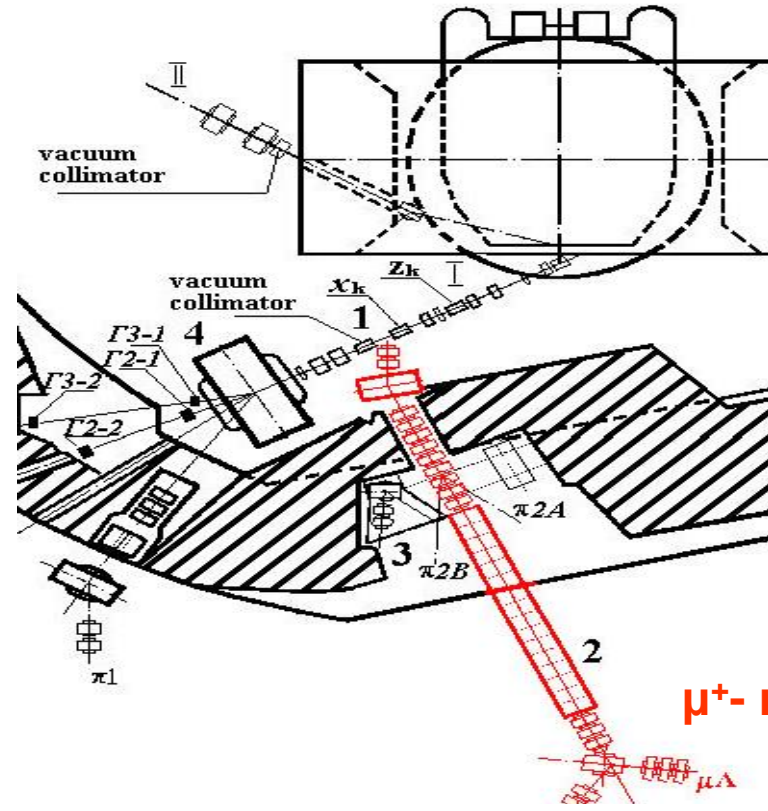
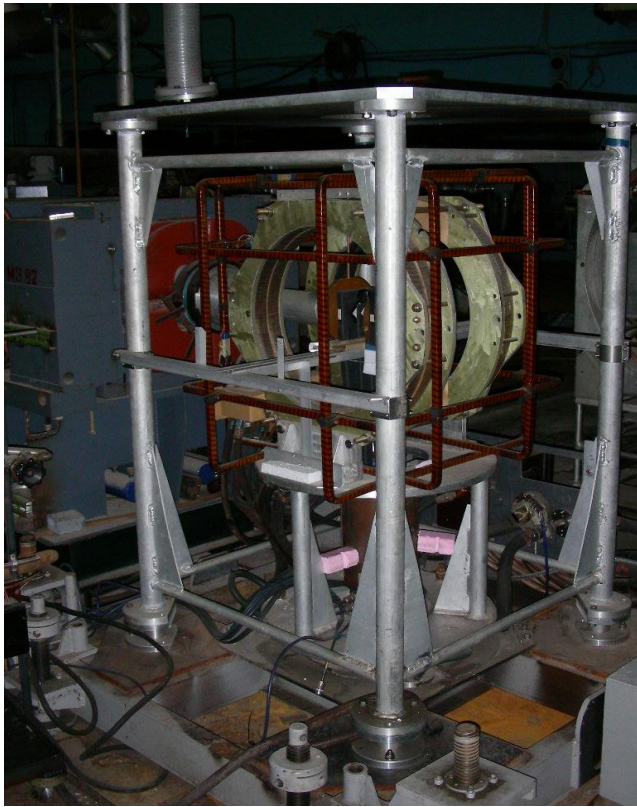


Лаборатория мезонной физики конденсированных сред



$P_{\mu^+} = 70 \div 130 \text{ МэВ/с}$

Лаборатория МФКС:

I. μ SR- исследования на СЦ ПИЯФ.

Воробьев С.И.	– и.о. зав.лаб., к.ф.-м.н.
Щербаков Геннадий Васильевич	– с.н.с.
Геталов Александр Леонидович	– с.н.с., к.ф.-м.н.
Комаров Евгений Николаевич	– с.н.с., к.ф.-м.н.
Котов Сергей Арестович	– н.с.
Морослип Александр Эдуардович	– м.н.с.

