

Физико-математический институт ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Д. Б. Ефимов, Д. В. Казаков,
С. В. Некипелов, В. Н. Сивков

Физико-математический институт Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
г. Сыктывкар
defimov@dm.komisc.ru

Аннотация

В статье авторы описывают историю становления и развития Физико-математического института ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Рассмотрены основные направления научной деятельности, представлены наиболее значимые достижения в области физико-математических наук.

Ключевые слова:

Коми научный центр, физико-математические исследования

Началом физико-математических исследований в Коми научном центре можно считать 23 ноября 1972 г., когда состоялось заседание Президиума Коми филиала АН СССР, на котором приняли решение создать при отделе энергетики и водного хозяйства математическую группу под научным руководством к.ф.-м.н. Р. И. Пименова. В 1974 г. группа преобразовалась в лабораторию математики и вычислительной техники в Институте биологии Коми филиала АН СССР, а в 1993 г. – в Отдел математики Коми НЦ УрО РАН, руководителем которого стал д.ф.-м.н. Н. А. Громов. На базе Отдела математики в 2017 г. организован Физико-математический институт ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, его директором был назначен д.ф.-м.н. Н. А. Громов. С 2020 г. по настоящее время и. о. директора Института является д.ф.-м.н. В. Н. Сивков. Более подробную информацию об истории становления и развития Физико-математического института можно найти в обзоре [1] и статье [2].

В структуру Института входят: лаборатория математики и телекоммуникаций, лаборатория теоретической и вычислительной физики и лаборатория экспериментальной физики, в которых работают 22 чел., из них 19 научных сотрудников, в том числе пять докторов и 11 кандидатов наук.

В настоящее время научно-исследовательские работы проводятся в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021–2030 гг. по направлениям 1.1.1. «Теоретическая математика» и 1.3.2. «Физика конденсированных сред и физическое материаловедение». Последние три года научно-исследовательские работы велись в рамках двух

The Institute of Physics and Mathematics FRC Komi SC UB RAS

D. B. Efimov, D. V. Kazakov,
S. V. Nekipelov, V. N. Sivkov

Institute of Physics and Mathematics, Komi Science Centre of the
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar
defimov@dm.komisc.ru

Abstract

The authors describe the formation and development history of the Institute of Physics and Mathematics, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The article considers the main directions of scientific activity and the major achievements in the field of physical and mathematical sciences.

Keywords:

the Komi Science Centre, physical-mathematical studies

плановых тем: «Математические проблемы теории стохастических и детерминированных сложных систем, включая системы большой размерности» и «Рентгеновская дифрактометрия и спектроскопия новых функциональных материалов и структур».

Кроме того, за последние 5 лет сотрудники Института принимали и принимают участие в выполнении: мегагранта в форме субсидий из федерального бюджета на реализацию отдельных мероприятий Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 гг. «Распределенная инфраструктура высокоточных методов диагностики в ультрамягкой рентгеновской области синхротронного излучения для функциональных материалов и наноразмерных структур, включая бионано-гибридные, для перспективных технологий и технических систем: от образовательных технологий через фундаментальные научные исследования к практическому применению» (с 2022 г. по настоящее время); гранта РНФ «Теоретические методы для расчетов картографирования в обратном пространстве в случае когерентного рентгеновского рассеяния от периодических структур» (с 2023 г. по настоящее время); гранта РФФИ «Дисперсионные зависимости абсолютных величин оптических постоянных в области NEXAFS C1s края поглощения углеродных наноструктур и графитизированных биоматериалов» (2020–2022).

Сотрудники Физико-математического института Коми НЦ получили премию Правительства Республики Коми



Коллектив лаборатории экспериментальной физики на III Всероссийской молодежной научной конференции «Высокоточная диагностика функциональных материалов: лабораторные и синхротронные исследования», слева направо: Р. Н. Скандаков, д.ф.-м.н., проф. В. Н. Сивков, к.ф.-м.н. С. В. Некипелов, К. А. Бакина, В. О. Рутковский, к.ф.-м.н. О. В. Петрова. The Laboratory of Experimental Physics participates in the III All-Russian Youth Scientific Conference “Highly precise diagnostics of functional materials: Laboratory and synchrotron studies”, from left to right: R. N. Skandakov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. V. N. Sivkov, Cand. Sci. (Phys.-Math.) S. V. Nekipelov, K. A. Bakina, V. O. Rutkovsky, Cand. Sci. (Phys.-Math.) O. V. Petrova.

в области научных исследований за 2022 год за цикл работ по теме «Наноструктурированные материалы на основе карбонизированных систем и их свойства».

Физико-математический институт сотрудничает с Институтом математики и механики УрО РАН (г. Екатеринбург), Институтом механики сплошных сред УрО РАН (г. Пермь), Санкт-Петербургским отделением Математического института РАН, Институтом кристаллографии РАН (г. Москва), Физико-технологическим институтом РАН (г. Москва), Институтом проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка), Институтом металлоорганической химии РАН (г. Нижний Новгород), Московским, Санкт-Петербургским, Воронежским, Балтийским (г. Калининград) университетами, Объединенным институтом ядерных исследований (г. Дубна), Национальным исследовательским центром НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва), Сибирским центром синхротронных исследований (г. Новосибирск), с рядом зарубежных университетов. Сотрудники Института активно выступают с докладами на всероссийских и международных научных конференциях.

