 160^\circ$ ($Q_{\max} \sim 7 \text{ \AA}^{-1}$)
Минимальное разрешение при $2\theta = 75^\circ$	$\Delta d/d_{\min} \approx 3 \times 10^{-3}$
Доступная область постоянных кристаллической решетки	$0,9 \text{ \AA} < d < 25 \text{ \AA}$

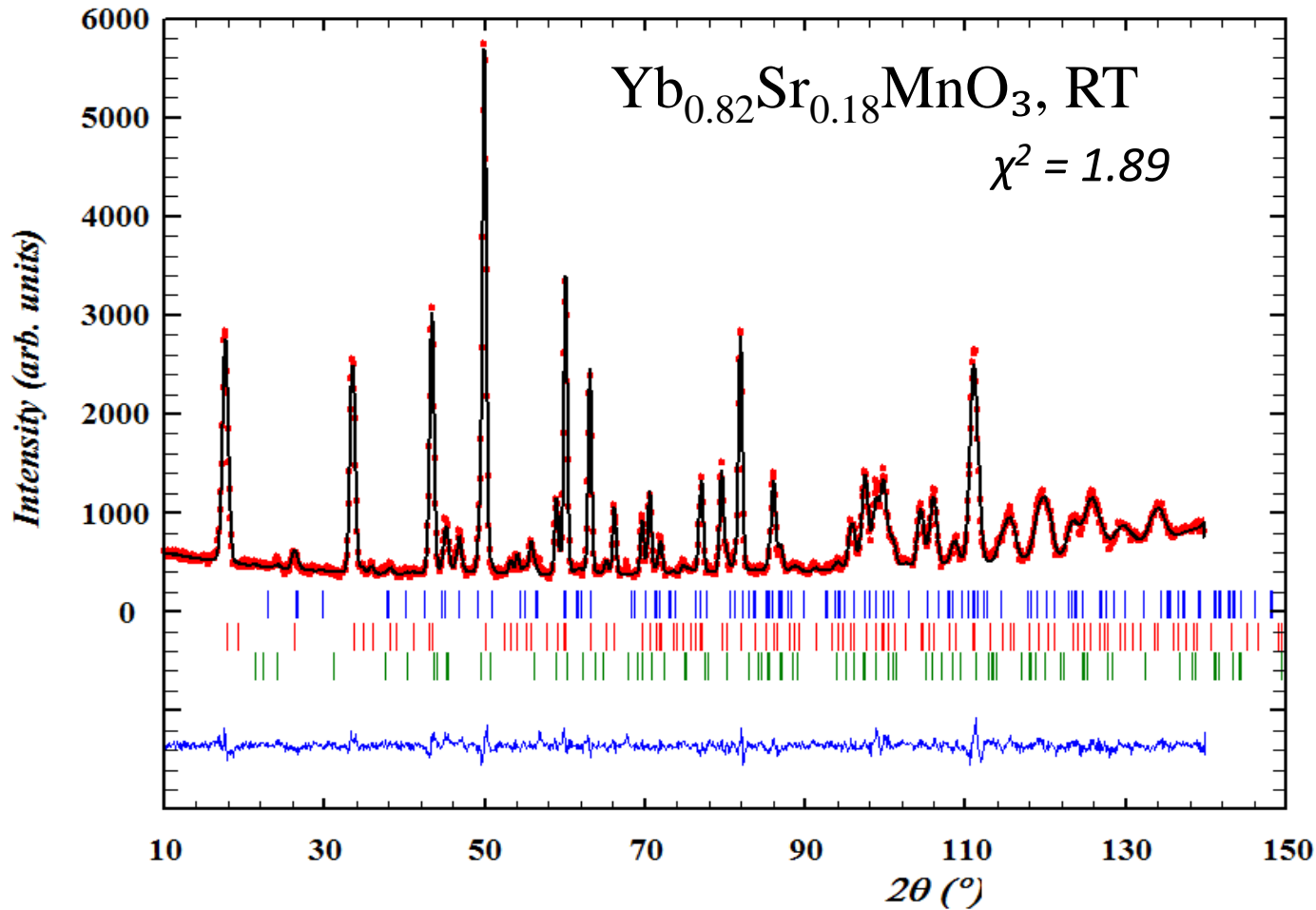
YbMnO₃







Ядерное рассеяние



YbMnO_3 :
 $P6_3cm \sim 95\%$
 $\text{Yb}_2\text{O}_3 \sim 5\%$

$\text{Yb}_{0.82}\text{Sr}_{0.18}\text{MnO}_3$:
 $P6_3cm \sim 85\%$
 $Pbnm \sim 6\%$
 $\text{SrMnO}_3 \sim 9\%$