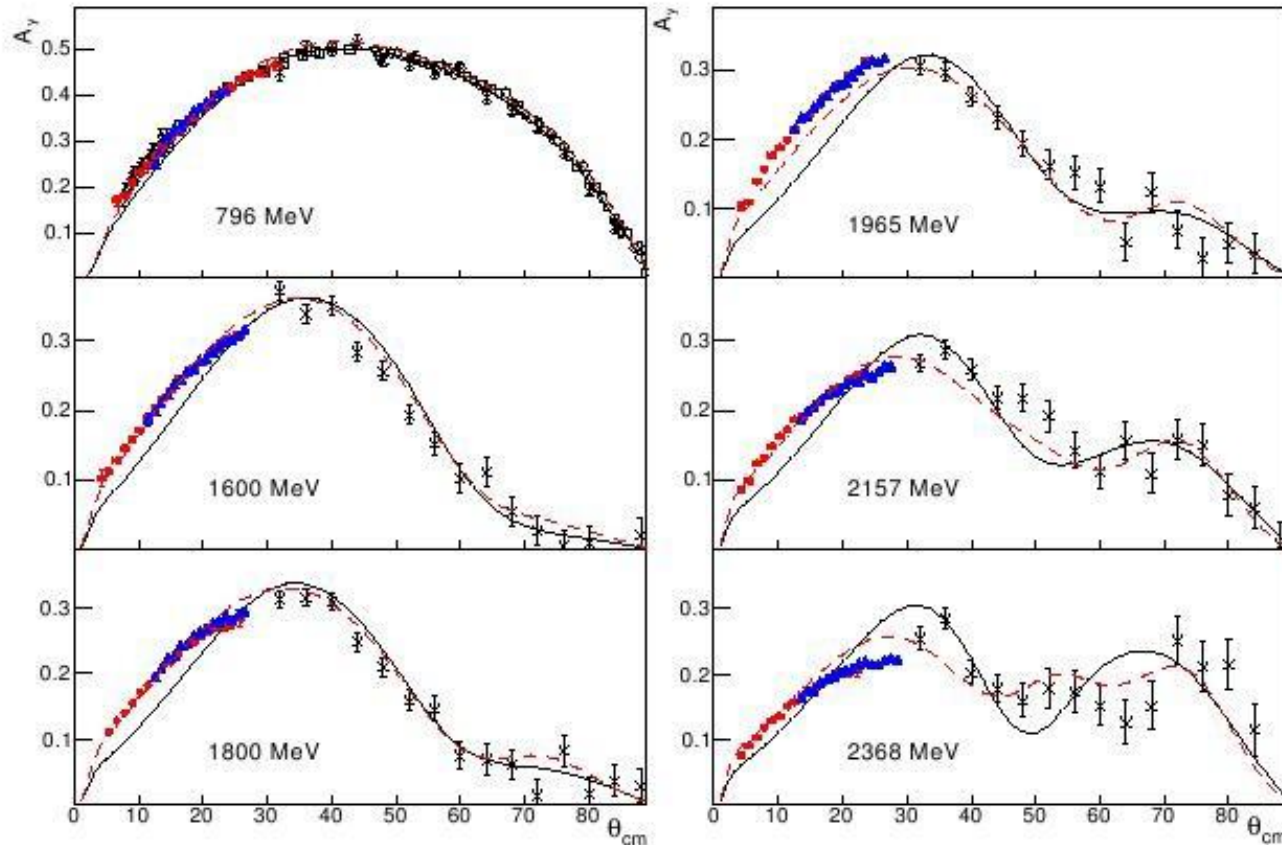
II. Сотрудничество с ИКР (FZ-Juelich).

Барсов Сергей Григорьевич	– с.н.с., к.ф.-м.н.
Вальдау Юрий Валерьевич	– н.с.
Микиртычьянц Сергей Михайлович	– с.н.с., к.ф.-м.н.
Шиков Егор Николаевич	– м.н.с.
Дзюба Алексей Александрович	– с.н.с., к.ф.-м.н.
Виноградова Людмила Леонидовна	– ст.лаб.
Чёрная Елена Николаевна	– ст.лаб.
Андриевский Дмитрий Сергеевич	– аспирант СПбГУ
Кононов Антон Юрьевич	– студент СПбГПУ
Ельцов Леонид Дмитриевич	– студент СПбГПУ

Сотрудничество с ИКР(FZ-Juelich)

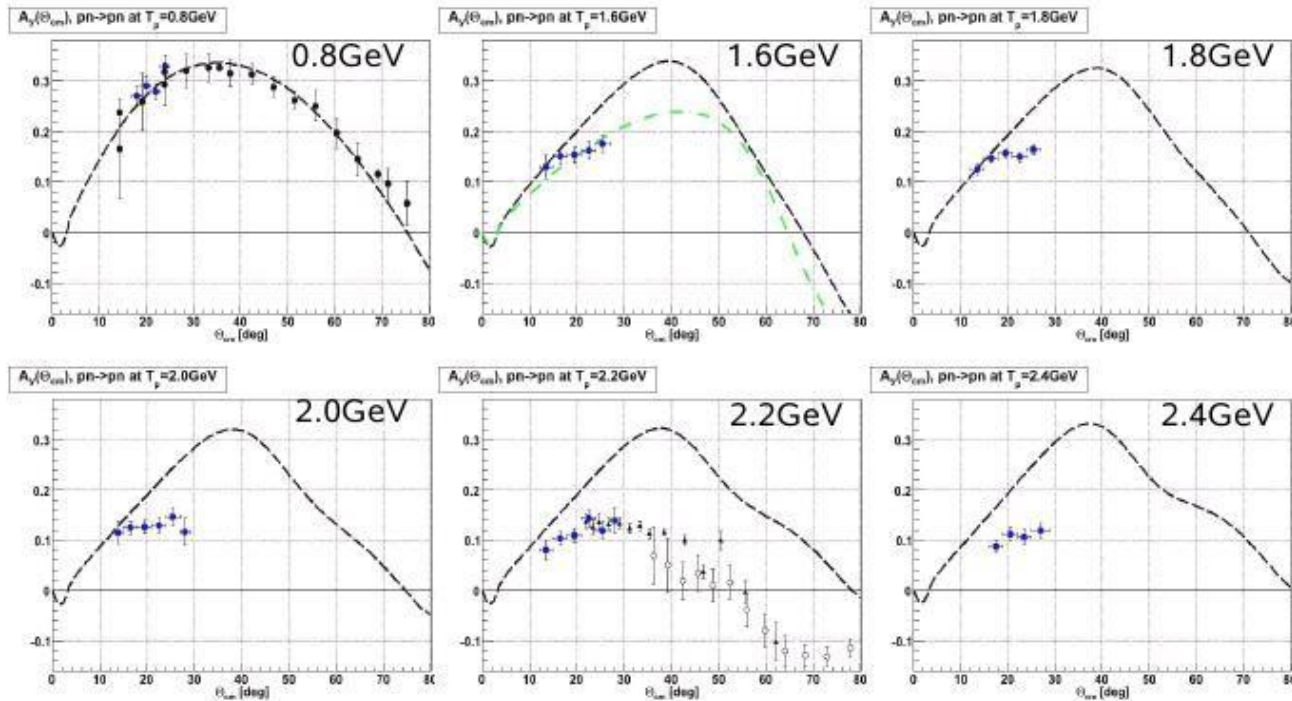
ANKE-collaboration: анализ накопленных данных (этап 2015г.)