За последние 5 лет (с 2019 г. по настоящее время) было опубликовано 76 статей в российских и 71 – в зарубежных журналах, из которых 31 статья входит в Q1 WoS.

Основными направлениями научной деятельности Института являются:

- исследования в области алгебры, теоретической и математической физики, теории вероятностей и математической статистики, математической теории управления, механики твердого тела;
- решение прямых и обратных задач высокоразрешающей рентгеновской дифракции для неразрушающей диагностики материалов наноэлектроники, телекоммуникационных систем и элементов рентгеновской оптики;

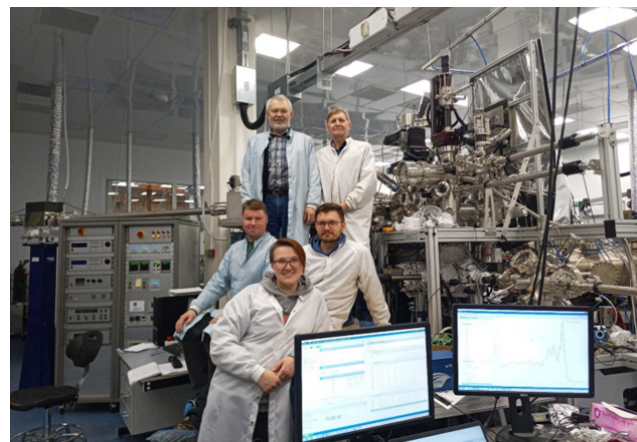
- развитие спектральных методов исследования наноструктурированных систем и биоматериалов с использованием синхротронного излучения;

- развитие методов математического моделирования.

Далее перечислим важнейшие результаты исследований, полученные сотрудниками Института в 2019–2023 гг.

В области теории вероятностей доказаны локальные предельные теоремы для спектра прореженных случайных ковариационных матриц. Получены достаточные условия применимости полукругового закона и закона Марченко-Пастура для матриц смежности обобщенного случайного двудольного графа с весами. Доказана сходимость к предельному распределению при минимальных условиях для эмпирической функции распределения циркулярной симметричной блочной матрицы со случайными блоками большой размерности [3–5].

В области теоретической физики в рамках гипотезы о контракции калибровочной группы Стандартной модели представлены диаграммы Фейнмана, описывающие свойства элементарных частиц и их взаимодействий на разных стадиях эволюции Вселенной начиная с энергии Планка, проведен анализ доминантного процесса рождения бозона Хиггса в четырехлептонном распаде при увеличении температуры Вселенной и показано, что его поведение не противоречит имеющимся экспериментальным данным БАК по сечению рождения бозона Хиггса, предложен вариант теории, в котором параметр спонтанного нарушения симметрии и поле калибровочного векторного бозона (бозона Хиггса) не преобразуются при контракции, выдвинуто предсказание о температурном рубеже порядка 10^7 ГэВ, выше которого происходят кардинальные изменения в составе и свойствах частиц, определяющих процессы во Вселенной [6–8].



Сотрудники лаборатории экспериментальной физики при проведении совместных с СПбГУ экспериментальных исследований на Курчатовском источнике синхротронного излучения («КИСИ-Курчатов»), слева направо, первый ряд: к.ф.-м.н. О. В. Петрова; второй ряд: сотрудник СПбГУ, к.ф.-м.н. П. М. Корусенко, к.ф.-м.н. Д. В. Сивков; третий ряд: д.ф.-м.н., проф. В. Н. Сивков, к.ф.-м.н. С. В. Некипелов.

Members of the Laboratory of Experimental Physics conducting experimental studies using the Kurchatov synchrotron radiation source (“KSRS-Kurchatov”) together with colleagues from SPbSU. From left to right, first row: Cand. Sci. (Phys.-Math.) O. V. Petrova; second row: Cand. Sci. (Phys.-Math.) from SPbSU P. M. Korusenko, Cand. Sci. (Phys.-Math.) D. V. Sivkov, third row: Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. V. N. Sivkov, Cand. Sci. (Phys.-Math.) S. V. Nekipelov.

В области теории управления решена задача адаптивного субоптимального слежения ограниченного задающего сигнала для дискретного минимально-фазового объекта с неизвестным уровнем неопределенности в канале выхода и нецентрированным внешним возмущением с неизвестными смещением и верхней границей. Получено решение задачи адаптивной оптимальной стабилизации минимально-фазового объекта управления с дробно-рациональной передаточной функцией в условиях сильной априорной неопределенности [9, 10].

Исследованы предельные переходы алгебры Ли $su(3)$ наблюдаемой трехуровневой системы при различных диссипативных процессах как в случае полной декогеренции системы, так и при сохранении когерентности. Предложены примеры решения обратной задачи – нахождения уравнения Линдблада по заданным контракциям алгебры наблюдаемых [11]. Исследованы предельные переходы дискретных групп диэдра и правильных многогранников, индуцированные предельными переходами в непрерывных группах $O(2)$ и $O(3)$ [12]. Решена задача устойчивости системы круговых колец и арочных систем, на перемещение которых наложены дополнительные ограничения [13]. Получена эффективная формула для точного вычисления определителя трехслойных теплицевых матриц. Рассмотрено несколько свойств перманента матриц малых порядков [14].