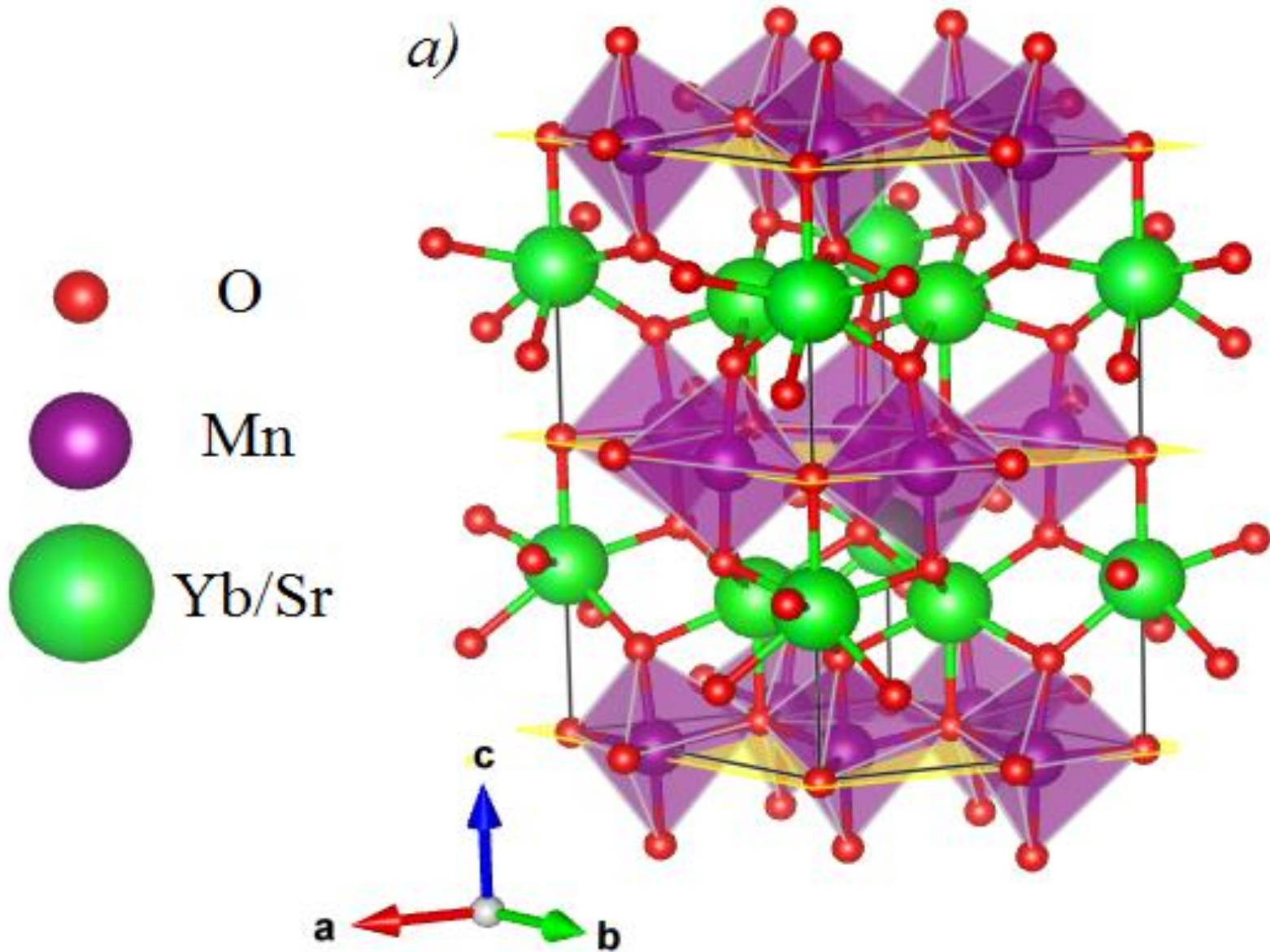
$\text{Yb}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$:
 $P6_3cm \sim 45\%$
 $Pbnm \sim 53\%$
 $\text{SrMnO}_3 \sim 2\%$