1. Завершен анализ данных по упругому pp рассеянию при малых углах.



Результаты по анализирующей способности включены в базу данных SAID, что позволило улучшить фазовый анализ при энергиях выше 1.5GeV

2. Получена анализирующая способность упругого pn рассеяния при малых углах.



Curves: SAID current solution SP07 0-3.0 GeV

NewSAID solution(WASA data included), R.Workmann, private communication

Data: ANKE, average over $P_{sp}/P_t < 0.5$

0.8GeV: M.L.Barlett et al, Phys.Rev. C 27(1983)

2.2GeV: R.Diebold et al, Phys.Rev.Lett. 35(1975)

Y.Mardisi et al, Phys.Rev.Lett. 45(1980)

Результаты получены из реакции $pd \rightarrow (pn)p_{sp}$ в приближении «спектаторной» модели.

Хорошее согласие с литературными данными позволяет перейти к определению дифференциальных сечений (этап 2016 года).

Сотрудничество с ИКР(FZ-Juelich)

Публикации за 2015 год

- 1). B. Gon et.al., *Study of the $pd \rightarrow n\{pp\}_s$ charge-exchange reaction using a polarized deuterium target*. Phys. Lett. B **741**, 305 (2015).
- 2). S. Dymov et.al., *Analyzing powers and spin correlations in deuteron-proton charge-exchange at 726 MeV*. Phys. Lett. B **744**, 391 (2015).
- 3). Yu. Kiselev., S. Barsov, S. Mikirtychyants, Yu. Valdau et.al., *Kaon pair production in proton-nucleus collisions*. Phys.Rev. C **92**, 065201 (2015).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ в 2015 году

1. Проводился анализ данных по исследованию магнитных фазовых переходов, и распределению локальных магнитных полей в мультиферроиках $\text{Eu}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$ и EuMn_2O_5 .

(Совместно с ФТИ, Санкт-Петербург).

Работа представлена на Научной сессии НИЯУ МИФИ-2015.

Статья послана в журнал «ЖЭТФ».

2. Продолжался анализ данных и набор статистики по исследованию образца перовскитной керамики $\text{Tb}_{0.95}\text{V}_{0.05}\text{MnO}_3$ и манганита TbMnO_3 .

(Совместно с ФТИ, Санкт-Петербург).

Предварительные результаты были представлены на Научной сессии НИЯУ МИФИ-2015,

II конференции молодых ученых и специалистов ПИЯФ.

3. Проводился анализ накопленных данных и проведен очередной цикл исследований образца феррожидкости на основе CoFe_2O_4 (концентрация ~3%) диспергированных в воде H_2O .

(Совместно с ОИЯИ, Дубна;

Horia Hulubei National Institute of Physics and Nuclear Engineering, Bucharest, Romania;

Politehnica University of Bucharest, Romania).

T.N. Mamedov, D.S. Andrievskii, M. Balasoiiu, K.I. Gritsaj, V.N. Duginov, A.L. Getalov, E.N. Komarov, S.A. Kotov, A.E. Moroslip, I.I. Pavlova, V.G. Scherbakov, S.I. Vorob'ev, C. Stan. *Magnetic properties investigation of a ferrofluid with cobalt ferrite nanoparticles using polarized muons. Journal of optoelectronics and advanced materials*, Vol. 17, No. 7-8, July–August 2015, p. 1086-1091.

4. Продолжалась модернизация μSR -установки.

(Совместно с ЛКСТ ОФВЭ).

Проводилась работа по модернизации программного обеспечения, системы регистрации и сбора данных действующей μSR -установки.

Результаты работы представлены на XLVI Международной научной конференции аспирантов и студентов "Процессы управления и устойчивость" Control Processes and Stability (CPS'15).