В области физики конденсированных сред и физического материаловедения разработано новое научное направление – статистическая теория рассеяния в решении прямых и обратных задач высокоразрешающей рентгеновской дифракции. Исследованы общие теоретические принципы к неразрушающей диагностике сложных структурированных сред, включая системы с квантовыми точками, нанопористые кристаллы, композиционные материалы и элементы рентгеновской оптики. Предложен новый подход к динамической теории дифракции пространственно-ограниченных рентгеновских пучков в идеальных и деформированных кристаллах [15–19].

С применением развитого метода измерения сечений поглощения рентгеновского синхротронного излучения получены данные по спектральным зависимостям оптических постоянных в области тонкой структуры ряда наноструктурированных материалов. Получены данные по электронной структуре и механизму адгезии покрывающих слоев соединений металлов на поверхности многостенных углеродных нанотрубок и карбонизированных биологических структур, используемых в качестве катализаторов химических процессов [20–25].

С помощью керамической технологии в широком диапазоне составов были получены термостабильные твердые растворы танталатов и ниобатов висмута, имеющие структуру пироклора, и допированные атомами 3d-металлов. При сравнении полученных NEXAFS и XPS-спектров были оценены зарядовые состояния как атомов основной матрицы, так и допируемых атомов [26].

В частности в области физики конденсированных сред и физического материаловедения разработан новый метод для описания отражения и фокусировки синхротронного

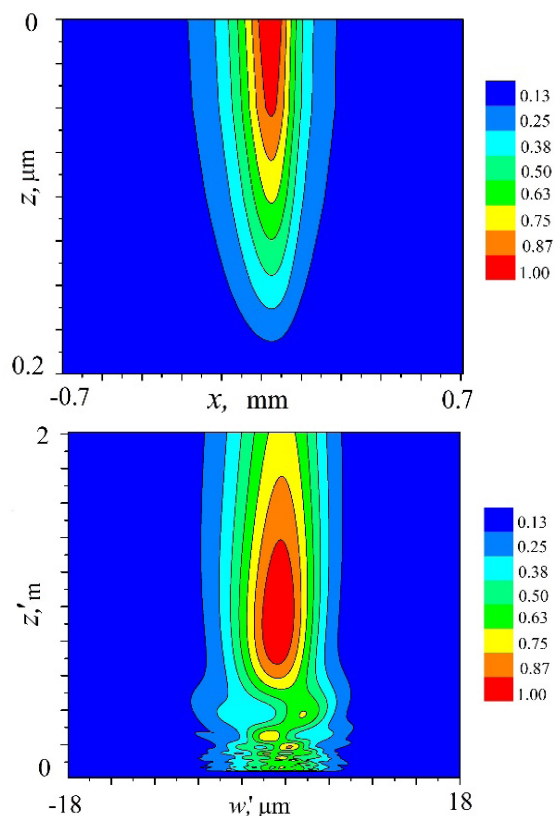
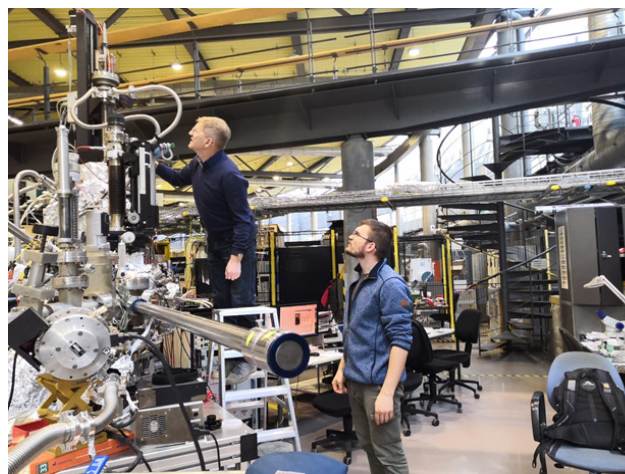


Рисунок 1. Распределение отраженной интенсивности внутри изогнутого многослойного рентгеновского зеркала Pd/B4C (сверху) и двумерная карта фокусировки этим зеркалом.

Figure 1. Reflected intensity distribution inside a curved multilayer Pd/B4C X-ray mirror (top) and a two-dimensional map of focusing by this mirror (down).

излучения от изогнутого многослойного зеркала. Данный подход базируется на использовании двумерных рекуррентных соотношений в теории дифракции синхротронного излучения в периодических и аperiodических средах. Для цилиндрически изогнутого зеркала рассчитано рас-



Сотрудники лаборатории экспериментальной физики при проведении эксперимента на русско-немецком канале синхротронного центра BESSY II, г. Берлин. Слева направо: к.ф.-м.н. С. В. Некипелов, к.ф.-м.н. Д. В. Сивков.

Members of the Laboratory of Experimental Physics conducting the experiment using the Russian-German channel of the BESSY II synchrotron centre, Berlin. From left to right: Cand. Sci. (Phys.-Math.) S. V. Nekipelov, Cand. Sci. (Phys.-Math.) D. V. Sivkov.

пределение отраженной интенсивности внутри многослойной структуры в зависимости от угла падения мягкого рентгеновского излучения. Показана фокусировка отраженного синхротронного пучка с длиной волны 0,5 нм от зеркала Pd/B4C. Выполнены расчеты картографирования отраженной интенсивности от изогнутой многослойной структуры в обратном пространстве (рис. 1).

