

*Приборная база реактора
ВВР-М: старый конь
борозды не портит*

С.В. Григорьев

Петербургский Институт Ядерной Физики
НИЦ «Курчатовский институт»

Научно-исследовательский реакторный комплекс ВВР-М



Одна из базовых установок ТИЯФ, на которой

- 1) ведутся фундаментальные и прикладные исследования в области ФКС и ядерной физики,
- 2) развиваются нейтронные методы исследования вещества,
- 3) производится наработка радионуклидов для медицинских целей.

История создания ВВР-М

В 1956 году началось строительство реактора ВВР-С в ФизТех институте.

29 декабря 1959 года был проведен физический пуск реактора ВВР-М.

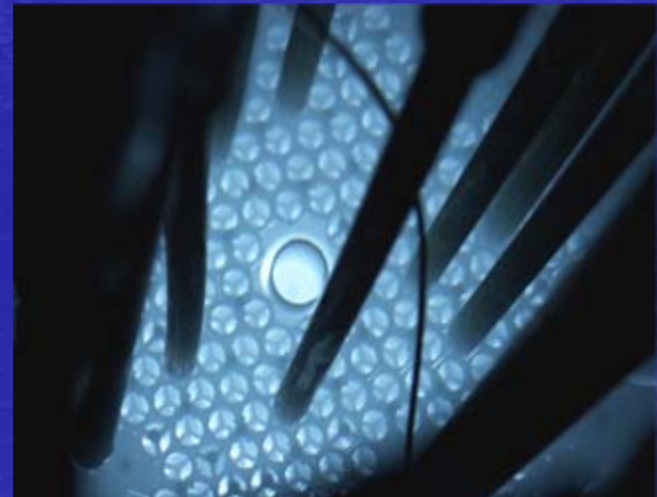
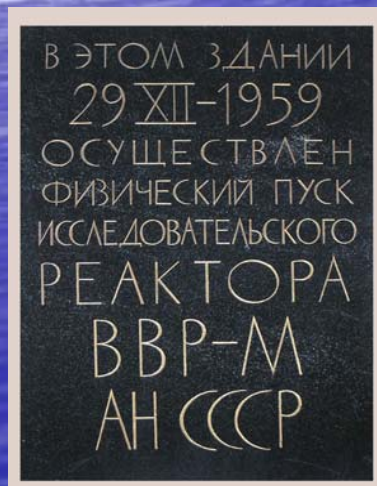
В 1960 году состоялся энергопуск реактора на мощности 10 МВт.

С 1961 года на нем ведутся физические исследования.

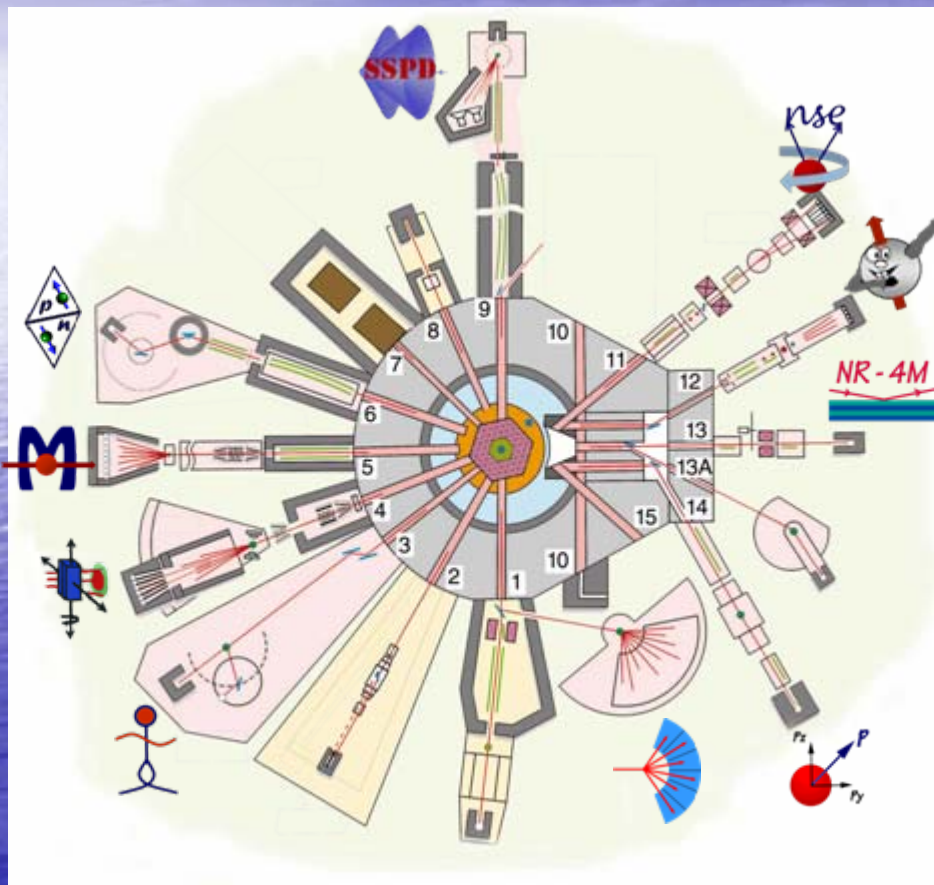
В 1979 году его мощность была доведена до 18 МВт после создания новой ТВС типа ВВР-М5.

В 1986 году в активной зоне реактора был создан жидководородный универсальный источник холодных и ультрахолодных нейтронов

Реактор работает до сих пор на мощности 17 – 18 МВт.

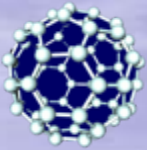


Экспериментальные установки

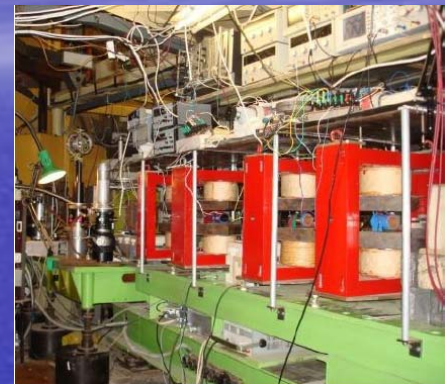
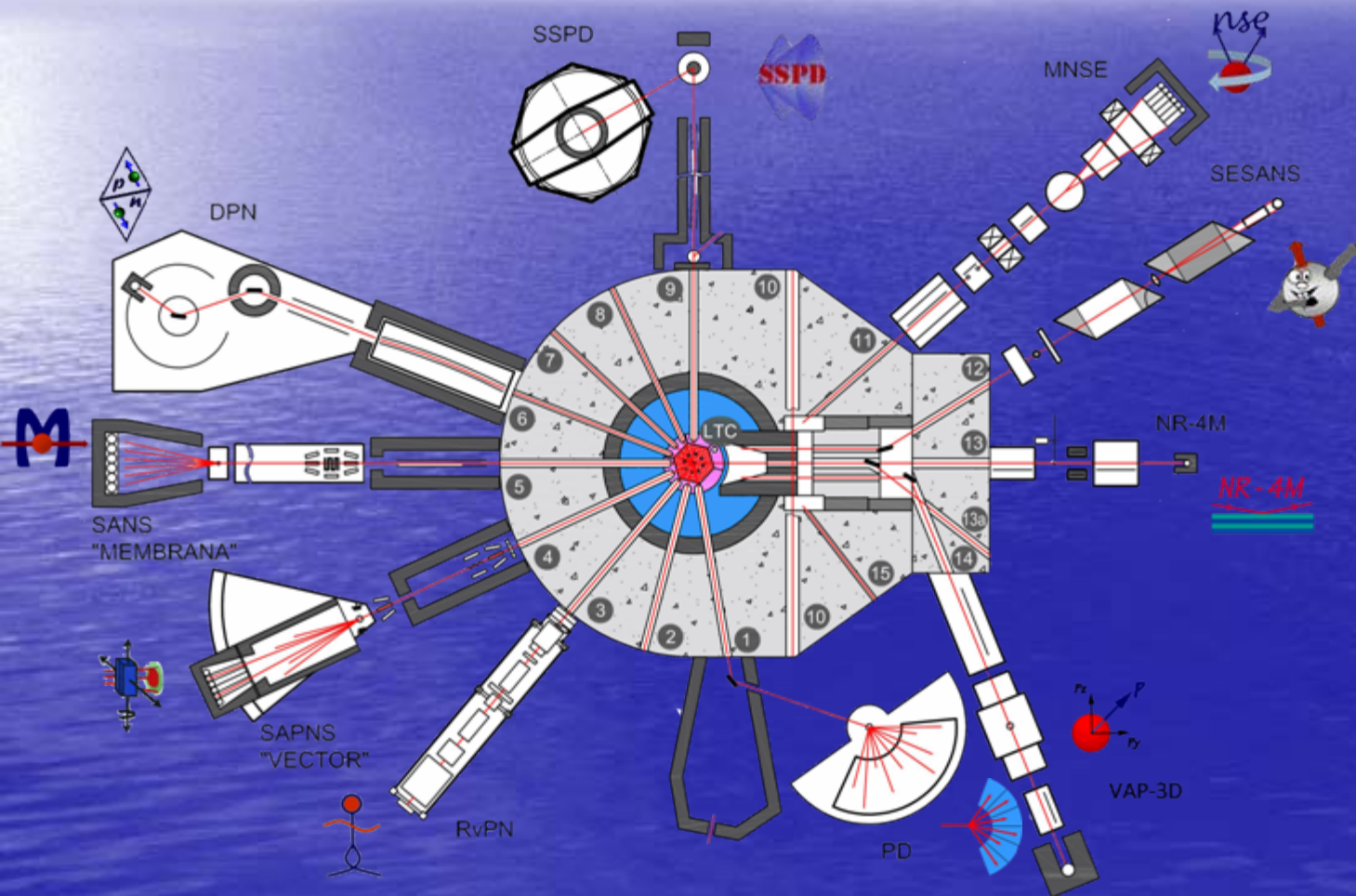


- 1а - кристалл-дифракционный монохроматор нейтронов,
- 1б - 48-счетчиковый порошковый дифрактометр,
- 2 - установка ДЭДМ,
- 3 - рефлектометр «Реверанс»,
- 4 - малоугловой дифрактометр «Вектор»,
- 5 - малоугловой дифрактометр «Мембрана-2»,
- 6 - монокристалльный дифрактометр поляризованных нейтронов,
- 7 - установка НЕЙТРИНО-4,
- 8 - нейтрон-радиационный анализ,
- 9 - порошковый дифрактометр,
- 10 - спин-эхо-спектрометр,
- 11 - установка спин-эхо малоуглового рассеяния нейтронов СЭМУРН,
- 12 - рефлектометр поляризованных нейтронов,
- 13а - четырехкружный дифрактометр,
- 14 - трехмерный анализ поляризации.