Уточненные параметры

Образец	YbMnO ₃		Yb _{0,82} Sr _{0,18} MnO ₃		Yb _{0,6} Sr _{0,4} MnO ₃	
Т, К	7	RT	20	RT	5	RT
Содержание, %	95(5)		85,4(8)		45(1)	
a, Å	6,0553(1)	6,0684(1)	6,0519(1)	6,0639(1)	6,0413(2)	6,0560(1)
c, Å	11,3370(3)	11,3410(3)	11,3451(4)	11,3444(2)	11,3505(6)	11,3500(5)
V, Å ³	360,00(1)	361,69(1)	359,854(8)	361,255(9)	358,76(2)	360,49(2)

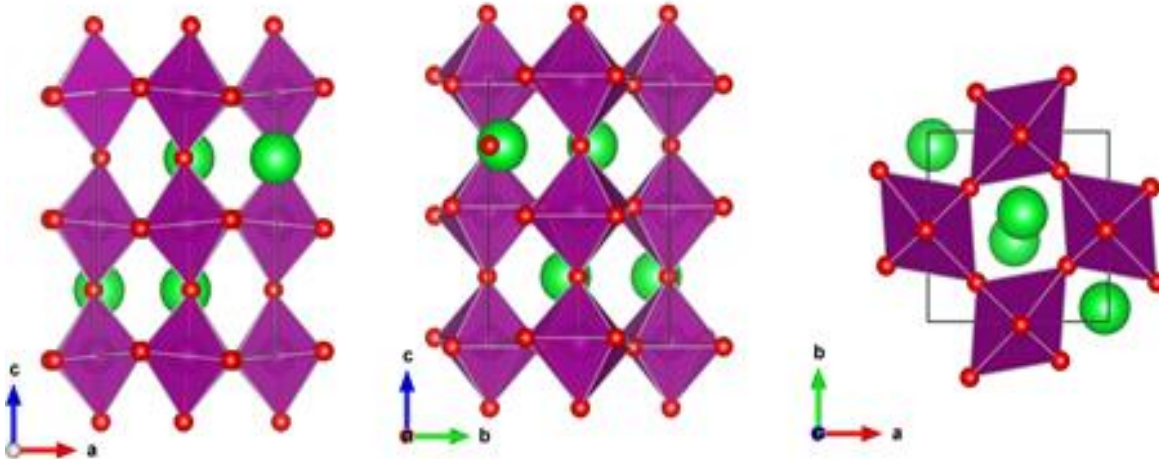
Образец	Yb _{0,82} Sr _{0,18} MnO ₃		Yb _{0,6} Sr _{0,4} MnO ₃	
Т, К	20	RT	5	RT
Содержание, %	6,4(5)		53(1)	
a, Å	5,409(2)	5,410(2)	5,391(1)	5,395(1)
b, Å	5,457(2)	5,460(2)	5,402(1)	5,400(1)
c, Å	7,537(3)	7,578(3)	7,543(1)	7,581(1)
V, Å ³	222,5(1)	223,8(2)	219,63(6)	220,87(7)