Проведено комплексное исследование композита на основе многослойных углеродных нанотрубок (далее - МУНТ), декорированных наночастицами CuO / Cu₂O / Cu, осажденными пиролизом формиата меди, с использованием комплекса комплементарных методов (сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновская дифрактометрия, комбинационное рассеяние света и ультрамягкая рентгеновская спектроскопия). Результаты исследования показывают хорошую адгезию между покрытием из наночастиц меди и поверхностью MWCNT за счет образования кислородного мостика между углеродом внешнего графенового слоя MWCNT и кислородом оксидов CuO и Cu₂O. Образование связи Cu - O - C между слоем покрытия и внешней поверхностью нанотрубки четко определяется появлением характерных пиков в спектрах NEXAFS O1s (538,5 эВ) и XPS O1s (531,8 эВ) нанокompозита Cu/MWCNTs (рис. 2).

Осуществлены исследования морских губок до графитизации при термической обработке до 1200 °C (native sponge, NS) и после нее (carbonized sponge, CS). Проведенные в работе исследования методами EDS-, XPS- и NEXAFS-спектроскопии атомного и молекулярного составов показали, что в состав исходной губки входит углерод (74–77 at.%), кислород (16–20 at.%), азот (2–3 at.%), кальций (~2 at.%), кремний (~2 at.%) и небольшое количество калия, натрия, магния и серы. Из сравнительного анализа спектральных данных оценено содержание атомов углерода в составе атомных групп 63,2 % (C-C и C=C), 6,3% (C-OH) и 7,3 % (C=O), а также кислорода 13,7 % (C=O) и 2,3 % (C-OH). Определено, что атомное содержание углерода и кислорода в составе спонгина составляет не более ~5 at.% и ~4 at.% соответственно. При этом в состав вещества, сосредоточенного в пространстве между фибриллами спонгина, входит ~70 at.% углерода и ~11 at.% кислорода, из которых ~63 at.% углерода участвуют в образовании ароматической и C-C связей, а остальные находятся в составе

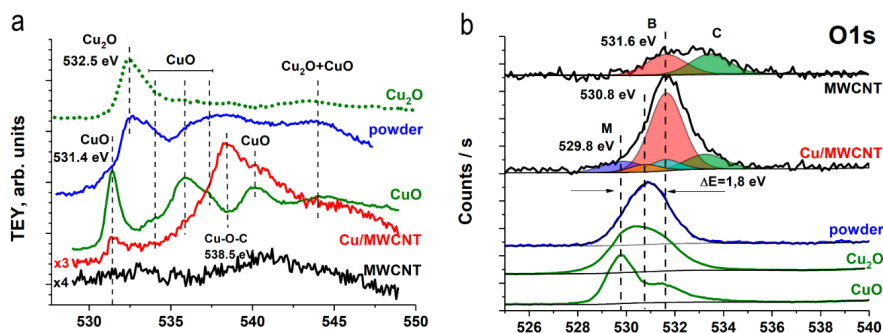


Рисунок 2. O1s NEXAFS- (a) и XPS- (b) спектры исходной нанотрубки, нанокompозита Cu/MWCNTs, порошка со стенок пиролизного реактора и оксидов CuO и Cu₂O.
Figure 2. O1s NEXAFS- (a) and XPS- (b) spectra of the original nanotube, Cu/MWCNTs nanocomposite, powder from the pyrolysis reactor walls, and CuO and Cu₂O oxides.

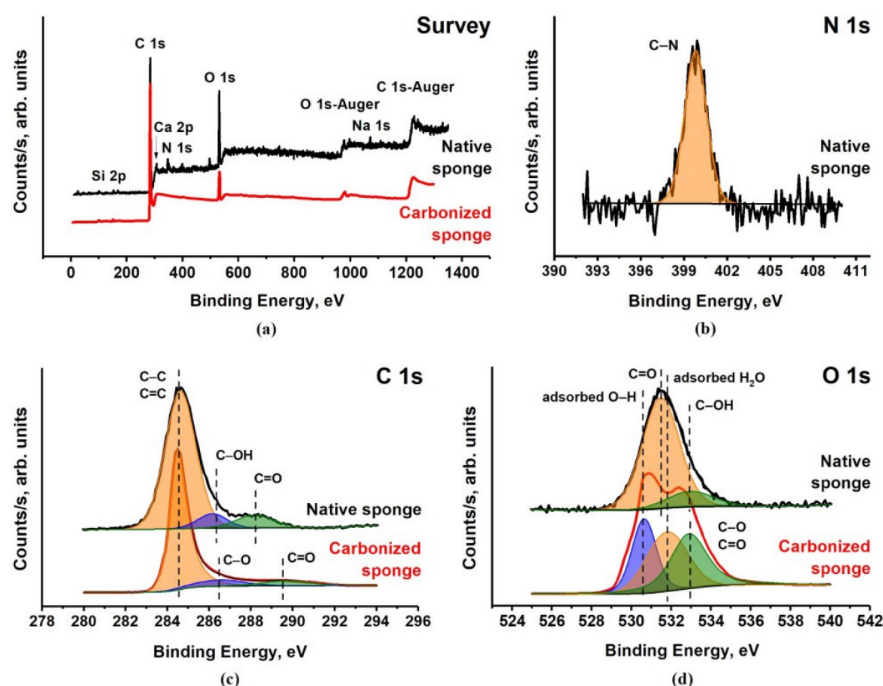


Рисунок 3. XPS-спектры исходной и карбонизированной губок: обзорный спектр (a), N1s (b), C 1s (c) и O 1s (d) спектры.
Figure 3. XPS spectra of the original and carbonised sponge: overview spectrum (a), N1s (b), C 1s (c) and O 1s (d) spectra.