На основе данной работы была выполнена и успешно защищена **магистерская диссертация**: Андриевский Д.С. «Модернизация программного обеспечения по сбору данных μSR -установки на мюонном канале синхроциклотрона ПИЯФ». СПбГУ, 2015.

На правах рукописи



Воробьев Сергей Иванович

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ
МАНГАНИТОВ И МАНГАНАТОВ
С ПОМОЩЬЮ μ SR-МЕТОДА**

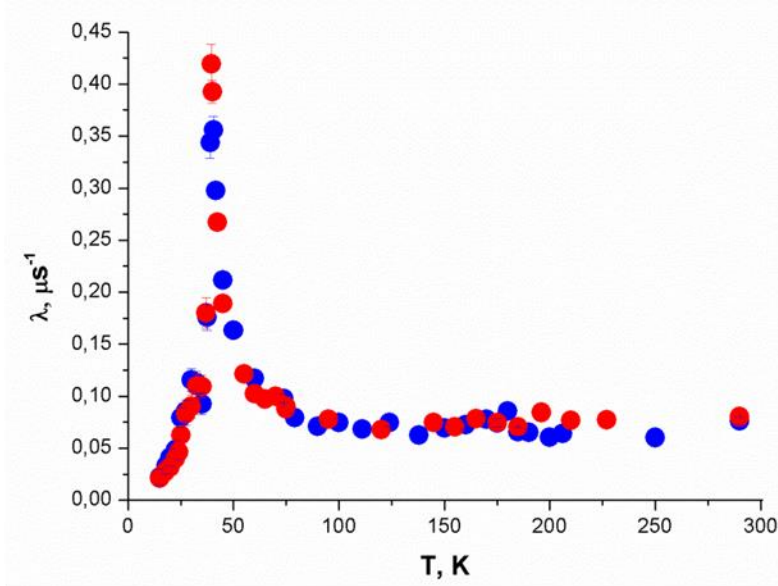
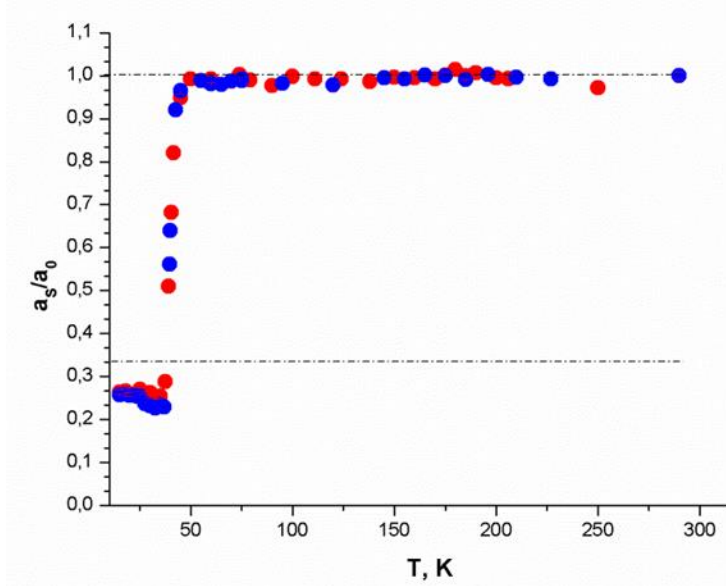
Специальность 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург – 2015

Исследования свойств мультиферроиков $\text{Eu}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$ и EuMn_2O_5 с помощью μSR -метода

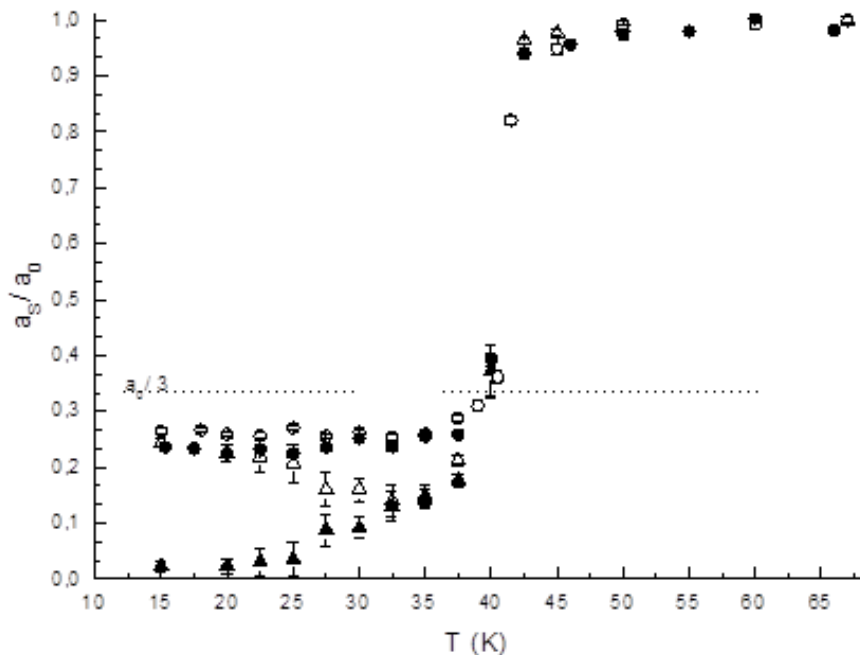
С помощью μSR -метода проведено сравнительное исследование керамических образцов мультиферроиков $\text{Eu}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$ и EuMn_2O_5 в области температур $10 \div 300$ К. Установлено, что в основных своих чертах эффект релаксации поляризации мюонов в обоих образцах одинаков. Он обусловлен суммарным вкладом от общей для обоих образцов основной матрицы и областей фазового расслоения, концентрация которых в легированном образце значительно больше. Последнее обстоятельство приводит к ряду особенностей при температурах ниже 35 К в легированном образце по сравнению с исходным. Эти особенности обусловлены усилением потери поляризации мюонов в областях фазового расслоения, которые при этих температурах представляют собой 1D сверхрешетки, содержащие чередующиеся ферромагнитные диэлектрические слои и слои с 2D электронным газом.