Центр коллективного пользования ЦКП НИКС «НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД»



НИКС
ЦЕНТР
КОЛЛЕКТИВНОГО
ПОЛЬЗОВАНИЯ



 НИКС ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

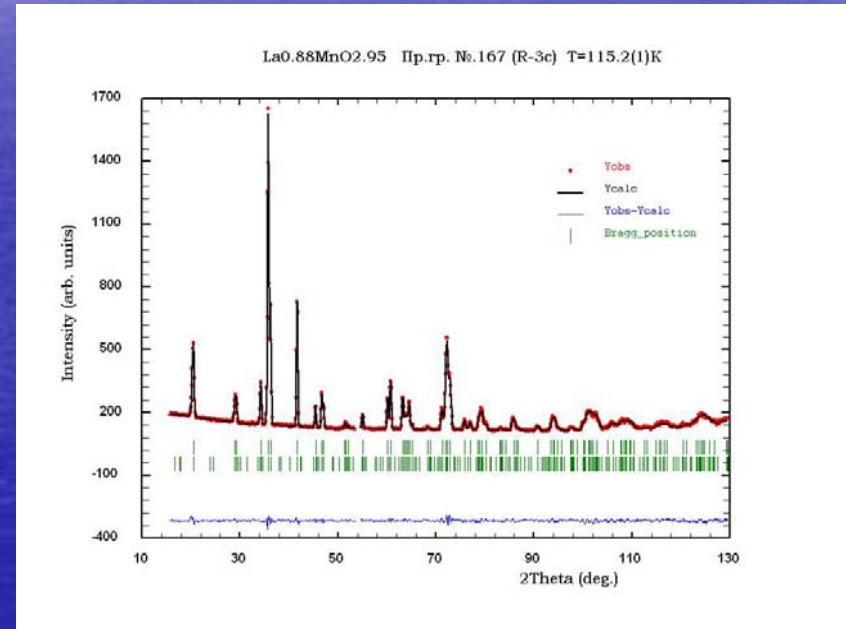
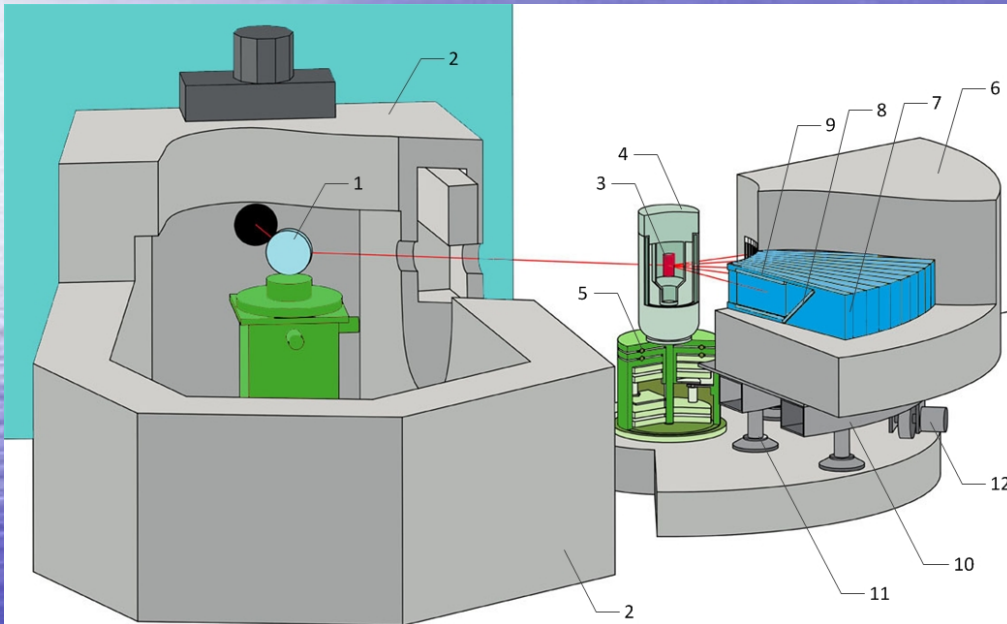
48-СЧЁТЧИКОВЫЙ ПОРОШКОВЫЙ ДИФРАКТОМЕТР - PD, канал №1



Ответственный:
к. ф.-м. н., с.н.с.

Смирнов Олег Павлович

osmirnov@rnp.i.spb.ru
+7 813 71 46372



В. Лазута, В.А. Рыжков, П.Л. Молканов, В.П. Хавронин, Ю.П. Черненко, О.П. Смирнов, И.О.Троянчук, В.А. Хоменко.
Фазовые переходы парамагнетик - ферромагнетик и изолятор-металл $\text{La}_{0.88}\text{MnO}_{2.95}$.
Известия РАН, Серия физическая, т. 75, в.6, стр.1-6 (2012)

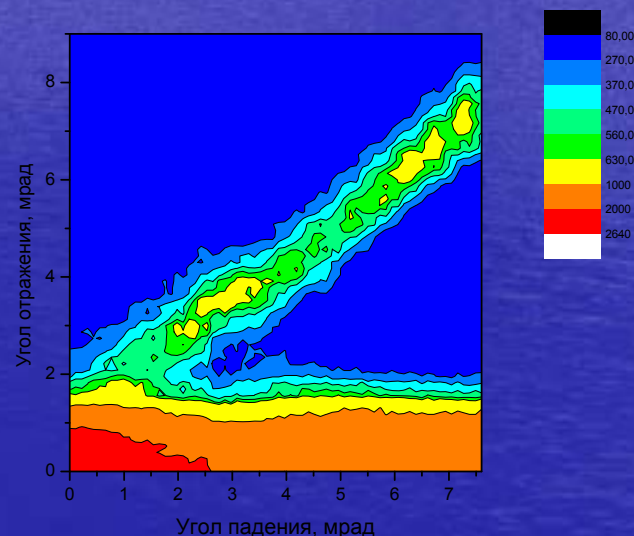
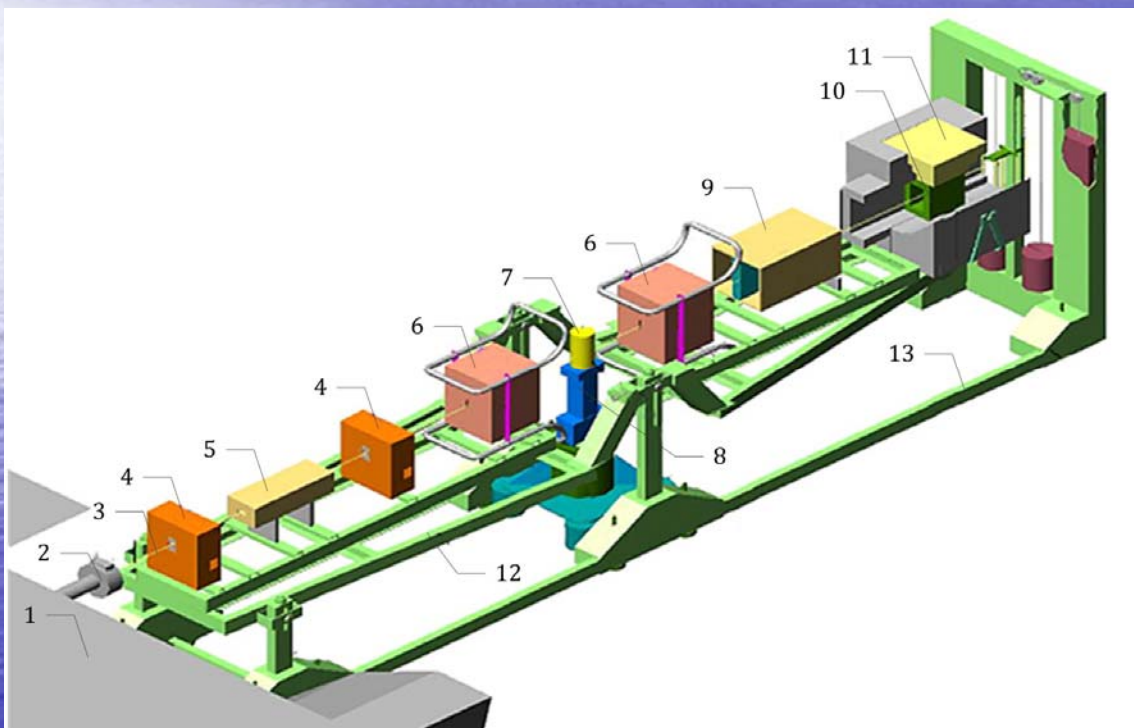
РЕФЛЕКТОМЕТР ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТЬЮ РАССЕЯНИЯ "РЕВЕРАНС" - RvPN , канал №3



Ответственный: н.с.

Забенкин Владимир
Николаевич

zabenkin@pnpi.spb.ru
+7 813 71 46715



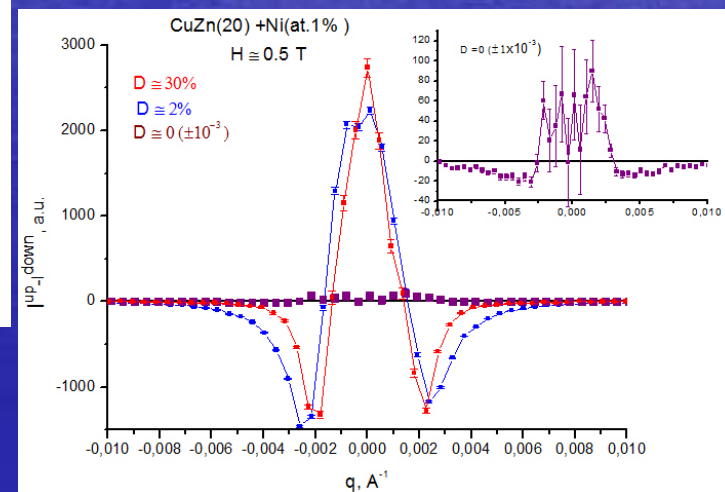
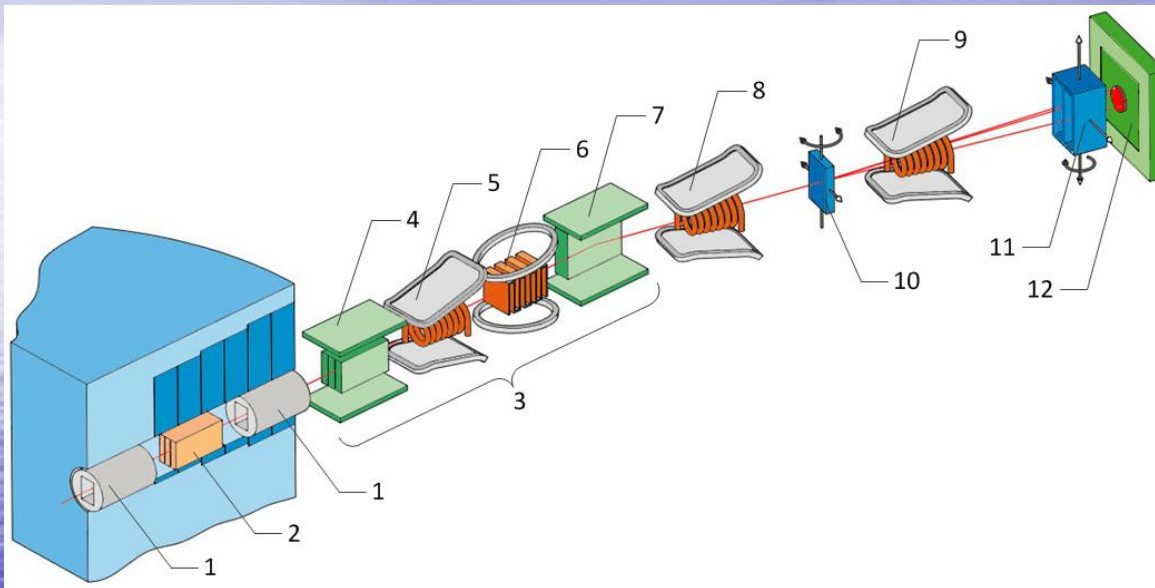
Раджабов А.К., Гордеев Г.П., Аксельрод Л.А., Лазебник И.М., Забенкин В.Н.,
Рефлектометр для исследования поверхности жидких систем,
Кристаллография, т.52, №3, 2007, стр. 585-589.