Структура $P6_3cm$

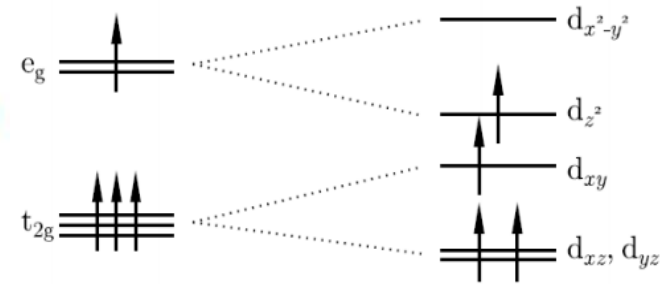


Структура $Pbnm$

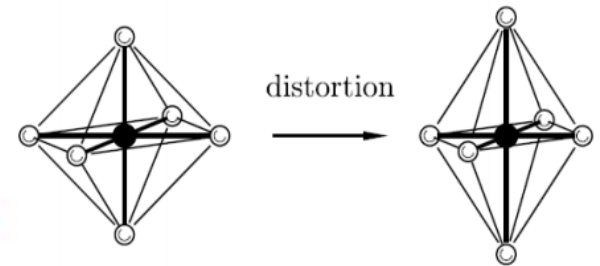
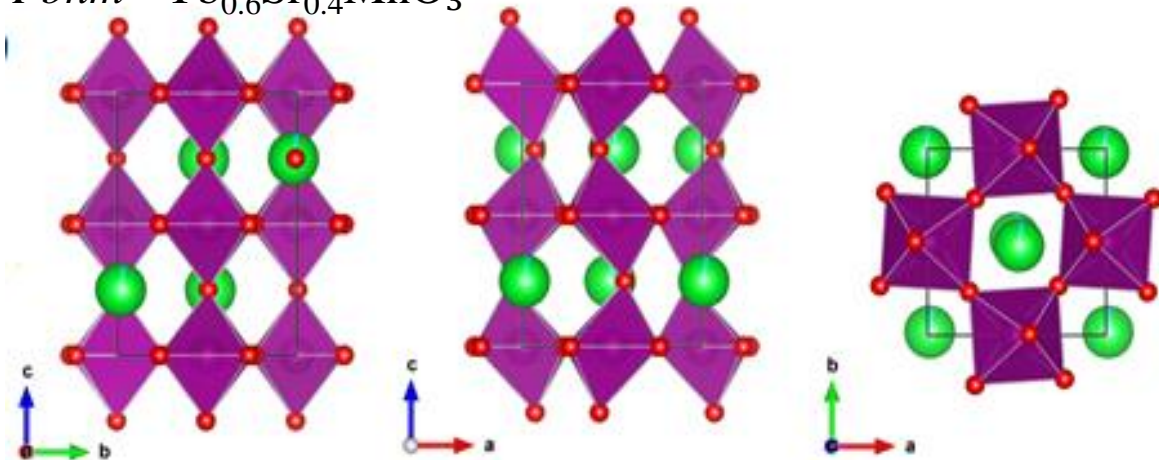
$Pbnm$ - $\text{Yb}_{0.82}\text{Sr}_{0.18}\text{MnO}_3$