карбонильной, карбоксильной, фенольной и эпоксидной атомных групп (рис. 3).

За последнее время Институт существенно пополнил свою приборную базу. В рамках целевой программы на условиях софинансирования приобретены дериватограф СТА3000, система автоматизации спектрометра PCM-500, высоковакуумные посты, вакуумная трубчатая печь и другое вспомогательное оборудование.

Институт ведет важную работу по привлечению молодежи в науку, подготовке молодых специалистов. В настоящее время в аспирантуре ФИЦ Коми НЦ УрО РАН обучаются три аспиранта по математическим направлениям и три аспиранта по физическим. Часть аспирантов уже трудоустроена в Институте. Помимо этого сотрудники Института проводят научно-просветительскую работу среди учащихся общеобразовательных школ Республики Коми.

В ближайшей перспективе планируется продолжать исследования в рамках основных научно-исследователь-



Участники еженедельного научного семинара лаборатории математики и телекоммуникаций. Слева направо: первый ряд: асп. С. Т. Гуляева, д.ф.-м.н., проф., гл. н. с. Н. А. Громов, д.ф.-м.н., проф., гл. н. с. А. Н. Тихомиров, д.ф.-м.н., проф., вед. н. с. В. Ф. Соколов; второй ряд: сотрудник СГУ им. П. Сорокина И. И. Баженов, к.ф.-м.н., ст. н. с. В. Н. Тарасов, к.ф.-м.н., ст. н. с. Д. Б. Ефимов; асп. А. В. Надуткина, к.ф.-м.н., н. с. В. Ю. Андрюкова, к.ф.-м.н., ст. н. с. С. И. Колосов, к.ф.-м.н., ст. н. с. Д. А. Тимушев, к.ф.-м.н. ст. н. с. В. В. Куратов, н. с. А. В. Карпов.

Participant of the weekly scientific seminar of the Laboratory of Mathematics and Telecommunications. From left to right, first row: postgraduate S. T. Gulyaeva, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Chief Researcher N. A. Gromov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Chief Researcher A. N. Tikhomirov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Leading Researcher V. F. Sokolov; second row: Syktyvkar State University employee I. I. Bazhenov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher V. N. Tarasov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher D. B. Efimov, postgraduate A. V. Nadutkina, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Researcher V. Yu. Andryukova, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher S. I. Kolosov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher D. A. Timushev, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher V. V. Kuratov, Researcher A. V. Karpov.

ских направлений Института. В Министерство образования и науки Российской Федерации поданы заявки на две темы: «Асимптотические и неасимптотические проблемы в математических моделях сложных систем, включая модели большой размерности» и «Экспериментальные и теоретические исследования наноструктурированных материалов взаимодействующим набором методов и подходов, включая рентгеновскую спектрометрию и дифрактометрию с применением синхротронного излучения». Обозначенные темы прошли экспертизу РАН.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Громов, Н. А. Отделу математики Коми научного центра – 20 лет / Н. А. Громов. – Сыктывкар, 2013. – 83 с.
2. Бровина, А. А. Развитие математических исследований в истории академических научных центров Севера России / А. А. Бровина // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2022. – Вып. 5 (57). – С. 106–120.
3. Гётце, Ф. Локальный закон Марченко–Пастура для прореженных случайных матриц / Ф. Гётце, Д. А. Тимушев, А.Н. Тихомиров // Доклады РАН. – 2021. – Т. 51 (4). – С. 22–25.
4. Tikhomirov, A. N. On the Wigner law for generalised random graphs / A. N. Tikhomirov // Siberian Advances in Mathematics. – 2021. – Vol. 31 (4). – P. 301–308.
5. Tikhomirov, A. N. Local laws for sparse sample covariance matrices / A. N. Tikhomirov, D. A. Timushev // Mathematics. – 2022. – Vol. 10 (13). – 2326.
6. Громов, Н. А. Контракция калибровочной группы Стандартной модели не противоречит данным LHC /

Н. А. Громов // Физика элементарных частиц и атомного ядра (ЭЧАЯ). – 2023. – Т. 54, вып. 6. – С. 1161–1167.