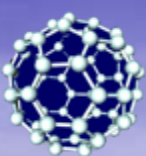
Ответственный:
к. ф.-м. н.,
зав.лаб.

Рунов Владимир
Владимирович

runov@npi.spb.ru
+7 813 71 39354



В. В. Рунов, Д. С. Ильин, М. К. Рунова, А. К. Раджабов,
Изучение ферромагнитных корреляций, обусловленных примесями в немагнитных
материалах, методом малоуглового рассеяния поляризованных нейтронов,
Письма в ЖЭТФ 95(9), 530 (2012).

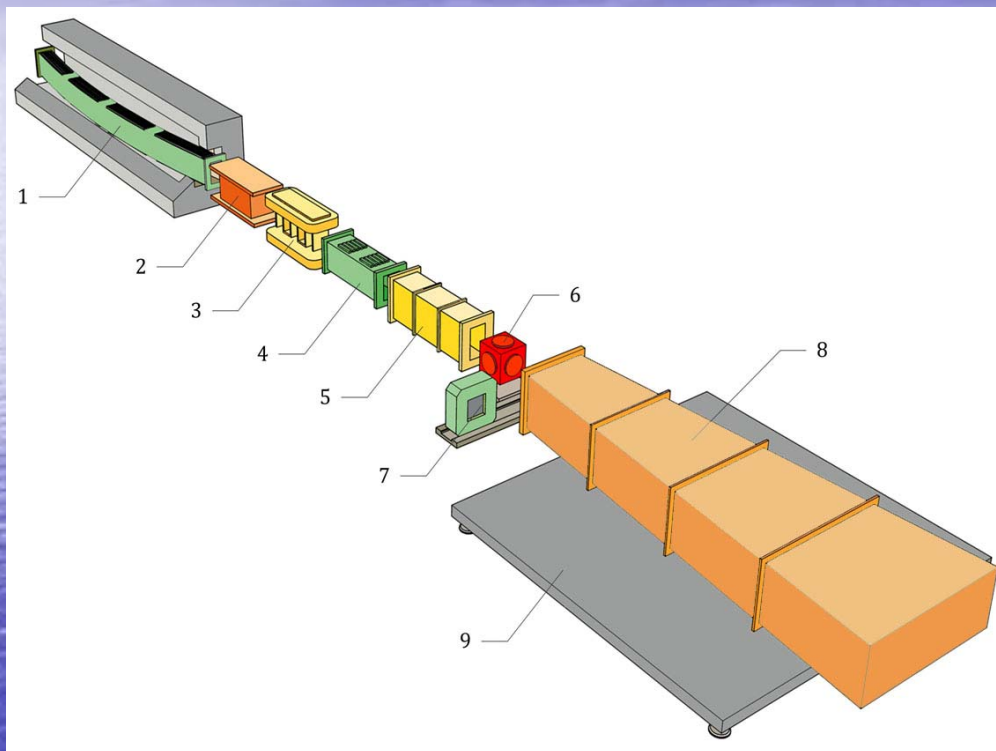


МАЛОУГЛОВОЙ ДИФРАКТОМЕТР "МЕМБРАНА" - SANS "Membrana", канал №5

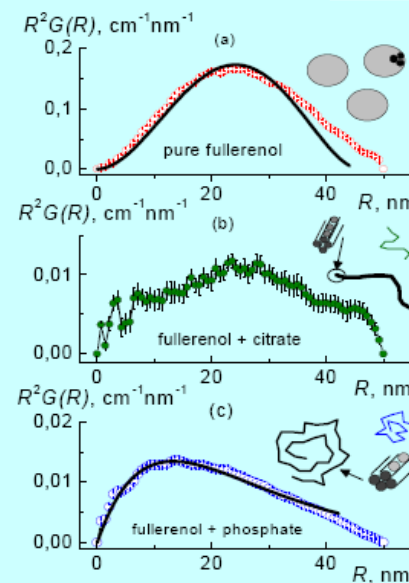
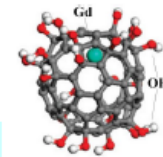


Ответственный: Лебедев Василий
д. ф.-м. н. , вед. н.с. Тимофеевич

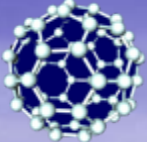
vlebedev@pnpi.spb.ru
+7 813 71 46396



Пример исследований:
фуллеренолы в растворах



Lebedev V.T., Grushko Yu.S., Torok Gy.,
Structure and selfassembly of fullerene-containing molecular systems.
Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. 2013. V. 15. ISS. 3-4. P. 193-198



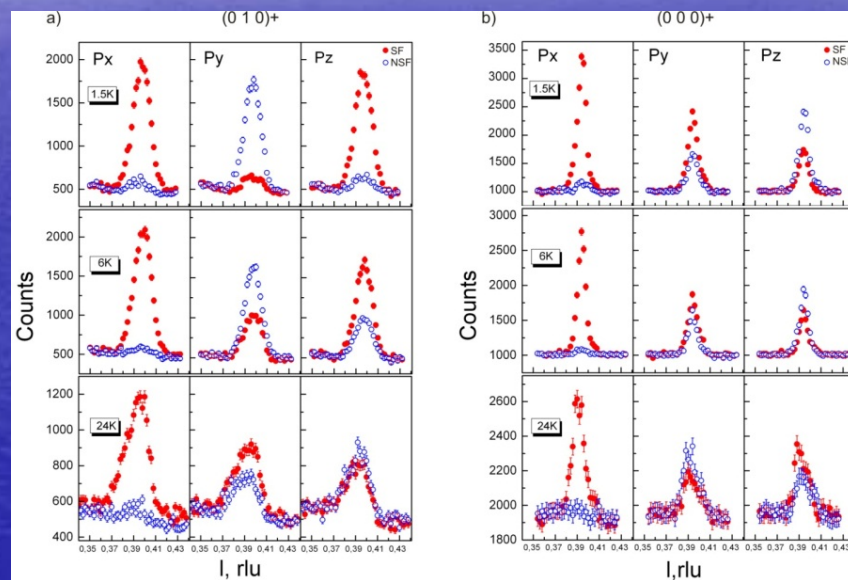
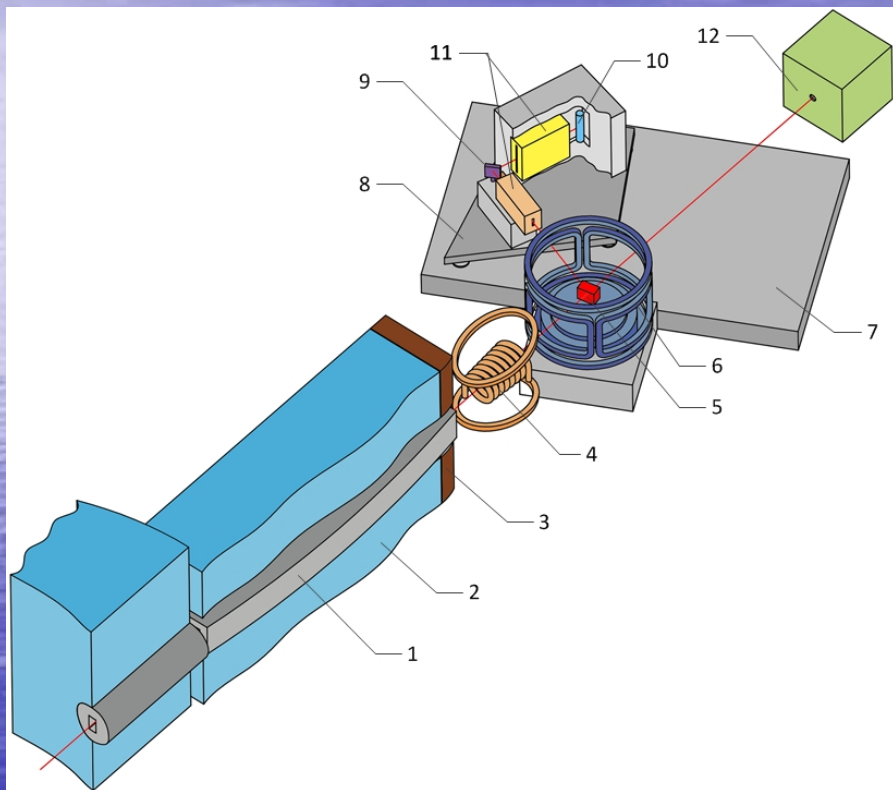
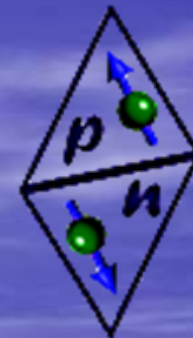
НИКС
ЦЕНТР
КОЛЛЕКТИВНОГО
ПОЛЬЗОВАНИЯ

ДИФРАКТОМЕТР ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ - DPN, канал №6

Ответственный:
к. ф.-м. н., с.н.с.

Зобкало Игорь
Александрович

zobkalo@pnpi.spb.ru
+7 813 71 46416

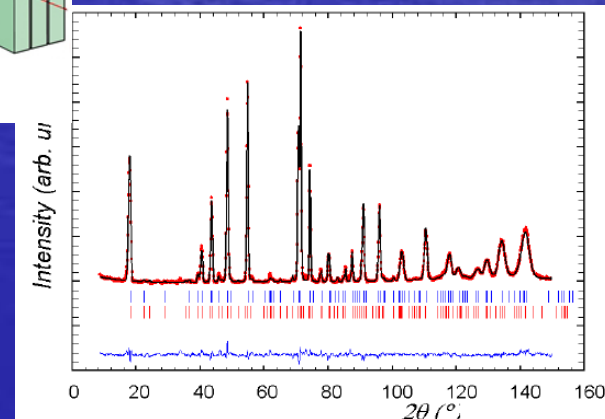
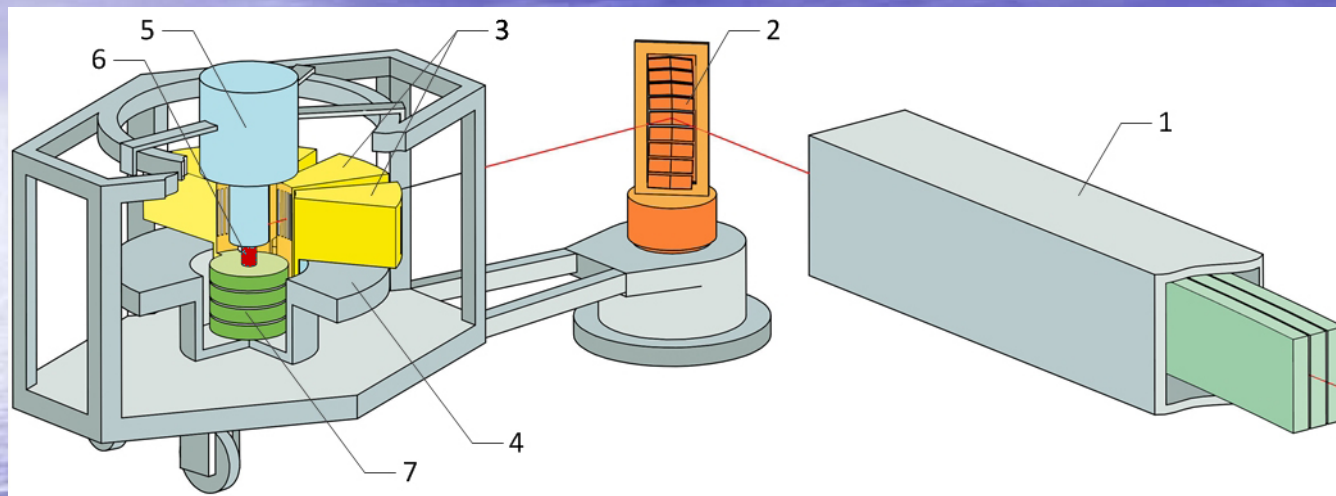


I.A. Zobkalo, S.V. Gavrilov, N.Z. SawNyi, S.N. Barilo, S.V. Shiryayev.
Magnetic ordering in NdMn₂O₅ studied by the neutron diffraction.
J. Magn. Magn.Mater.354, 85-89, 2014.