Работа представлена на Научной сессии НИЯУ МИФИ-2015,
Статья послана в журнал «ЖЭТФ».

Релаксация поляризации мюонов в исследованных керамических образцах $\text{Eu}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$ и EuMn_2O_5 в основных своих чертах близка. Эффект потери поляризации обязан механизму двойного обмена в ферромагнитных парах ионов марганца и связан с образованием мюония. Основной объем обоих образцов одинаков и соответствует исходной матрице EuMn_2O_5 . В обоих образцах имеются также ферромагнитные проводящие области фазового расслоения, которые характерны для всех манганитов, содержащих ионы Mn^{3+} и Mn^{4+} . Объем таких областей в легированном образце больше чем в исходном. Области фазового расслоения существуют при всех температурах и вносят независимый от температуры вклад во всей исследованной температурной области. При низких температурах области фазового расслоения представляют собой 1D сверхрешетки с чередующимися ферромагнитными диэлектрическими слоями и слоями с 2D электронным газом. Эти проводящие слои приводят к значительному усилению релаксации поляризации мюонов в легированных образцах ниже 35 К.

Наблюдаемые особенности и различия в поведении параметров функции релаксации легированного образца в области температур 25÷40 К при разных режимах его охлаждения связаны с влиянием скорости охлаждения на проводимость областей фазового расслоения.



Температурные зависимости нормированной остаточной асимметрии для образца $\text{Eu}_{0.8}\text{Ce}_{0.2}\text{Mn}_2\text{O}_5$, измеренные в трёх режимах охлаждения:

RUN1-светлые точки;

RUN3- тёмные точки;

RUN2-светлые треугольники (медленно релаксирующая компонента, тёмные треугольники- быстро релаксирующая компонента)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАНГАНИТОВ

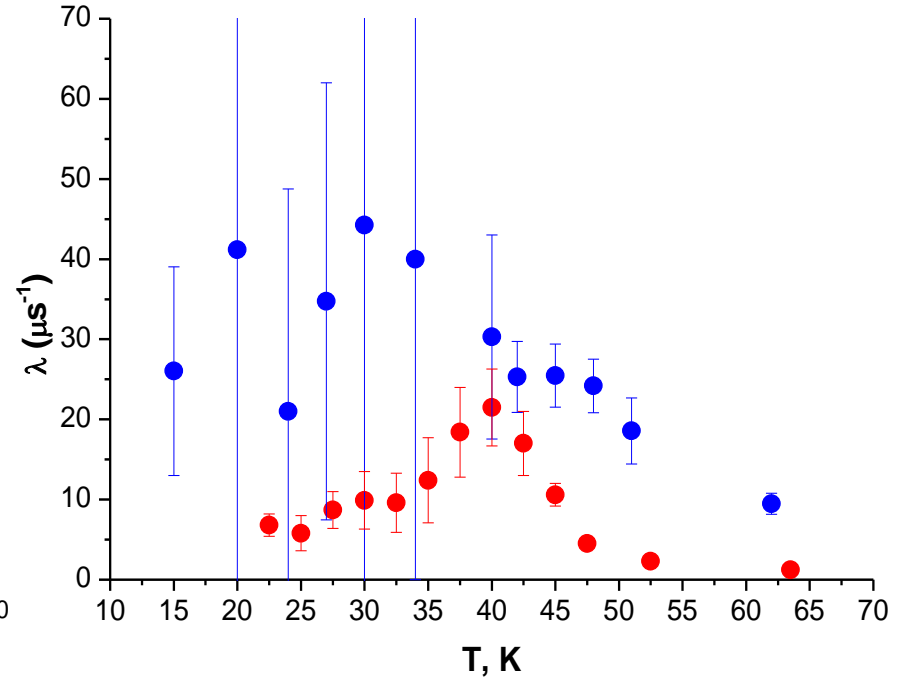
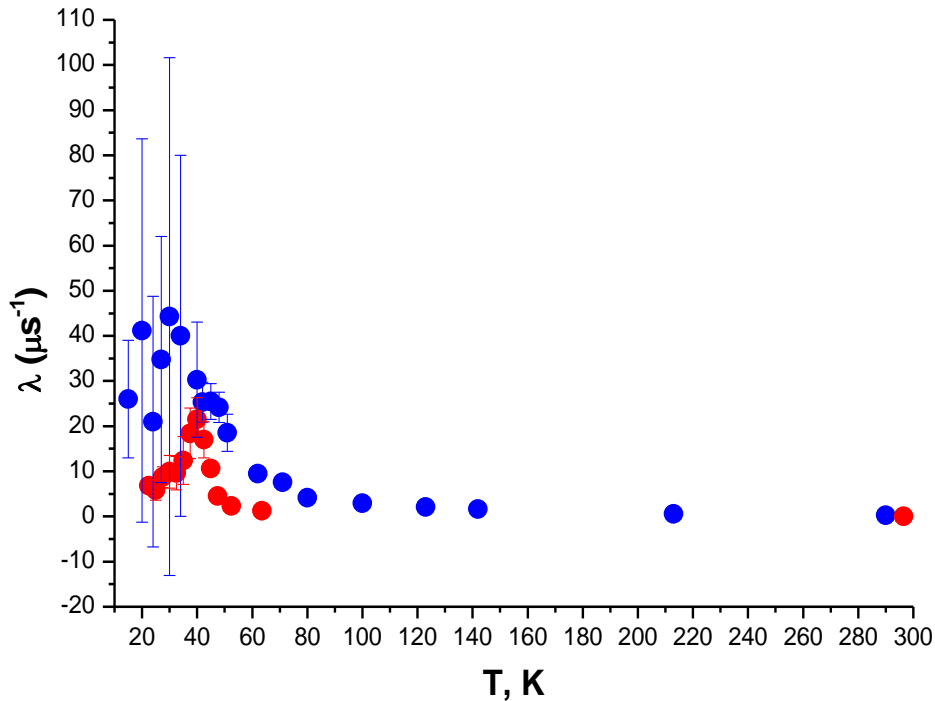
$TbMnO_3$ И $Tb_{0,95}Bi_{0,05}MnO_3$