$\text{Mn}^{3+} - 3d^4$
Вырождение

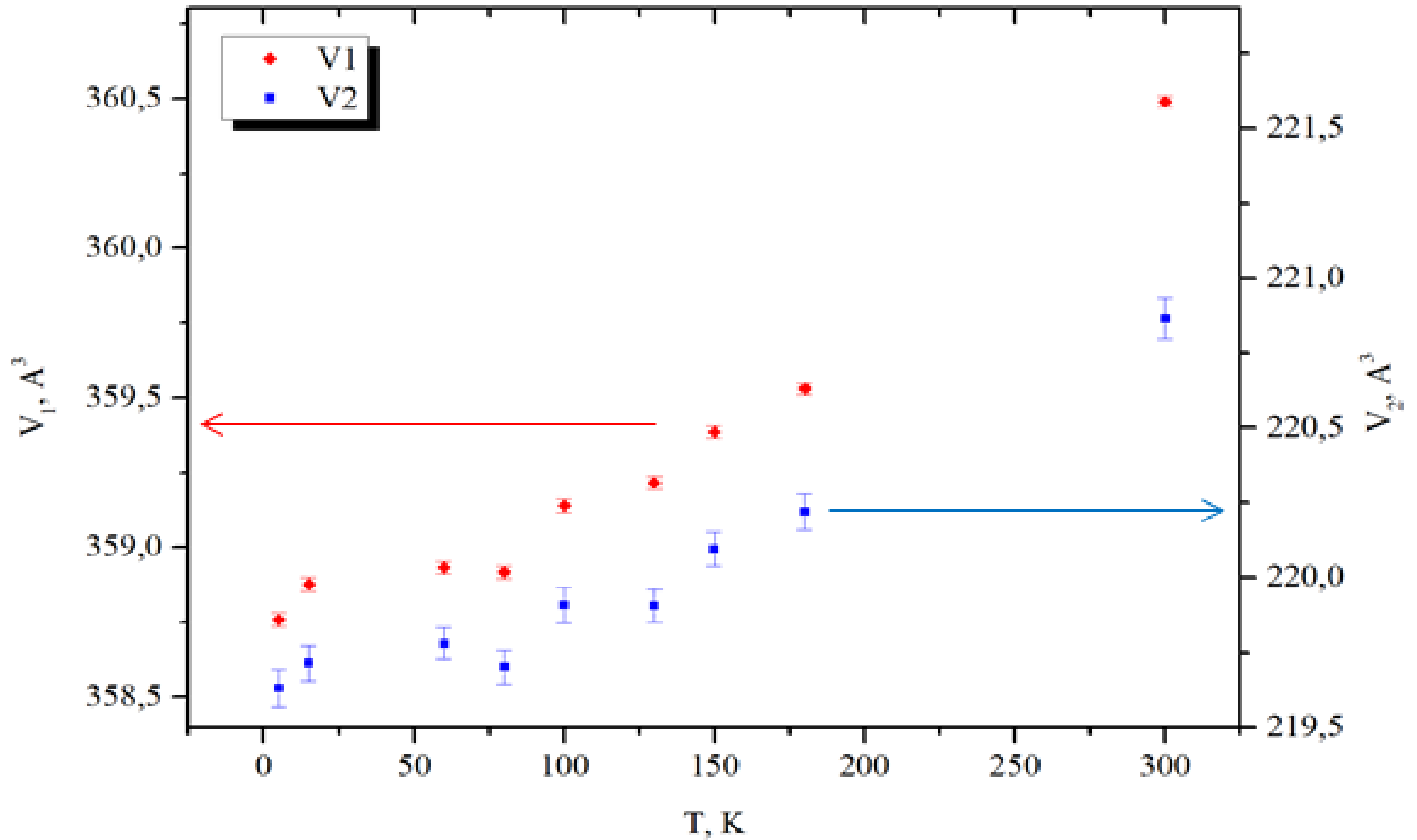


$Pbnm$ - $\text{Yb}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$

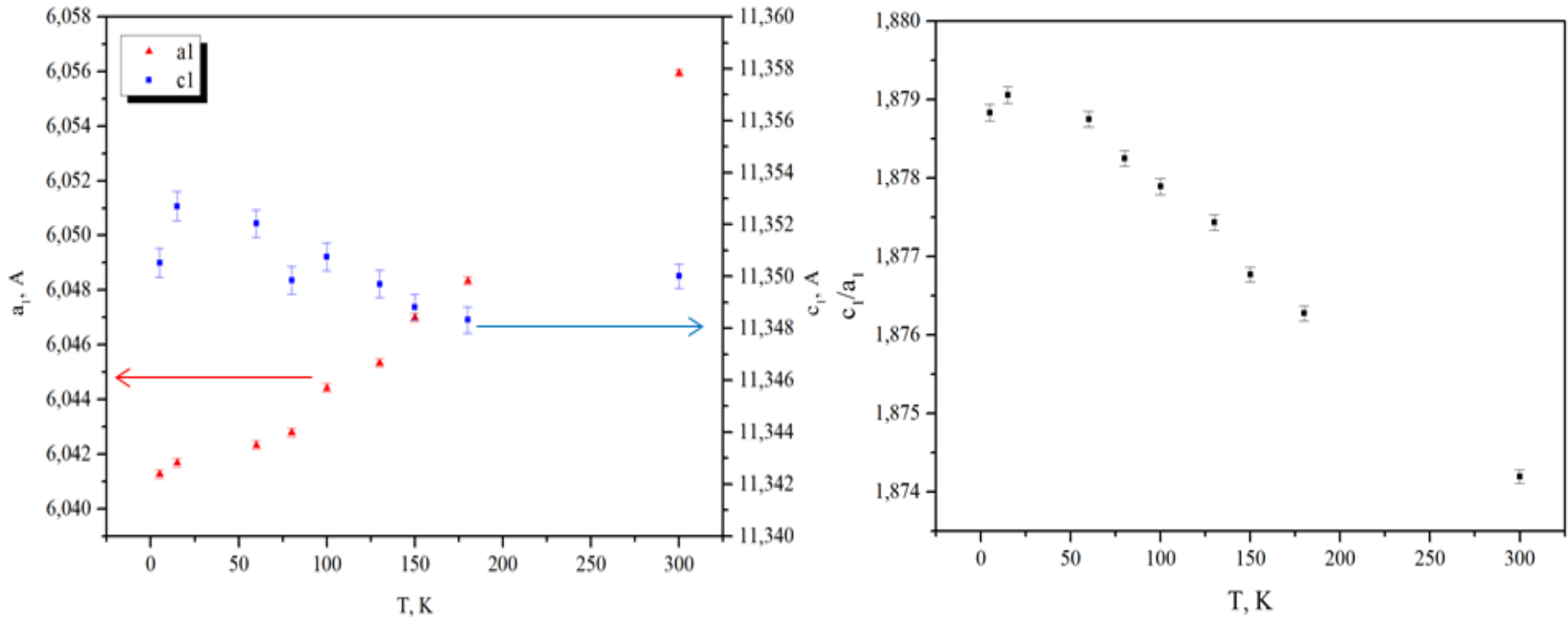