Ответственный:
д. ф.-м. н. , зав.лаб.

Курбаков Александр Иванович

kurbakov@pnpi.spb.ru
+7 813 71 30173



Ryzhov V.A., Lazuta A.V., Molkanov P.L., Khavronin V.P., Kurbakov A.I., Runov V.V., Mukovskii Ya.M., Pestun A.E., Privezentsev R.V.

«Comparative study of heterogeneous magnetic state above TC in $\text{La}_{0.82}\text{Sr}_{0.18}\text{CoO}_3$ cobaltite and $\text{La}_{0.83}\text{Sr}_{0.17}\text{MnO}_3$ manganite»

Journal of Magnetism and Magnetic Materials 324 (2012) 3432-3436



Ответственный:
к. ф.-м. н. , н.с.

Гартвик Андрей Витальевич

gartvik@lns.pnpi.spb.ru
+7 813 71 46121

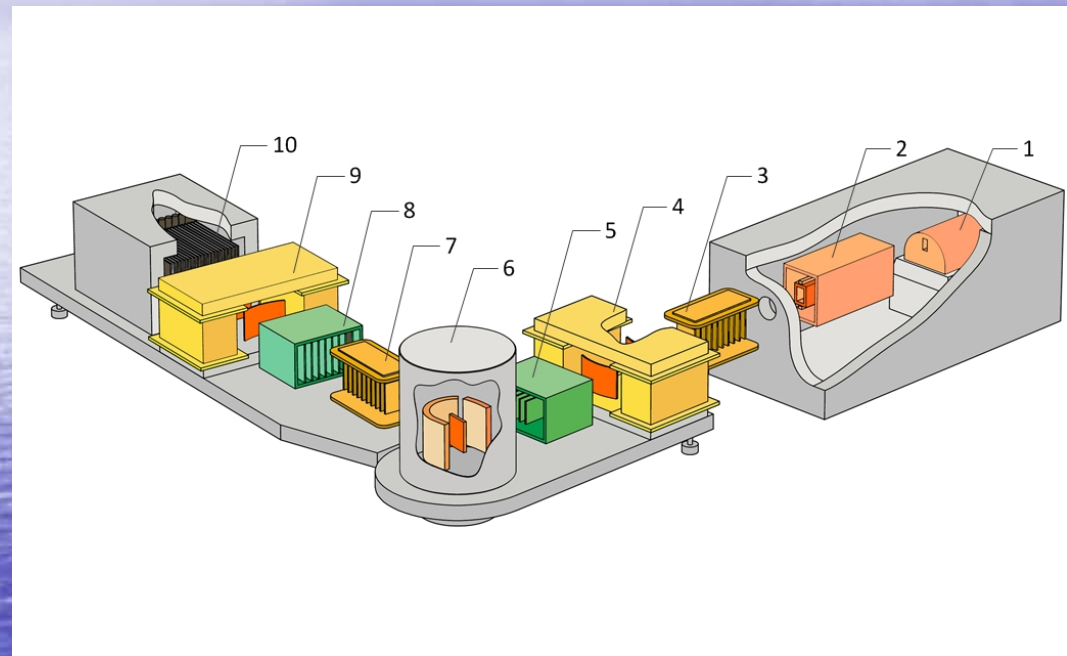
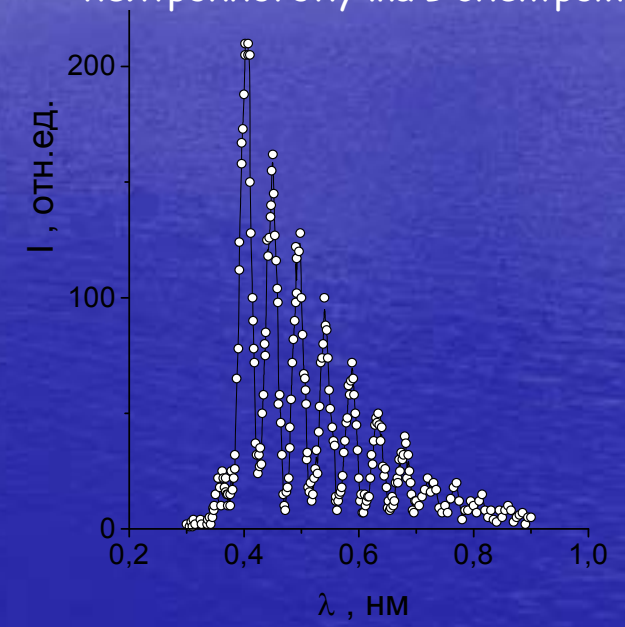
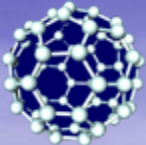


Иллюстрация модуляции спектра
нейтронного пучка в спектрометре



Lebedev V.T., Gordeev G.P., Torok Gy.
Modified NSE with spectrum modulation at PNPI: specific features and applications.
in Lecture Notes in Physics V.601, Neutron Spin Echo Spectroscopy, Ed. F.Mezei, Springer- Verlag,
Berlin-Heidelberg-New York, 2003, P. 65-73.



НИКС
ЦЕНТР
КОЛЛЕКТИВНОГО
ПОЛЬЗОВАНИЯ

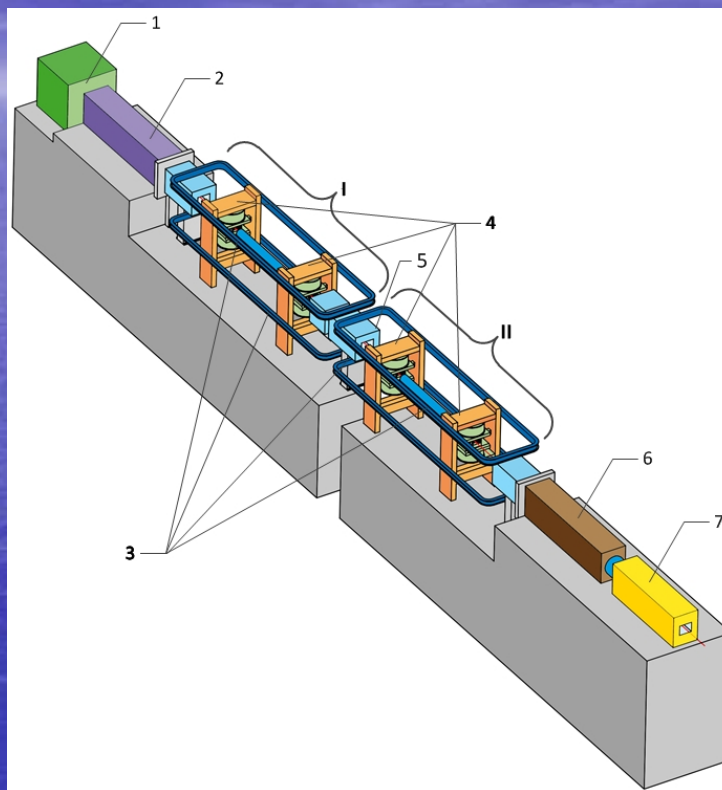
СТИН-ЭХО МАЛОУГЛОВОЙ СПЕКТРОМЕТР - SESANS, канал №12



Ответственный:
к. ф.-м. н., н.с.

Четвериков Юрий Олегович

yurka@Ins.pnpi.spb.ru
+7 813 71 46670



Velichko E. V., Chetverikov Yu. O., Aksel'rod L. A., Zabenkin V. N., Piyadov V. V., Sumbatyan A. A., Kraan W. H., Grigor'ev S. V.

Spin-Echo Small-Angle Neutron Scattering Device: Test Experiment Using SiO₂ Colloidal Particles.
Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2013, Vol. 7, No. 3,
pp. 401-406.

Ответственный:
к. ф.-м. н., с.н.с.

Сыромятников Владислав
Генрихович

svg@pnpi.spb.ru
+7 813 71 46973

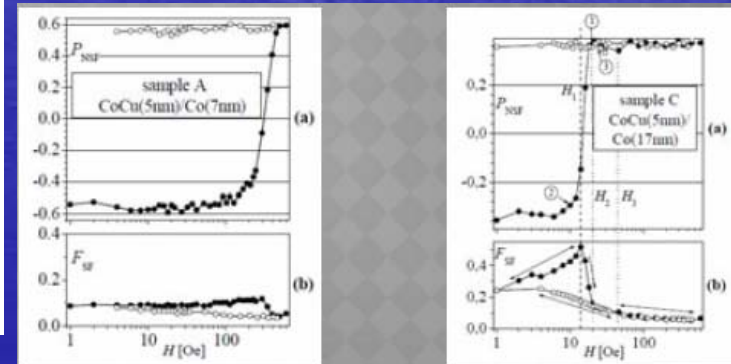
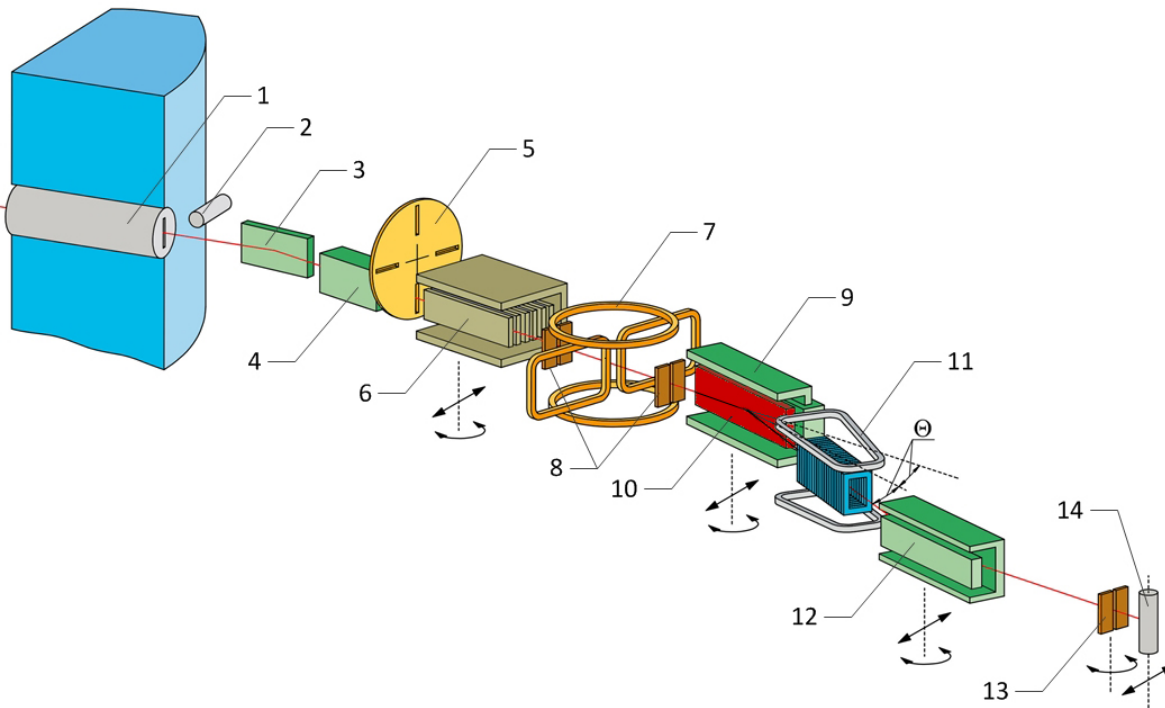
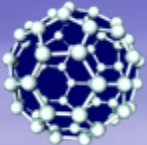