μ SR-МЕТОДОМ

Проведены исследования магнитных свойств керамического образца редкоземельного манганита $TbMnO_3$ с помощью μ SR-метода в интервале температур от 15 до 300 К. В области температур ~ 50 -290 К наблюдался плавный спад параметра асимметрии без каких-либо особенностей. При температуре $T_N = 42$ К, ниже которой устанавливается дальний магнитный порядок, имеет место максимум скорости релаксации поляризации мюонов и резкий спад асимметрии до очень низкого уровня (~ 0.01), который сохраняется во всей области низких температур ($T < T_N$), исследованной в этом эксперименте.

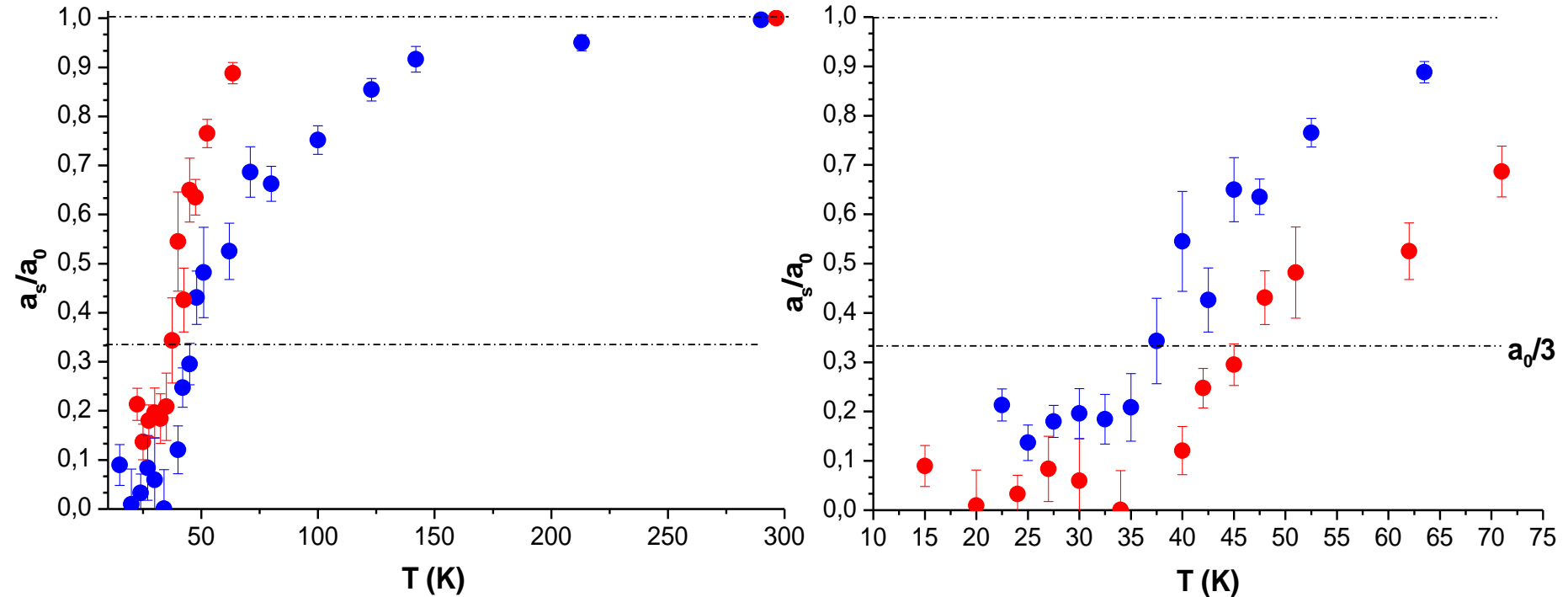
Полная потеря поляризации обнаружена в редкоземельных манганитах $RMnO_3$ (R- редкоземельный элемент) впервые. Она может быть обусловлена другими механизмами образования мюония, и это явление требует дальнейшего экспериментального исследования.