$\text{Mn}^{4+} - 3d^3$
Нет вырождения

Тепловое расширение

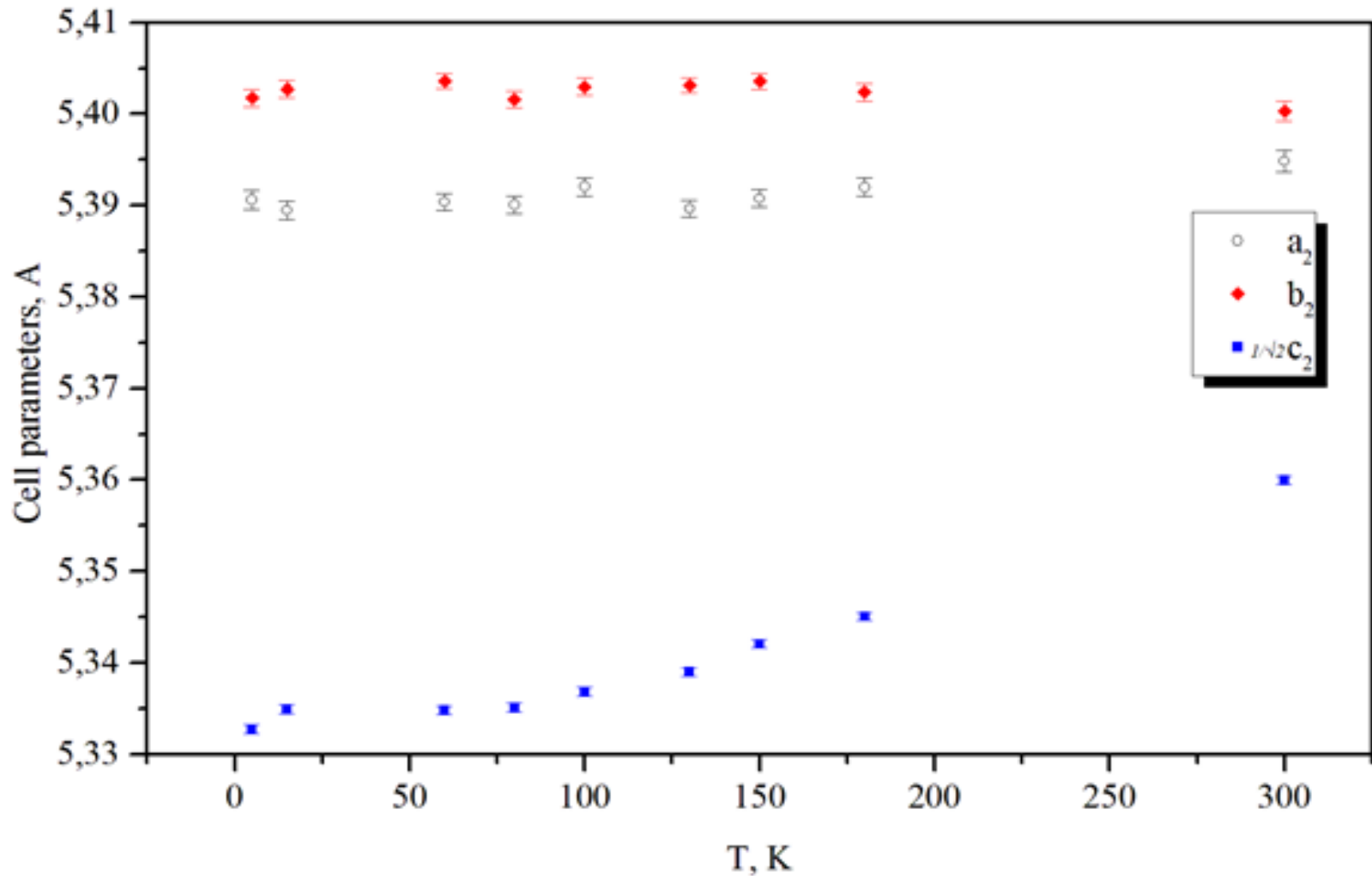


Температурная зависимость параметров ячейки (Pb_3ct)