7. Gromov, N. A. Standard Model at high temperatures / N. A. Gromov // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. – 2023. – Vol. 26 (4). – P. 328–341.
8. Громов, Н. А. Контракция калибровочных групп и спонтанное нарушение симметрии / Н. А. Громов // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2024. – Вып. 5 (71). – С. 28–37.
9. Соколов, В. Ф. Адаптивная оптимальная стабилизация дискретного минимально фазового объекта с неопределенностями по выходу и управлению / В. Ф. Соколов // Труды ИММ УрО РАН. – 2021. – Т. 27 (3). – С. 180–193.
10. Соколов, В. Ф. Субоптимальная робастная стабилизация неизвестного авторегрессионного объекта с неопределенностью и смещенным внешним возмущением / В. Ф. Соколов // Автоматика и телемеханика. – 2023. – № 6. – С. 26–48.
11. Костяков, И. В. Контракция алгебр Ли и уравнение Линдблада / И. В. Костяков, В. В. Куратов, Н. А. Громов // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «Физико-математические науки». – 2021. – Вып. 6 (52). – С. 36–41.
12. Костяков, И. В. Об одной контракции дискретной группы D_3 / И. В. Костяков, В. В. Куратов // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «Физико-математические науки». – 2022. – Вып. 5 (57). – С. 42–50.
13. Андрюкова, В. Ю. Задача об устойчивости круговых колец, связанных между собой / В. Ю. Андрюкова, В. Н. Тарасов // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «Физико-математические науки». – 2022. – Вып. 5 (57). – С. 27–31.
14. Ефимов, Д. Б. О некоторых свойствах перманента матриц малых порядков / Д. Б. Ефимов // Математические заметки. – 2023. – Т. 114 (2). – С. 274–281.
15. Punegov, V. I. 2D recurrence relations and Takagi-Taupin equations. I. Dynamical X-ray diffraction by a perfect crystal / V. V. Punegov, S. I. Kolosov // J. Appl. Phys. Appl. Cryst. – 2022. – Vol. 55. – P. 320–328.
16. Lomov, A. A. High-resolution X-ray Bragg diffraction in Al thermomigrated Si channels / A. A. Lomov, V. I. Punegov, A. Y. Belov, B. M. Seredin // J. Appl. Appl. Cryst. – 2022. – Vol. 55. – P. 558–568.
17. Karpov, A. V. Dynamical theory of X-ray diffraction by crystals with different surface relief profiles / A. V. Karpov, D. V. Kazakov, V. I. Punegov // Acta Cryst. – 2023. – Vol. A79 – P.177–179.
18. Malkov, D. M. Dynamical and kinematical X-ray diffraction in a bent crystal / Dmitry M. Malkov and Vasily Punegov // J. Appl. Appl. Cryst. – 2024. – Vol. 57. – P. 296–305.
19. Petrenko, I. Extreme biomimetics: Preservation of molecular detail in centimetre-scale samples of biological

- meshes laid down by sponges / I. Petrenko, A. P. Summers, P. Simon, S. Żółtowska-Aksamitowska, M. Motylenko [et al.] // *Science Advances*. – 2019. – Vol. 5. – eaax2805.
20. Sivkov, D. Structure and chemical composition of the Cr and Fe pyrolytic coatings on the MWCNTs' surface to NEXAFS and XPS spectroscopy / D. Sivkov, O. Petrova, A. Mingaleva, A. Obyedkov, B. Kaverin [et al.] // *Nanomaterials*. – 2020. – Vol. 10. – P. 374.
 21. Sivkov, D. Studies of buried layers and interfaces of tungsten carbide coatings on the MWCNT surface by XPS and NEXAFS spectroscopy / D. Sivkov, S. Nekipelov, O. Petrova, A. Vinogradov, A. Mingaleva [et al.] // *Appl. Sci. Sci.* – 2020. – Vol. 10. – P. 4736.
 22. Sivkov, D. V. The Identification of Cu-O-C bond in Cu/MWCNTs hybrid nanocomposite by XPS and NEXAFS spectroscopy / D. V. Sivkov, O. V. Petrova, S. V. Nekipelov, A. S. Vinogradov, R. N. Skandakov [et al.] // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11. – P. 2993.
 23. Korusenko, P. M. Comparative XPS, UV PES, NEXAFS, and DFT study of the electronic structure of the salen ligand in the H₂(salen) molecule and the [Ni(salen)] complex / P. M. Korusenko, O. V. Petrova, A. A. Vereshchagin, K. P. Katin, O. V. Levin [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2023. – Vol. 24. – P. 9868.
