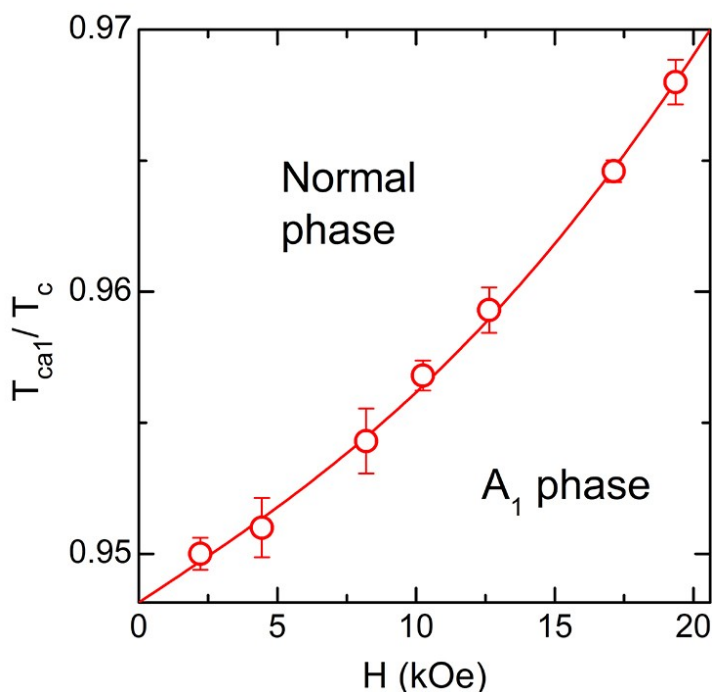
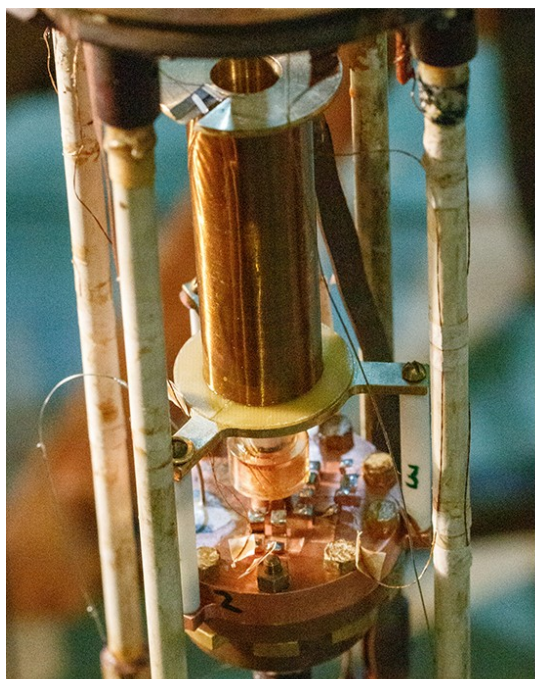


Важнейшие результаты исследований в области физики низких температур в 2023 году

Влияние магнитного рассеяния на сверхтекучий переход ^3He в нематическом аэрогеле

В.В.Дмитриев¹, М.С.Кутузов², А.А.Солдатов¹, А.Н.Юдин¹
¹Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, Москва
²Metallurg Engineering Ltd., Tallinn, Estonia

Проведены эксперименты со сверхтекучим ^3He в нематическом аэрогеле в отсутствие покрытия поверхности гелием-4. В этом случае нити аэрогеля покрыты несколькими атомными слоями твердого парамагнитного ^3He , что обеспечивает механизм спин-обменного рассеяния квазичастиц ^3He . Эксперименты проводились в сильных магнитных полях (до 20 кЭ) с использованием метода механического резонанса вибрирующей проволоочки, на которую был наклеен исследуемый образец аэрогеля. Была измерена полевая зависимость температуры сверхтекучего перехода ^3He в аэрогеле. Установлено, что эта зависимость носит нелинейный характер и рост температуры перехода с ростом магнитного поля подавляется по сравнению с зависимостью для объемной фазы A_1 . Мы связываем это подавление с влиянием магнитного рассеяния на расщепление температуры сверхтекучего перехода, как это было предположено в теоретических работах. Однако, в эксперименте наблюдалось существенное количественное несоответствие теоретическим ожиданиям. Одно из возможных объяснений – это то, что для нематического аэрогеля, использованного в эксперименте, необходимы дополнительные поправки в теории, построенной для изотропного аэрогеля. Однако для более конкретных выводов о соответствии ранее созданной теории нашим данным, необходимо расширить диапазон магнитных полей в сторону больших значений, где нелинейность зависимости температуры перехода должна исчезнуть.