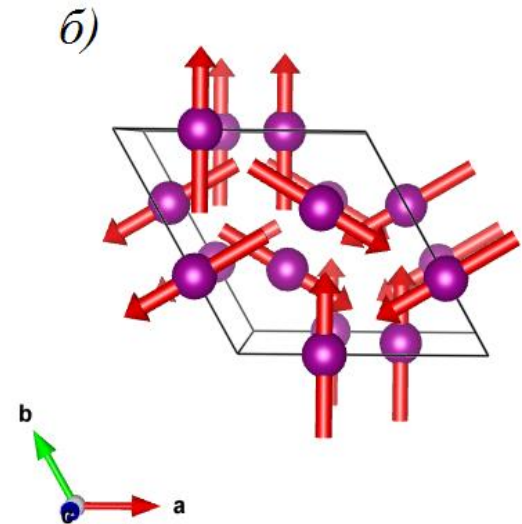
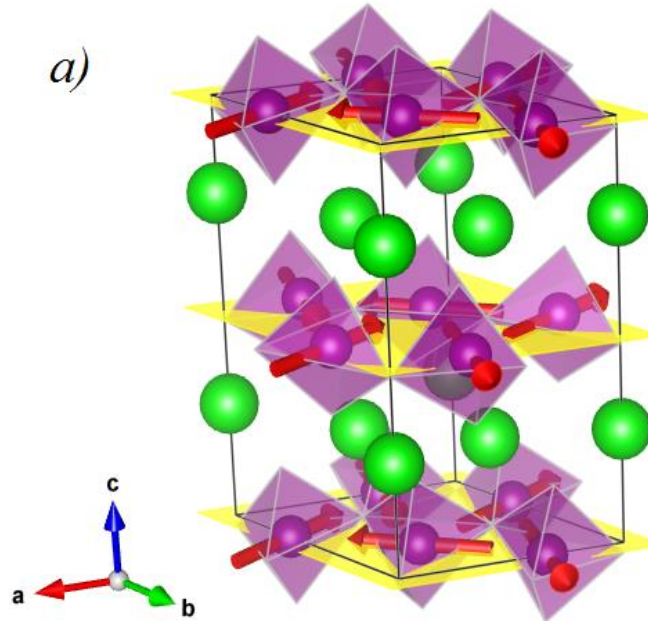
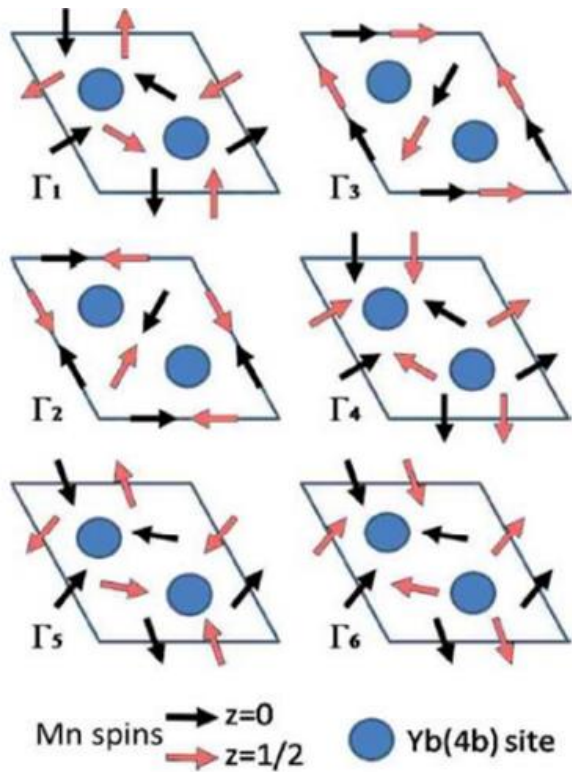
Зависимость c_1/a_1 от T отражает кооперативные вращения MnO_5 бипирамид