 24. Zhuk, N. A. Effect of Fe-doping on thermal expansion and stability of bismuth magnesium tantalate pyrochlorere / N. A. Zhuk, M. G. Krzhizhanovskaya, S. V. Nekipelov, V. N. Sivkov, D. V. Sivkov // *Materials*. – 2022. – Vol. 15. – P. 7668.
 25. Nekipelov, S. V. XPS and NEXAFS studies of Zn-doped bismuth iron tantalate pyrochlore / S. V. Nekipelov, V. N. Sivkov, D. V. Sivkov, A. M. Lebedev, R. G. Chumakov [at al.] // *Inorganics*. – 2023. – Vol. 11. – P. 285.
 26. Zhuk, N. A. Synthesis, XPS and NEXAFS spectroscopy study of Zn, Cr codoped bismuth tantalate pyrochloreres / N. A. Zhuk, B. A. Makeev, A. V. Koroleva, O. V. Petrova, S. V. Nekipelov // *Ceramics International*. – 2024. – Vol. 500. – P. 21342–21347.
 4. Tikhomirov, A. N. On the Wigner law for generalised random graphs / A. N. Tikhomirov // *Siberian Advances in Mathematics*. – 2021. – Vol. 31 (4). – P. 301–308.
 5. Tikhomirov, A. N. Local laws for sparse sample covariance matrices / A. N. Tikhomirov, D. A. Timushev // *Mathematics*. – 2022. – Vol. 10 (13). – 2326.
 6. Gromov, N. A. Kontrakciya kalibrovochnoj gruppy Standardnoj modeli ne protivorechit dannym LHC [Contraction of the Standard Model gauge group does not contradict the LHC data] / N. A. Gromov // *Fizika elementarnyh chastic i atomnogo yadra (EChAYa)* [Physics of Elementary Particles and Atomic Nucleus (EPAN)]. – 2023. – Vol. 54. – Iss. 6. – P. 1161–1167.
 7. Gromov, N. A. Standard Model at high temperatures / N. A. Gromov // *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*. – 2023. – Vol. 26 (4). – P. 328–341.
 8. Gromov, N. A. Kontrakcii kalibrovochnyh grupp i spontanoe narushenie simmetrii [Contraction of gauge groups and spontaneous symmetry breaking] / N. A. Gromov // *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. – 2024. – Iss. 5 (71). – P. 28–37.
 9. Sokolov, V. F. Adaptivnaya optimalnaya stabilizaciya diskretnogo minimalno fazovogo obyektu s neopredelennostyami po vyvodu i upravleniyu [Adaptive optimal stabilisation of the discrete minimum-phase object with uncertainties on the output and control] / V. F. Sokolov // *Proceedings of the Institute of Mathematics and Mechanics UB RAS*. – 2021. – Vol. 27 (3). – P. 180–193.
 10. Sokolov, V. F. Suboptimalnaya robustnaya stabilizaciya neizvestnogo avtoregressionnogo obyektu s neopredelennosty i smeshchennym vneshnim vozmushcheniem [Suboptimal robust stabilisation of the unknown autoregressive object with uncertainty and the shifted external perturbation] / V. F. Sokolov // *Avtomatika i telemekhanika* [Automatics and Telemechanics]. – 2023. – № 6. – P. 26–48.
 11. Kostyakov, I. V. Kontrakcii algebr Li i uravnenie Lindblada [Contractions of the Lie algebras and the Lindblad equation] / I. V. Kostyakov, V. V. Kuratov, N. A. Gromov // *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Physical and Mathematical Sciences"*. – 2021. – Iss. 6 (52). – P. 36–41.
 12. Kostyakov, I. V. Ob odnoj kontrakcii diskretnoj gruppy D3 [About one contraction of the discrete group D3] / I. V. Kostyakov, V. V. Kuratov // *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Physical and Mathematical Sciences"*. – 2022. – Iss. 5 (57). – P. 42–50.
 13. Andryukova, V. Yu. Zadacha ob ustojchivosti krugovyh kolec, svyazannyh mezhdu soboj [Problem on the stability of the circular rings connected with each other] / V. Yu. Andryukova, V. N. Tarasov // *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Physical and Mathematical Sciences"*. – 2022. – Iss. 5 (57). – P. 27–31.
 14. Efimov, D. B. O nekotoryh svojstvah permanenta matric malyh poryadkov [About some properties of the perma-