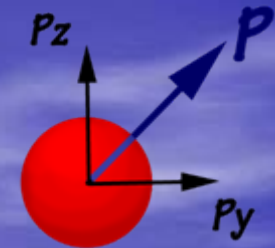
Рис.2. Полевые зависимости P_{NSH} (а) и F_{NSH} (б) для образцов А (CoCu (5 nm)/Co (7 nm)) и С (CoCu (5 nm)/Co (17 nm)). Закрашенные кружки соответствуют нарастанию поля, открытые кружки его убыванию. Двойные (одинарные) стрелки на кривых $F_{NSH}(H)$ показывают границы поля с (не) реверсируемой намагниченностью.

N.K. Pleshanov, A.P. Bulkin, V.G. Syromyatnikov.
A new method for improving polarizing neutron coatings.
Nuclear Instruments and Methods A 634 (2011) s63-s66.



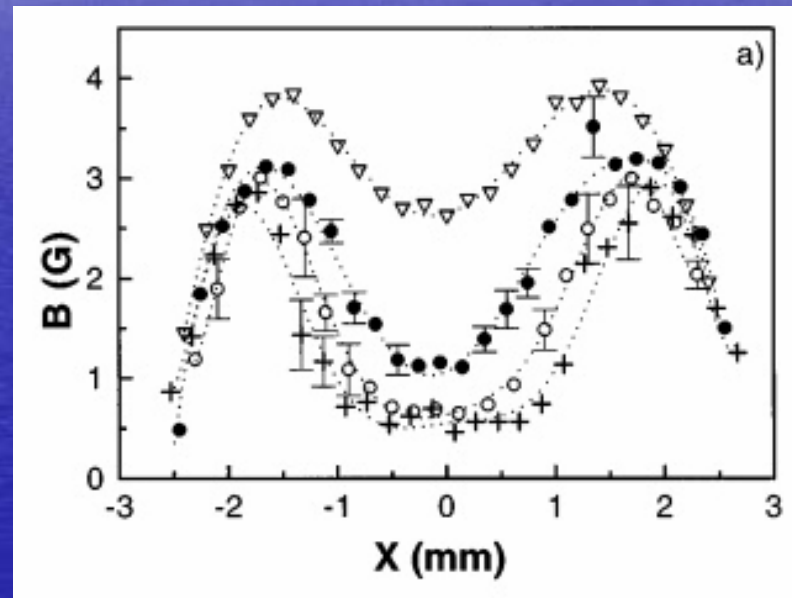
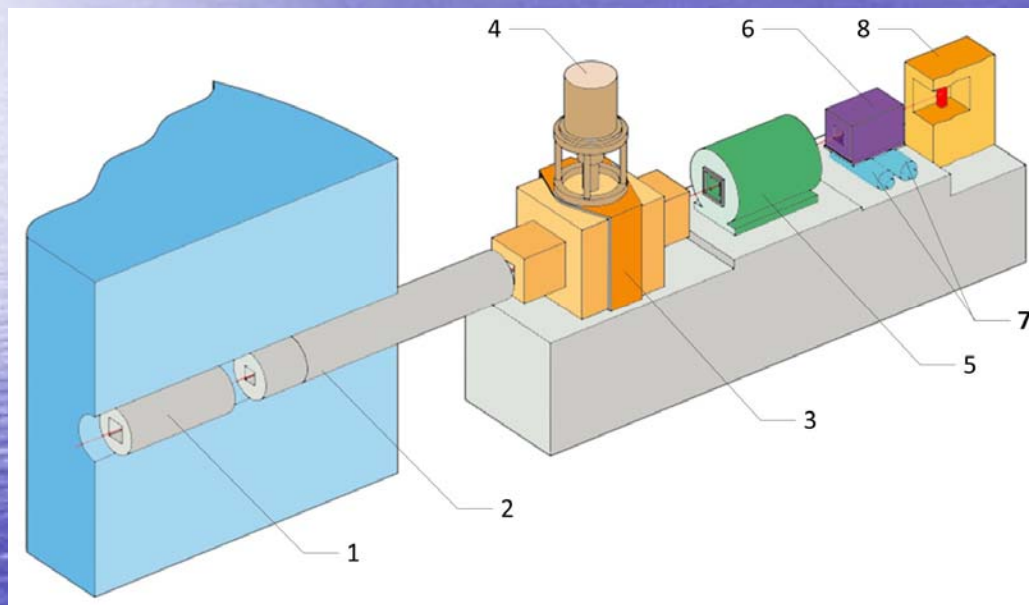
НИКС
ЦЕНТР
КОЛЛЕКТИВНОГО
ПОЛЬЗОВАНИЯ

НЕЙТРОННЫЙ ПОЛЯРИМЕТР - VAR-3D, канал №14



Ответственный:
с.н.с.

Аксельрод Леонид Абрамович axelrod@npi.spb.ru
+7 813 71 46168



Gordeev G. P., Zabenkin V. N., Axelrod L. A., Wagner V., Lazebnik I. M., Eckerlebe H.,
Investigation of Magnetic Mesostructure of $(\text{Pd}_{0.984}\text{Fe}_{0.016})_{0.95}\text{Mn}_{0.05}$ Alloy by Polarized Neutrons
Physica B, 2007, v. 397, 33-35.

Направления исследований центра

Атомная структура и свойства материалов

Магнетизм и магнитные структуры

Наночастицы нанокompозиты и структуры

Облученные материалы и радиационные дефекты

Органические молекулярные структуры

Разработка техники и методик рассеяния нейтронов

методы порошковой дифракции

методы дифракции поляр./неполяр. нейтронов на монокристаллах и порошках.

методы МУРН, порошковой дифракции и рефлектометрии.

Интегральные физические методы, МУРН

Метод МУРН, интегральные физические методы.

Рентгеновская и синхротронная дифракция, малоугловое рассеяние, рефлектометрия и другие комплементарные методы

*Старый конь борозды не
портит, 😊 ...
но пашет мелко ☹️ ...*

Учебный центр СПбГУ Кафедра Нейтронной и синхротронной физики на базе ВВР-М



Визит сотрудников, студентов и аспирантов кафедры на ТИК

Кафедра Нейтронной и синхротронной физики СПбГУ

Преподаватели кафедры -
сотрудники ПИЯФ:

- Аристов Д.Н.
- Григорьев С.В.
- Зобкало И.А.
 - Ежов В.Ф.
 - Ильин Д.С.
- Курбаков А.И.
- Москвин Е.В.
- Сыромятников А.В.
- Сыромятников В.Г.
 - Федоров В.В.
- Сизанов Алексей (постдок)
- Сорокин Александр (постдок)

Преподаватели кафедры
не-сотрудники ПИЯФ:

- Вахрушев С.Б.
- Григорьева Н.А.
- Клементьев Е.С. (приглаш.)
- Ковальчук М.В.
- Мистонов А.А.
- Полиничко А.А.
- Чернышов Д.Ю.(приглаш.)
- Черниговская Т.В.
- Вальковский Глеб (постдок)
- Быков Алексей (постдок)

Обучаются

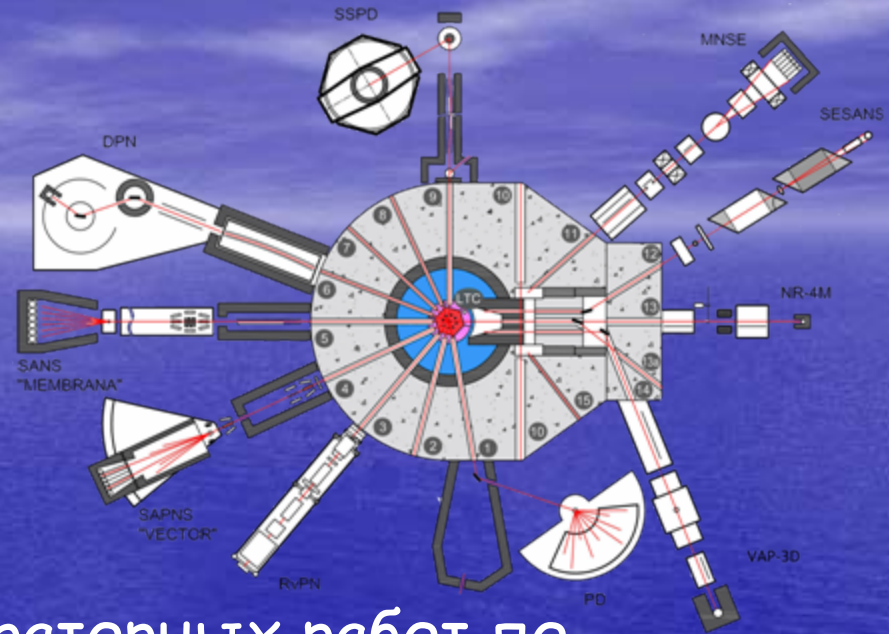
7 студентов 6 курса;
3 студентов 5 курса;
3 студента 3 курса
3 аспиранта

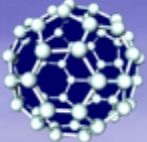
Осуществление образовательного процесса для студентов и аспирантов кафедры НИСФ на базе ВВР-М

Выпущен сборник лабораторных работ по нейтронной физике для магистрантов 1-го года обучения

Подготовлен сборник лабораторных работ по физике поляризованных нейтронов для магистрантов 2-го года обучения.

Переоснащается учебная установка «Пучок поляризованных нейтронов» для проведения лабораторных работ и тестов.