TbMnO₃
Tb_{0.95}Vi_{0.05}MnO₃
(керамика)



В области температуры фазового перехода ~ 40 К в допированном $\text{Tb}_{0.95}\text{Vi}_{0.05}\text{MnO}_3$ скорость деполяризации λ на порядок больше, чем в других манганитах, исследованных нами, а в недопированном TbMnO_3 λ ещё в 2 раза больше, т.е. на пределе возможностей нашей μSR -установки.

TbMnO₃
Tb_{0.95}Vi_{0.05}MnO₃
(керамика)



При понижении температуры $T = 15 - 40$ К в $TbMnO_3$ полностью теряется поляризация, т.е. вместо $1/3a_0$ наблюдаем почти 0, поэтому ошибки в λ составляют ∞ . В допированном $Tb_{0.95}Vi_{0.05}MnO_3$ ниже 40 К наблюдаем только половину поляризации.

Исследование магнитных свойств феррожидкости с наночастицами феррита кобальта

μ SR-метод был применен для исследования образцов феррожидкости на основе воды с объемной концентрацией наночастиц CoFe_2O_4 0,5% и 3%. Измерения проводились в диапазоне температур (26÷300) К во внешнем перпендикулярном магнитном поле, с охлаждением образца: ZFC и FC.

Было обнаружено, что, независимо от режима охлаждения, в обоих образцах диамагнитная (мюонная) фракция в феррожидкости образуется примерно в той же пропорции, что и в чистой H_2O . Однако, скорость релаксации и частота прецессии спина мюона в феррожидкости с концентрацией наночастиц 3% зависят от условий охлаждения образца и значительно отличаются от аналогичных данных для H_2O . Данные результаты указывают на то, что магнитные наночастицы феррита кобальта размером 8.5 нм обладают высоким коэффициентом магнитной анизотропии.

Было обнаружено магнитное поле, образованное в феррожидкости однодоменными наночастицами. В случае феррожидкости с концентрацией наночастиц 3%, охлажденной во внешнем магнитном поле величиной 525 Э, наночастица создает в среде дополнительное магнитное поле величиной 4,7 Э. Также было получено указание на то, что коэффициент магнитной анизотропии меняется с уменьшением размера наночастиц.

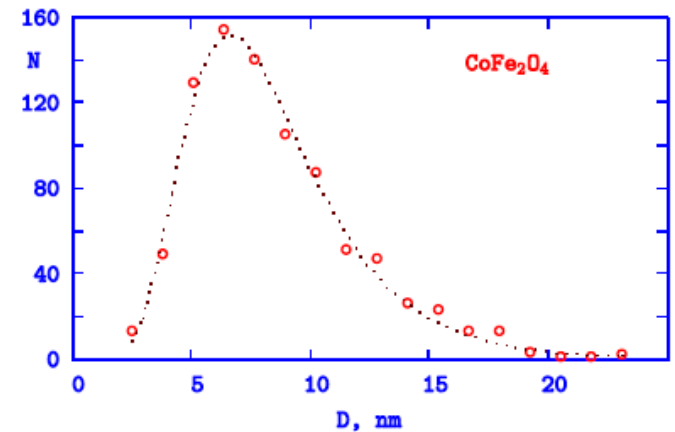


Fig.1 The size distribution of the CoFe_2O_4 nanoparticles for sample S2.