Температурная зависимость параметров ячейки (*Pbnm*)



Соотношение $c/\sqrt{2} < a < b$ характерно для O' - структуры с сильными искажениями MnO_6 октаэдров

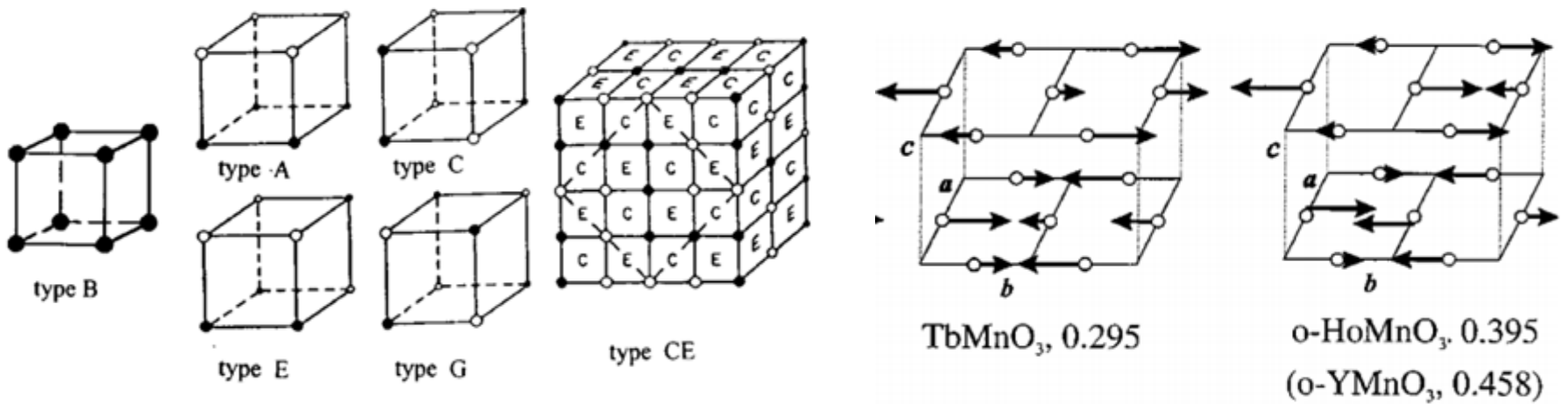
Магнитное рассеяние



Fabreges X. et al., Physical Review B, **78**, P. 214422. (2008)

Соединение	T, K	μ_{Mn}	χ^2	R_m
$YbMnO_3$	7	$3,14(4) \mu_B$	5.42	9.64
$Yb_{0.82}Sr_{0.18}MnO_3$	20	$2,84(4) \mu_B$	3.47	5.15
$Yb_{0.6}Sr_{0.4}MnO_3$	5	$2.7(1) \mu_B$	12.2	15.6

Магнитное рассеяние



J. M. D. Coey et al., *Advances in physics*, **58**, pp. 571–697 (2009)

I. A. Sergienko et al., *Physical review letters*, **97**, P. 227204 (2006)

Заключение

- Проверено предположение о том, что легирование стронцием манганита YbMnO_3 приводит к преобразованию гексагональной структуры в ромбическую.
- Обнаружено фазовое расслоение образца $\text{Yb}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ при легировании ионами стронция на две структуры: гексагональную $R\bar{6}_3cm$ и ромбическую $Rbnm$.
- Температурные зависимости показали стабильность в сосуществовании двух фаз.
- Обнаружено магнитное упорядочение в гексагональной и ромбической фазах, установлена магнитная структура для гексагональной фазы.
- Обнаружено наличие дополнительных примесных фаз, усложняющих уточнение структуры.

Спасибо за внимание!

Фазовое расслоение

$$\langle r_a \rangle = \sum_i x_i r_i$$

$$\sigma^2 = \sum_i x_i r_i^2 - \langle r_a \rangle^2$$