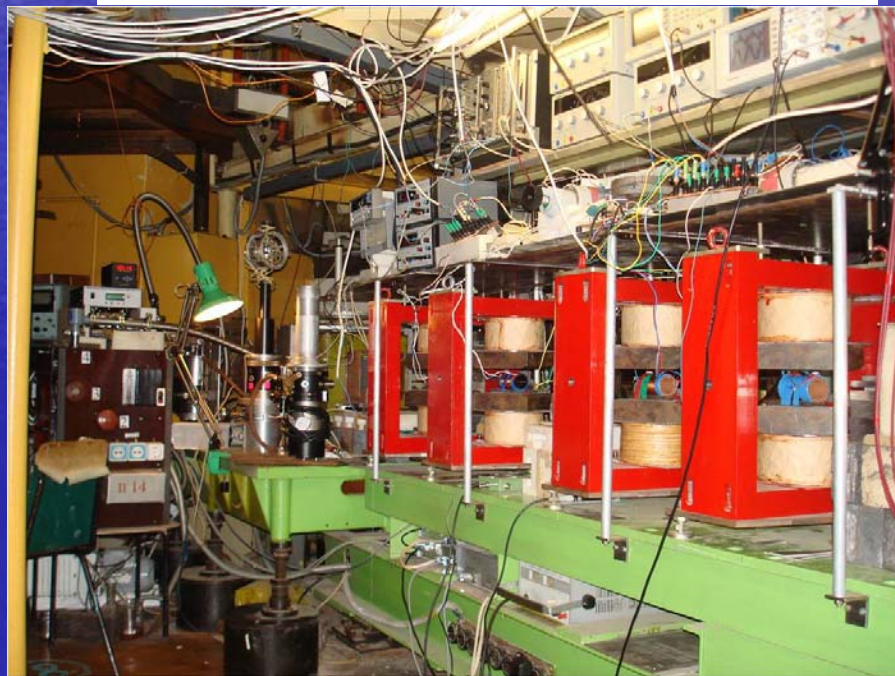
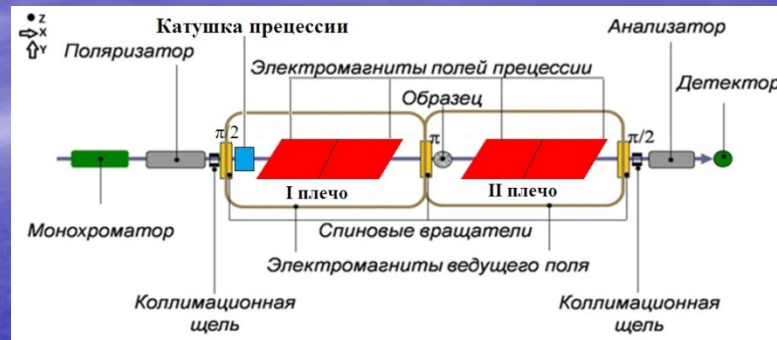
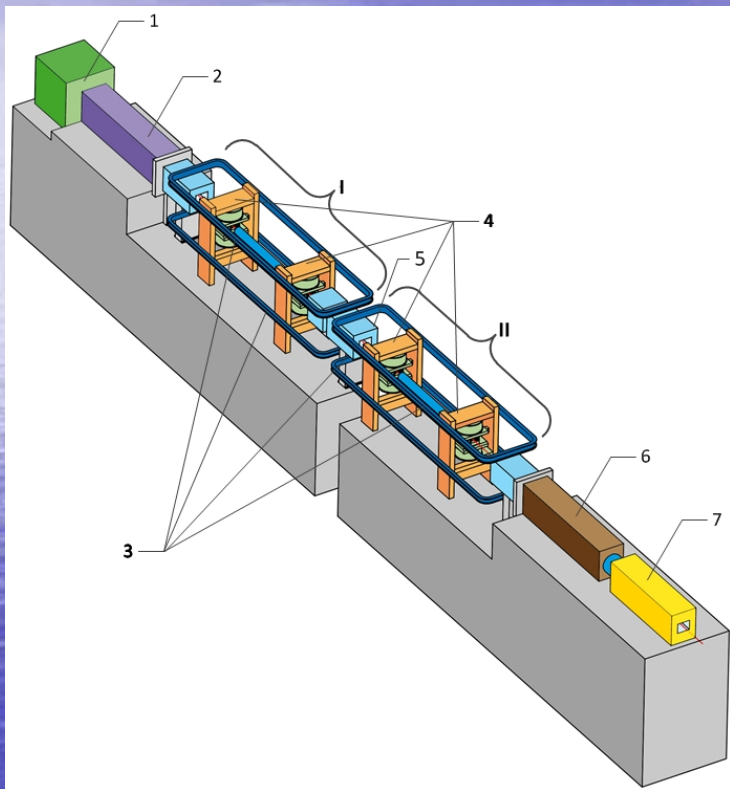




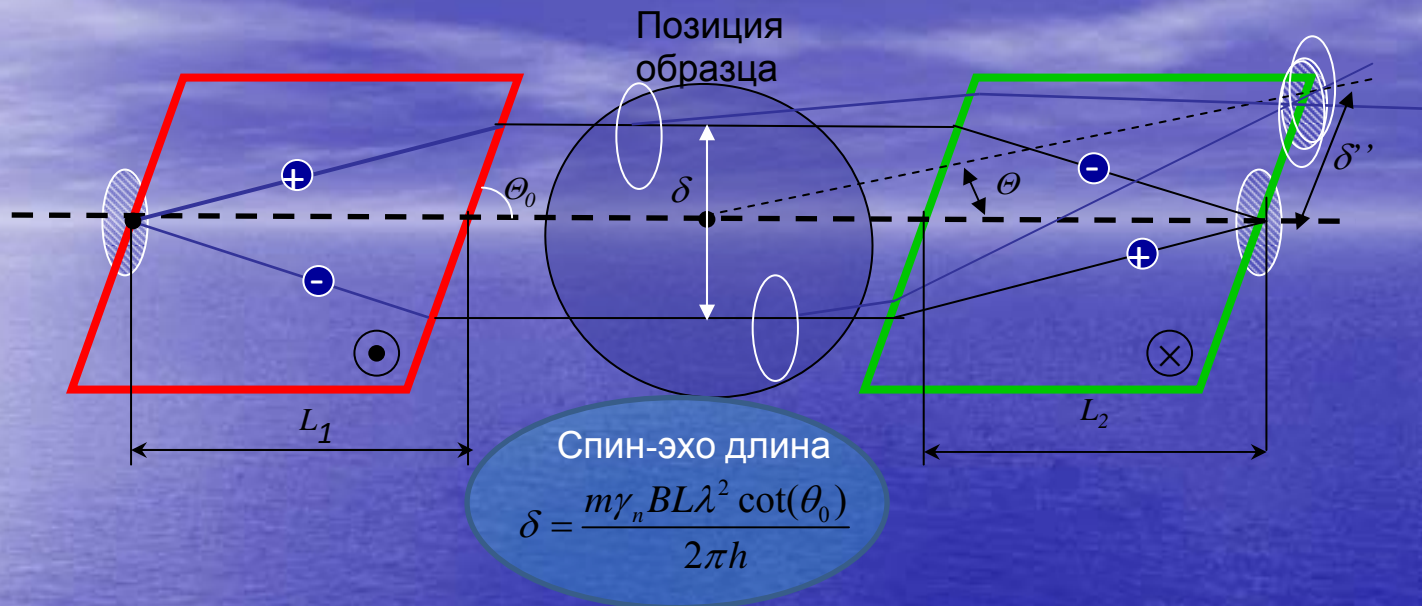
НИКС
ЦЕНТР
КОЛЛЕКТИВНОГО
ПОЛЬЗОВАНИЯ

СТИН-ЭХО МАЛОУГЛОВОЙ СПЕКТРОМЕТР

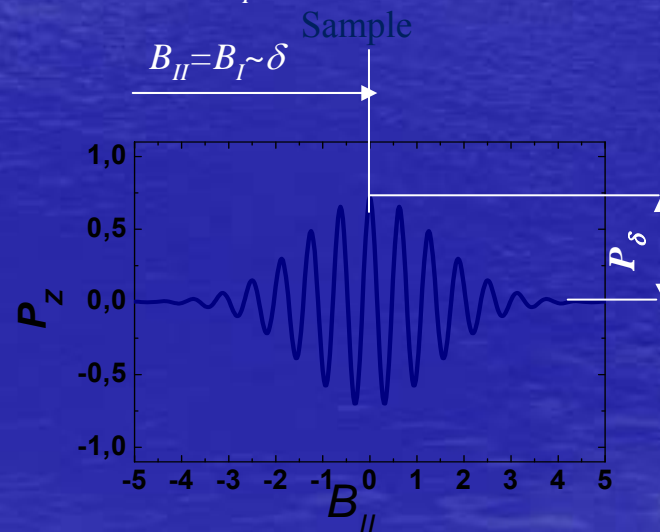
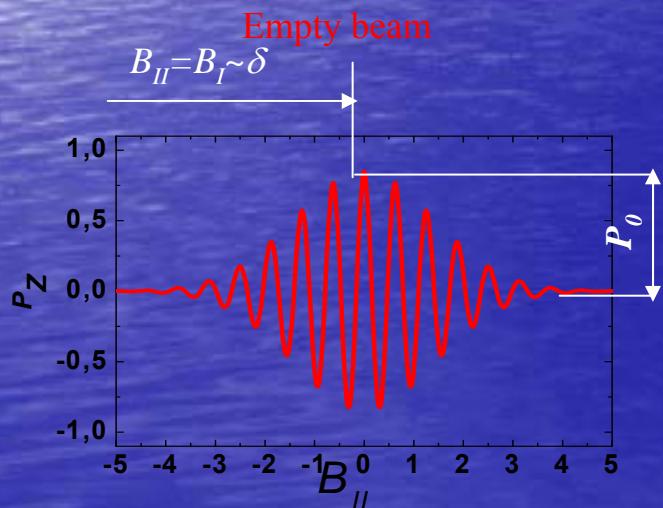
Макет установки СЭМУРН, канал №14



Поляризация как индикатор рассеяния



Сканирование по полю $B_{||}$ при $\delta = \text{const}$ ($B_{\perp} = \text{const}$):

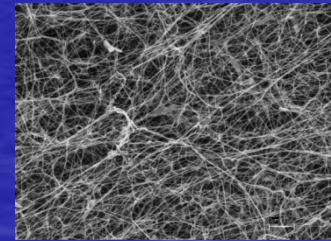
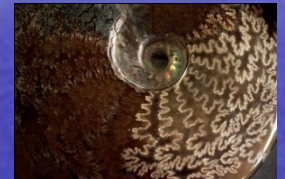
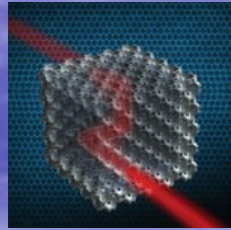


Характеристики макета/установки

	SESANS PNPI	SESANS PNPI upgrade
Monochromator	Ge single crystal	Ge single crystal
λ (nm)	0,23	0,23
B (T)	0... 0,15	0... 0,15
L_B (m)	0,6	1,5
Θ_0 (deg.)	45	5,5
Range δ (nm)	30–500	30-10 000
Scanning δ by	B	B
Beam size and length of the setup Z, Y, X (mm)	$5 \times 5 \times 3\ 500$	$10 \times 10 \times \sim 6\ 500$
Detector	He3-tube D=2,5 см	He3-tube D=2,5 см