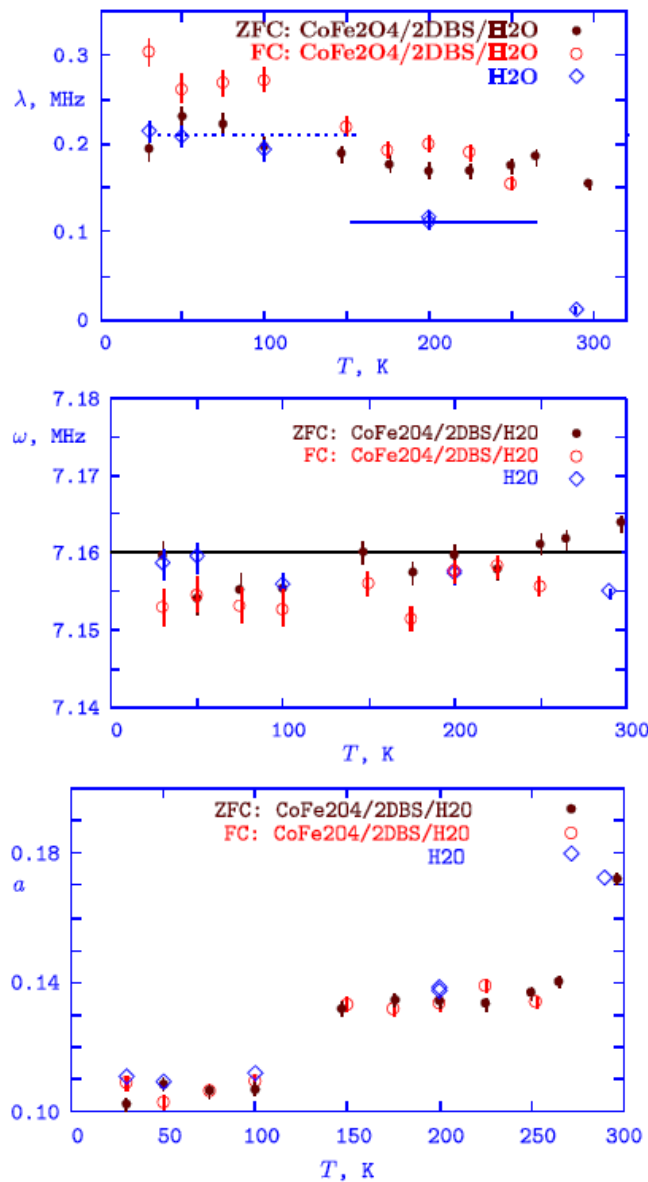


Fig. 2 The temperature dependence of muon spin precession amplitude (a), frequency (ω) and relaxation rate (λ) in the sample S1 (0.5% concentration of CoFe_2O_4 nanoparticles in H_2O) measured in magnetic field $B \approx 525$ G.

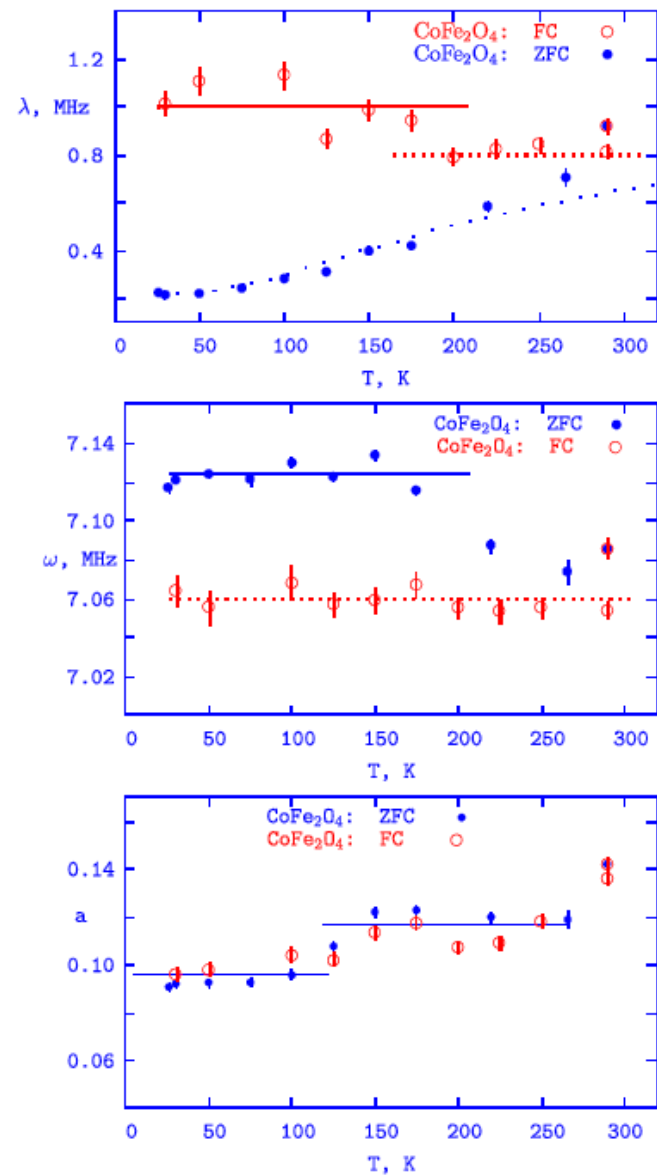


Fig.3 The temperature dependence of amplitude, frequency and relaxation rate of the muon spin precession in sample S2 (3% concentration of CoFe_2O_4 nanoparticles in H_2O) measured in magnetic field $B \approx 525$ G.

План на 2016 год

1. Приготовление образцов и исследование фазовых переходов и распределения локальных внутренних магнитных полей в мультиферроиках (ErMn_2O_5 , TbMn_2O_5 , TbMnO_3 и $\text{Tb}_{0,95}\text{Bi}_{0,05}\text{MnO}_3$).

Совместно с ФТИ и.м.А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург.

2. Исследование наноструктурированных магнитных систем.

Планируется продолжить исследования изменения частоты прецессии мюона в феррожидкости в зависимости:

а) от концентрации магнитных наночастиц ($\sim 0 \div 10\%$);

б) от состава образцов (CoFe_2O_4 и MnFe_2O_4 диспергированных в воде H_2O).

совместно с ОИЯИ (Дубна);

Национальный институт физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея (Румыния);

Центр фундаментальных и передовых технических исследований (Румыния);

Институт исследования и развития электротехники (Бухарест, Румыния).

3. Модернизация установки.

Совместно с ЛКСТ, если будет одобрена заявка на грант РФФИ №16-12-10053.



С Новым годом!