References

1. Gromov, N. A. Otdelu matematiki Komi nauchnogo centra – 20 let [The Department of Mathematics of the Komi Science Centre celebrates its 20th anniversary] / N. A. Gromov. – Syktyvkar, 2013. – 83 p.
2. Brovina, A. A. Razvitie matematicheskikh issledovanij v istorii akademicheskikh nauchnyh centrov Severa Rossii [Development of mathematical studies in the history of academic science centres of the North of Russia] / A. A. Brovina // *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. – 2022. – Iss. 5 (57). – P. 106–120.
3. Götze, F. Lokalnyj zakon Marchenko-Pastura dlya prorezhennyh sluchajnyh matric [Local Marchenko-Pastur law for thinned random matrices] / F. Götze, D. A. Timushev, A. N. Tikhomirov // *Reports of the Russian Academy of Sciences*. – 2021. – Vol. 51 (4). – P. 22–25.

- ment of matrices of small orders] / D. B. Efimov // *Matematicheskie zametki [Mathematical Notes]*. – 2023. – Vol. 114 (2). – P. 274–281.
15. Punegov, V. I. 2D recurrence relations and Takagi-Taupin equations. I. Dynamical X-ray diffraction by a perfect crystal / V. V. Punegov, S. I. Kolosov // *J. Appl. Phys. Appl. Cryst.* – 2022. – Vol. 55. – P. 320–328.
 16. Lomov, A. A. High-resolution X-ray Bragg diffraction in Al thermomigrated Si channels / A. A. Lomov, V. I. Punegov, A. Y. Belov, B. M. Seredin // *J. Appl. Appl. Cryst.* – 2022. – Vol. 55. – P. 558–568.
 17. Karpov, A. V. Dynamical theory of X-ray diffraction by crystals with different surface relief profiles / A. V. Karpov, D. V. Kazakov, V. I. Punegov // *Acta Cryst.* – 2023. – Vol. A79 – P.177–179.
 18. Malkov, D. M. Dynamical and kinematical X-ray diffraction in a bent crystal / Dmitry M. Malkov and Vasily Punegov // *J. Appl. Appl. Cryst.* – 2024. – Vol. 57. – P. 296–305.
 19. Petrenko, I. Extreme biomimetics: Preservation of molecular detail in centimetre-scale samples of biological meshes laid down by sponges / I. Petrenko, A. P. Summers, P. Simon, S. Żółtowska-Aksamitowska, M. Motylenko [et al.] // *Science Advances*. – 2019. – Vol. 5. – eaax2805.
 20. Sivkov, D. Structure and chemical composition of the Cr and Fe pyrolytic coatings on the MWCNTs' surface to NEXAFS and XPS spectroscopy / D. Sivkov, O. Petrova, A. Mingaleva, A. Obyedkov, B. Kaverin [et al.] // *Nanomaterials*. – 2020. – Vol. 10. – P. 374.
 21. Sivkov, D. Studies of buried layers and interfaces of tungsten carbide coatings on the MWCNT surface by XPS and NEXAFS spectroscopy / D. Sivkov, S. Nekipelov, O. Petrova, A. Vinogradov, A. Mingaleva [et al.] // *Appl. Sci. Sci.* – 2020. – Vol. 10. – P. 4736.
 22. Sivkov, D. V. The Identification of Cu-O-C bond in Cu/MW-CNTs hybrid nanocomposite by XPS and NEXAFS spectroscopy / D. V. Sivkov, O. V. Petrova, S. V. Nekipelov, A. S. Vinogradov, R. N. Skandakov [et al.] // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11. – P. 2993.
 23. Korusenko, P. M. Comparative XPS, UV PES, NEXAFS, and DFT study of the electronic structure of the salen ligand in the H₂(salen) molecule and the [Ni(salen)] complex / P. M. Korusenko, O. V. Petrova, A. A. Vereshchagin, K. P. Katin, O. V. Levin [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2023. – Vol. 24. – P. 9868.
 24. Zhuk, N. A. Effect of Fe-doping on thermal expansion and stability of bismuth magnesium tantalate pyrochlorere / N. A. Zhuk, M. G. Krzhizhanovskaya, S. V. Nekipelov, V. N. Sivkov, D. V. Sivkov // *Materials*. – 2022. – Vol. 15. – P. 7668.
 25. Nekipelov, S. V. XPS and NEXAFS studies of Zn-doped bismuth iron tantalate pyrochlore / S. V. Nekipelov, V. N. Sivkov, D. V. Sivkov, A. M. Lebedev, R. G. Chumakov [at al.] // *Inorganics*. – 2023. – Vol. 11. – P. 285.
 26. Zhuk, N. A. Synthesis, XPS and NEXAFS spectroscopy study of Zn, Cr codoped bismuth tantalate pyrochlores / N. A. Zhuk, B. A. Makeev, A. V. Koroleva, O. V. Petrova, S. V. Nekipelov // *Ceramics International*. – 2024. – Vol. 500. – P. 21342–21347.

Информация об авторах:

Ефимов Дмитрий Борисович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, и. о. зав. лабораторией математики и телекоммуникаций Физико-математического института Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 8704123800, 57201778904 (167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Оплеснина, д. 4; e-mail: dmefim@mail.ru).

Казakov Дмитрий Витальевич – кандидат физико-математических наук, зав. лабораторией теоретической и вычислительной физики Физико-математического института Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 55410795200 (167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Оплеснина, д. 4; e-mail: kazakovdimv@mail.ru).

Некипелов Сергей Вячеславович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, и. о. зав. лабораторией экспериментальной физики Физико-математического института Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; <https://orcid.org/0000-0001-6749-738X> (167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Оплеснина, д. 4; e-mail: NekipekivSV@mail.ru).

Сивков Виктор Николаевич – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, и. о. директора Физико-математического института Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; <https://orcid.org/0000-0001-9916-1514> (167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Оплеснина, д. 4; e-mail: sivkovvn@mail.ru).

About the authors:

Dmitriy B. Efimov – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Acting Head of the Laboratory of Mathematics and Telecommunications, Institute of Physics and Mathematics FRC Komi SC UB RAS; Scopus Author ID: 8704123800, 57201778904 (4 Oplesnina st., Syktyvkar, 167982 Komi Republic, Russian Federation; e-mail: dmefim@mail.ru).

Dmitriy V. Kazakov – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Head of the Laboratory of Theoretical and Computational Physics, Institute of Physics and Mathematics FRC Komi SC UB RAS; Scopus Author ID: 55410795200 (4 Oplesnina st., Syktyvkar, 167982 Komi Republic, Russian Federation; e-mail: kazakovdimv@mail.ru).

Sergey V. Nekipelov - Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Acting Head of the Laboratory of Experimental Physics, Institute of Physics and Mathematics FRC Komi SC UB RAS, <https://orcid.org/0000-0001-6749-738X> (4 Oplesnina st., Syktyvkar, 167982 Komi Republic, Russian Federation; e-mail: NekipekivSV@mail.ru).

Victor V. Sivkov - Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Acting Director of the Institute of Physics and Mathematics FRC Komi SC UB RAS, <https://orcid.org/0000-0001-9916-1514> (4 Oplesnina st., Syktyvkar, 167982 Komi Republic, Russian Federation; e-mail: sivkovvn@mail.ru)

Для цитирования:

Ефимов, Д. Б. Физико-математический институт ФИЦ Коми НЦ УрО РАН / Д. Б. Ефимов, Д. В. Казаков, С. В. Некипелов [и др.] // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Специальный выпуск. – 2024. – № 8 (74). – С. 92–99.

For citation:

Efimov, D. B. Fiziko-matematechiskiy institut FIC Komi NC UrO RAN [The Institute of Physics and Mathematics FRC Komi SC UB RAS] / D. B. Efimov, D. V. Kazakov, S. V. Nekipelov [et al.] // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Special Issue. – 2024. – № 8 (74). – P. 92–99.

Дата поступления статьи: 10.10.2024

Прошла рецензирование: 18.11.2024

Принято решение о публикации: 18.11.2024

Received: 10.10.2024

Reviewed: 18.11.2024

Accepted: 18.11.2024