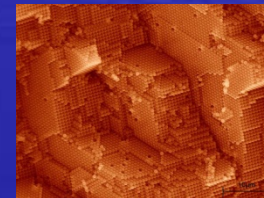
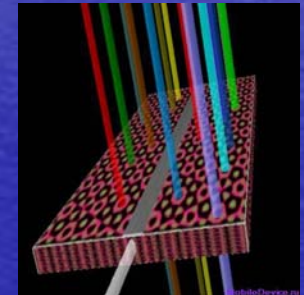
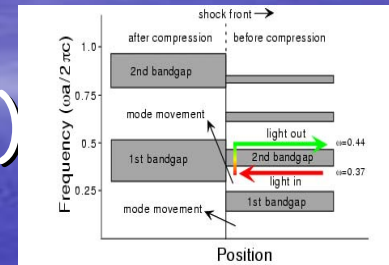
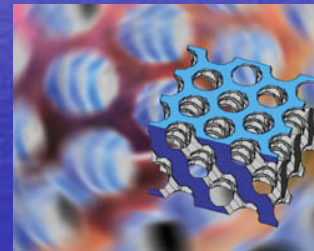
Применение метода SESANS

- Исследование фотонных кристаллов
- ... образцов фрактальной природы
- ... керамических функциональных материалов
- ... полимерных функциональных материалов и композитов на их основе
- ... биологических объектов (ядра клеток высших животных)
- ... магнитных материалов



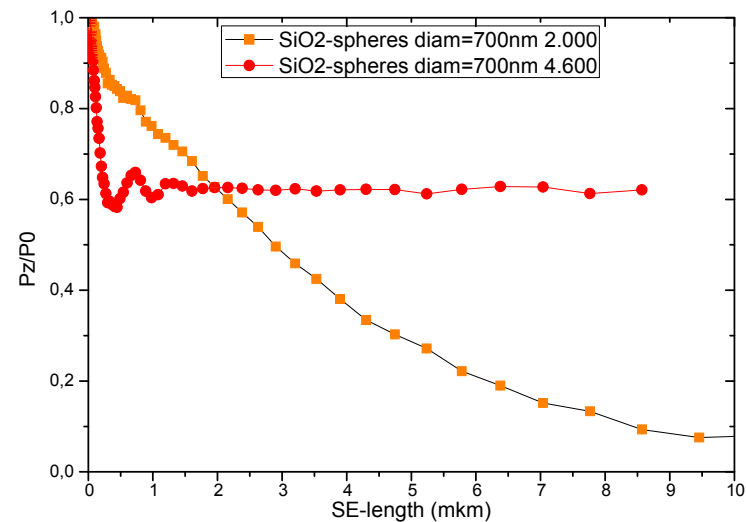
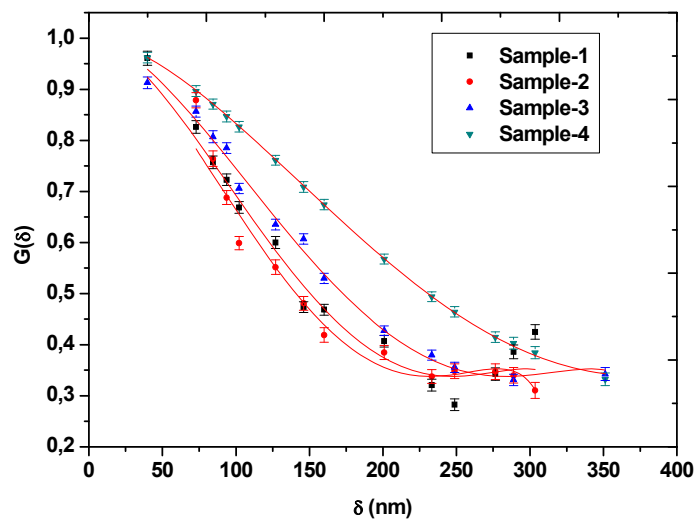
1. Фотонные кристаллы. Применение

- Лазеры с фотонными кристаллами (ФК)
- Волноводы на основе ФК
- Суперлинзы на основе ФК
- Дисплеи на основе ФК
- Запоминающие устройства на ФК
- Фотонные сверхпроводники



http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%88%D0%B9_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB

Исследования ФК методом SESANS

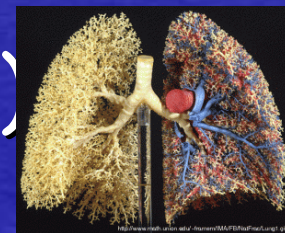
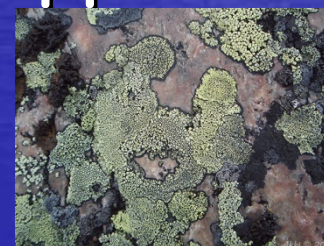


Образец	265	320	400	500	700	850	1050
Средний D, нм	260±5	328±5	405±5	506±5	700±10	860±10	1050±10
Полидисперсность	10%	8%	8%	6%	5%	5%	5%

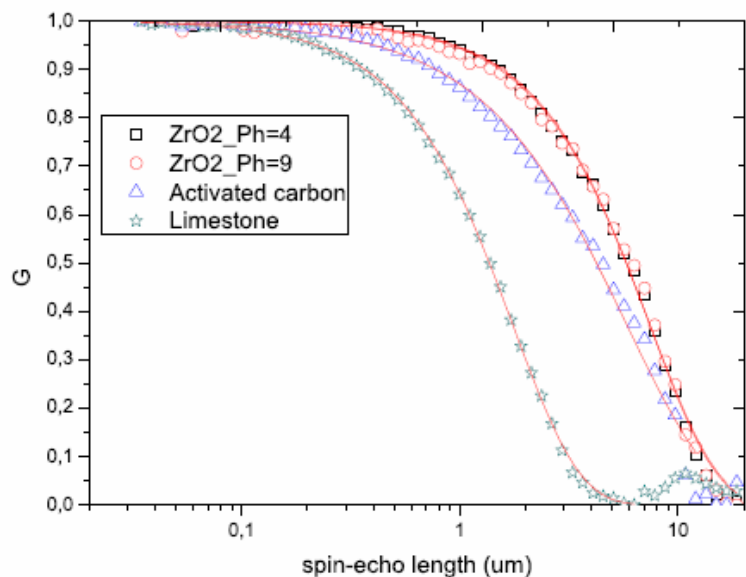
Фракталы в народном хозяйстве:

Вещества с высоко развитой внутренней (объемные фракталы) и внешней (поверхностные фракталы) поверхностью.

- Используются как
- сорбенты (абсорбция и адсорбция)
- газовые фильтры
- катализаторы.

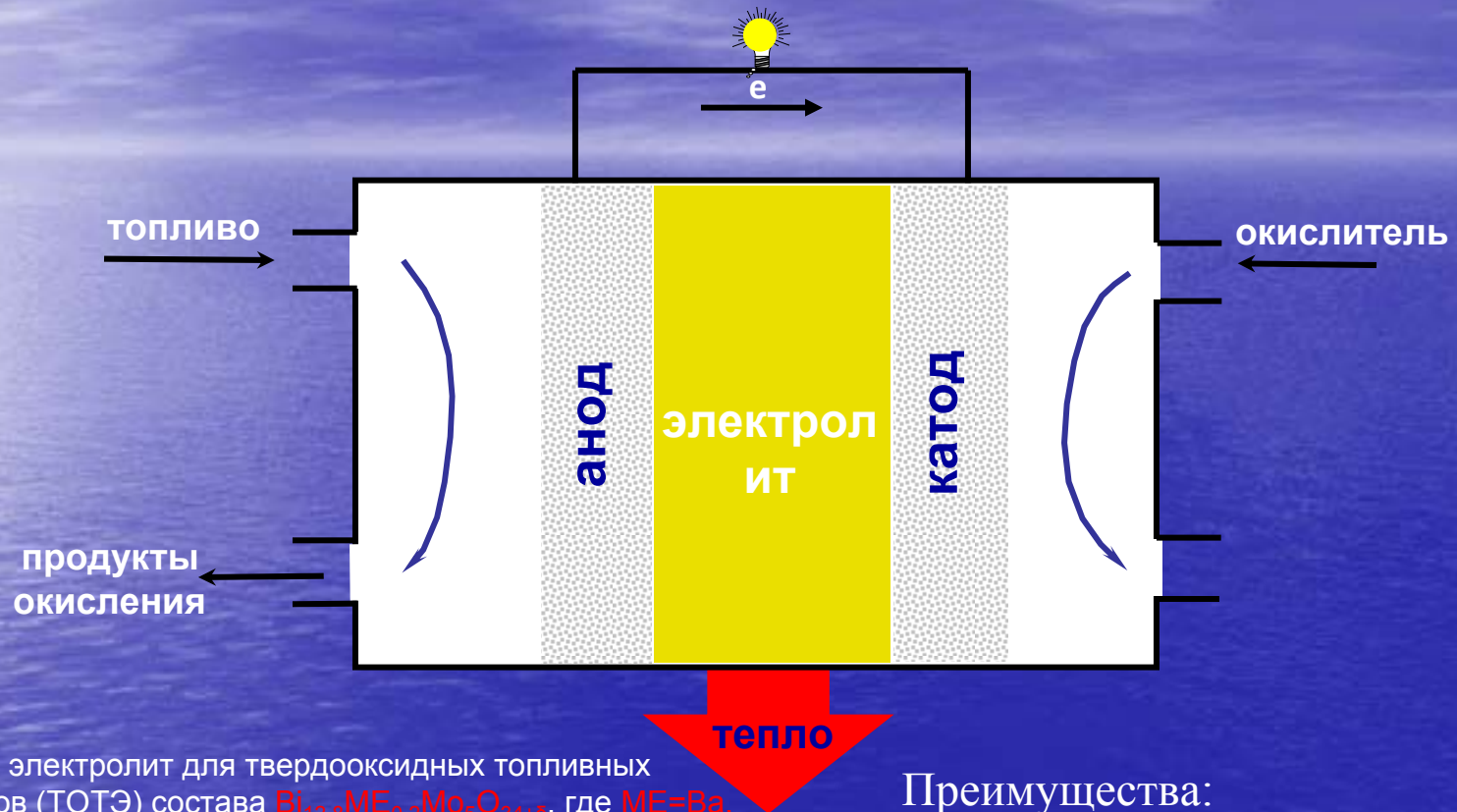


Исследования фракталов методом SESANS



Sample	SANS	SESANS $30\text{nm} \leq \delta \leq 20\mu\text{m}$ $1.6 \cdot 10^{-5} \leq q \leq 0.01 \text{Å}^{-1}$
ZrO ₂ , pH=4	$\Delta = 3.97 \pm 0.04$ $2 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 0.25 \text{Å}^{-1}$	$\Delta = 3.88 \pm 0.04$
ZrO ₂ , pH=9	$\Delta = 3.4 \pm 0.04$ $2 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 0.25 \text{Å}^{-1}$	$\Delta = 3.49 \pm 0.04$
Act. carb	$\Delta = 3.0 \pm 0.1$ $3 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 0.1 \text{Å}^{-1}$	$\Delta = 2.88 \pm 0.14$
Limestone	Predicted: $\Delta = 4$	$\Delta = 4.3 \pm 0.06$

Керамические функциональные материалы



Твердый электролит для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) состава $\text{Bi}_{1,2,8}\text{ME}_{0,2}\text{Mo}_5\text{O}_{34,5}$, где $\text{ME}=\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Mg}$.

Образцы приготовлены по стандартной керамической технологии, спрессованы на гидравлическом прессе и отжигались при T близкой к $T_{\text{melt}} \sim 850^\circ$ в течение разного времени (6, 19 и 43 часа)

- 1) Sung Ho Park, Young Duk Lee, Kook Young Ahn. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 39, Issue 4, 22 January 2014, Pages 1799-1810
- 2) Shin'ya Obara, Jorge Morel. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 39, Issue 5, 4 February 2014, Pages 2297-2312

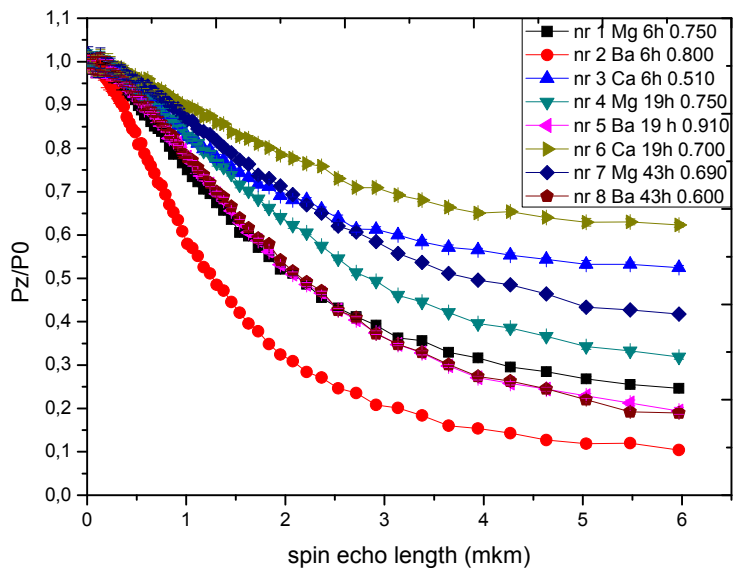
Преимущества:

1. высокая эффективность (70-80%);
2. экологичность;
3. Большое время службы.

Результаты экспериментов на по SESANS на твердых электролитах

Исследовали твердый электролит для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) состава $\text{Bi}_{12.8}\text{ME}_{0.2}\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$, где $\text{ME}=\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Mg}$.

Образцы приготовлены по стандартной керамической технологии, спрессованы на гидравлическом прессе и отжигались при T близкой к $T_{\text{melt}} \sim 850^\circ$ в течение разного времени (6, 19 и 43 часа)

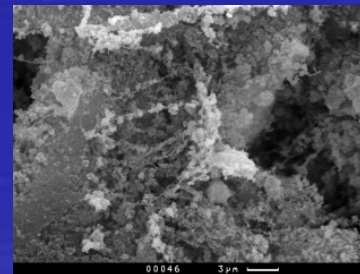
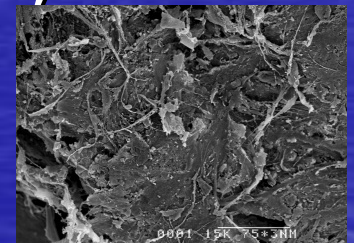
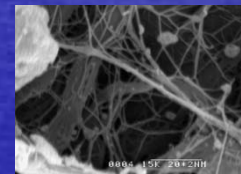
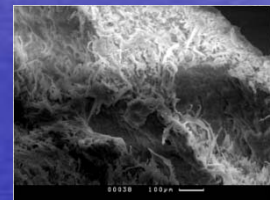


- Диаметры пор не превышают 10 мкм.
- Поры сферической формы, отдельно стоящие, не образуют агломераций и каналов.
- Объемная доля пор не превышает 5%.
- С увеличением времени отжига образцов средний диаметр пор снижается. Однако, отжиг свыше 19 часов не вносит существенного вклада.

Полимерные функциональные материалы и композиты

Бактериальная целлюлоза (БЦ) – типичный представитель ПФМ. Она и композиты на ее основе находят широкое применение в современном мире:

- Медицина – диализаторы для искусственных почек, имплантаты, пластыри/вата/бинты;
- В пищевой промышленности – основа диетического питания;
- И многое другое...

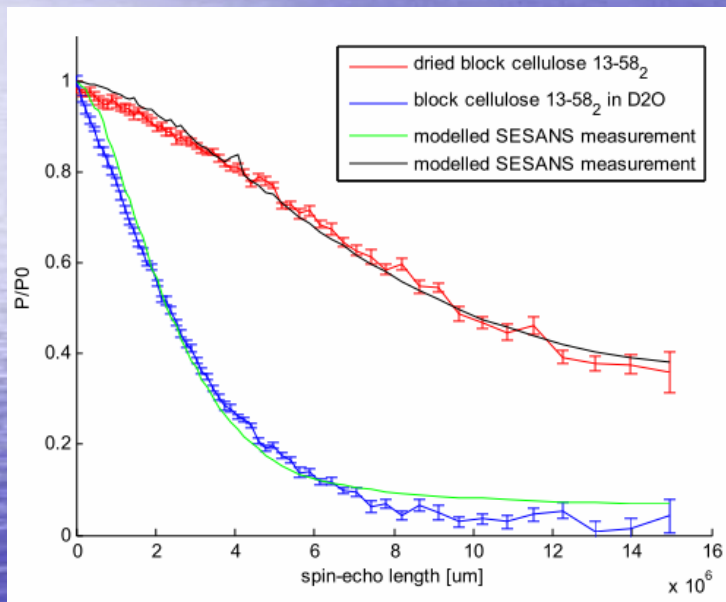


Cite this: Chem. Soc. Rev., 2011, 40, 3941–3994

Исследования БЦ и композитов на ее основе методом SESANS

Образцы:

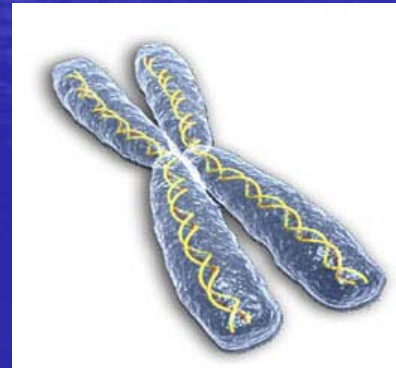
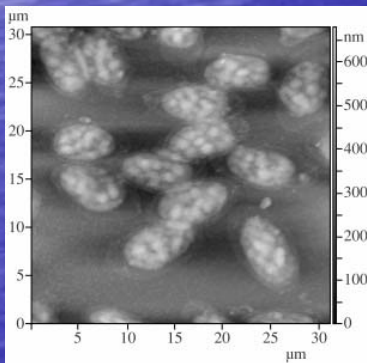
- 1) nano-gel-film bacterial cellulose *Acetobacter Xilynum*;
- 2) Композиционный материал на основе бактериальной целлюлозы *Acetobacter Xilynum* (75%) с добавкой гидроксиапатита (25%)



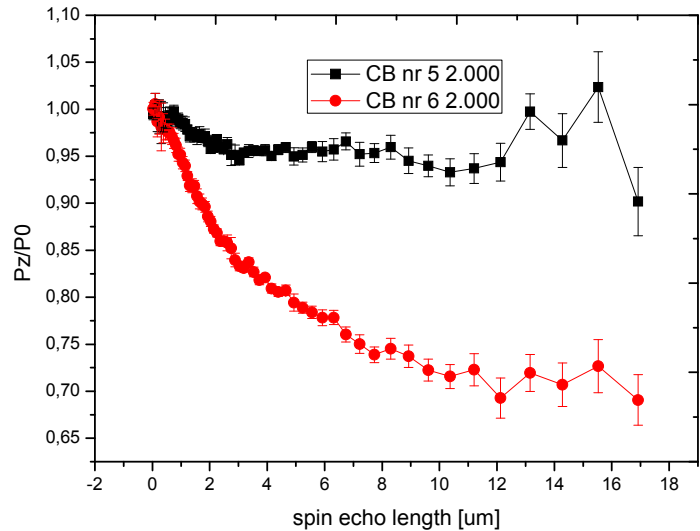
- В nano-gel-пленке БЦ скручивается в гауссовы клубки со средними диаметрами 2 мкм и полидисперсностью 10%;
- При погружении в тяжелую воду, в пленке образуются каналы, описываемые моделью полубесконечных цилиндров с диаметрами порядка 6 мкм;
- В композите на основе БЦ наблюдаются агломерации гидроксиапатита круглой формы и диаметрами порядка 20 мкм и полидисперсностью 30%

Биологические объекты

- Исследования носят фундаментальный научный характер;
- Возможно применение результатов в биотехнологии и биоинженерии;
- Результаты могут быть полезны для медицины и фармацевтики.



Результаты исследований ядер куриных эритроцитов



Исследуется влияние осмотического сжатия на структуру упаковки хроматина в ядрах куриных эритроцитов.

Наглядно видно изменение картины рассеяния.

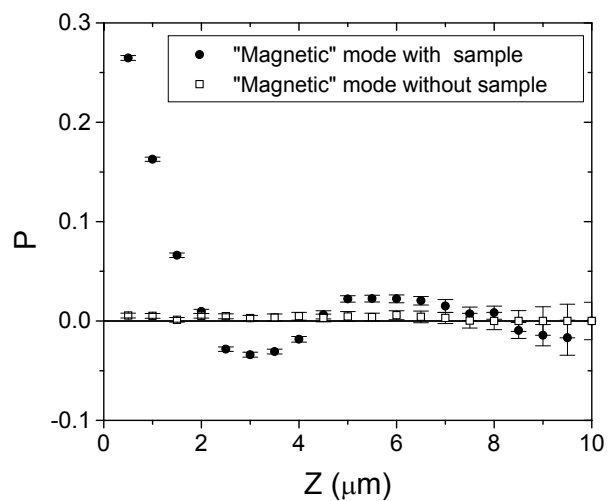
С чем это связано?

Происходит ли изменение фрактальности упаковки?

Равномерно ли происходит сжатие?

Не слипаются ли ядра в более крупные образования?

Результаты исследований МАГНИТНЫХ СИСТЕМ



Исследуется система магнитных доменов в 10 микронной пленке никеля, полученной электродепозицией на медную подложку.



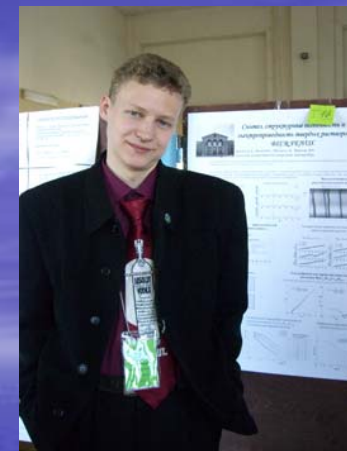
Ю.О. Четвериков,
н.с. ПИЯФ



С.В. Григорьев,
зав. ОИКС ПИЯФ



К.А. Павлов,
магистрант
СПбГУ,
Ст.лаборант
ПИЯФ



Е.В. Величко,
аспирант,
Ст.лаборант
ПИЯФ



Wim Bouwman
Associate professor at
the Technische
Universiteit Delft



Л.А. Аксельрод,
с.н.с. ПИЯФ



В.Н. Забенкин,
н.с. ПИЯФ



Wicher Kraan
Retired from Technische Universiteit
Delft

Спасибо за внимание !



Старый конь борозды не
портит и .