Экспериментальная ячейка и зависимость температуры сверхтекучего перехода от поля.

Effect of magnetic scattering on the superfluid transition of ^3He in nematic aerogel
V.V. Dmitriev, M.S. Kutuzov, A.A. Soldatov, and A.N. Yudin
Phys. Rev. B107, 024507 (2023)

Обратный эффект Фарадея в сверхпроводниках

А. С. Мельников^{1,2}, А. И. Буздин³, С. В. Миронов¹, В. Д. Пластовец³, А. В. Путилов^{1,2},
М. Д. Кройтору⁴, И. Д. Токман¹, В. Л. Вадимов⁵, А. А. Беспалов¹, Б. Лунис^{6,7}

¹Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород

²Московский физико-технический институт, Долгопрудный

³University Bordeaux, LOMA UMR-CNRS 5798, Talence Cedex, France

⁴Departamento de Física Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brazil

⁵Department of Applied Physics, Aalto University, Aalto, Finland

⁶Universite de Bordeaux, LP2N, Talence, France

⁷Institut d'Optique & CNRS, LP2N, Talence, France

Предложен механизм оптической инженерии магнитных состояний в сверхпроводниках, основанный на обратном эффекте Фарадея. Показано, что электромагнитное излучение круговой поляризации индуцирует бездиссипативный ток и не зависящий от времени магнитный момент в отсутствие источников стороннего магнитного поля. Направление магнитного момента контролируется направлением вращения электромагнитных полей в падающей волне. Показано, что в мезоскопических односвязных и многосвязных сверхпроводниках короткий лазерный импульс способен индуцировать магнитные вихри – топологически защищенные состояния, существующие в течение неограниченного времени после выключения излучения. Полученные результаты являются важным шагом к пониманию фундаментальных явлений на стыке оптики, магнетизма и сверхпроводимости и могут позволить реализовать принципиально новые сверхбыстрые механизмы оптического управления токовыми и магнитными состояниями в устройствах сверхпроводящей электроники и спинтроники.

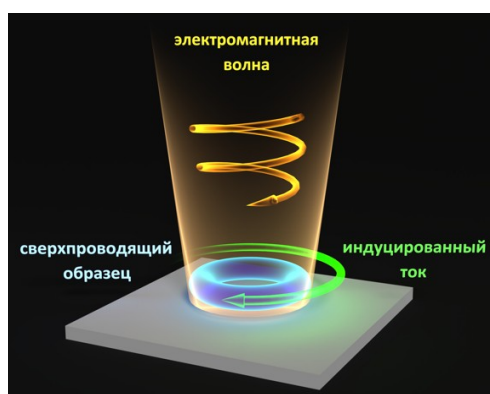


Рис. 1. Генерация постоянного тока в сверхпроводящем кольце с помощью циркулярно поляризованного излучения.

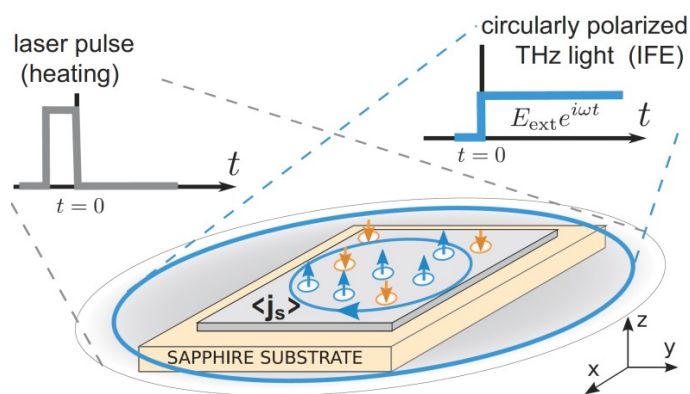


Рис. 2. Генерация вихрей в сверхпроводнике на подложке сапфира: нагрев лазерным импульсом сменяется резким охлаждением в поле циркулярно поляризованной волны.

- [1] S. V. Mironov, A. S. Mel'nikov, I. D. Tokman, V. Vadimov, B. Lounis, A. I. Buzdin, "Inverse Faraday Effect for Superconducting Condensates", Phys. Rev. Lett. **126**, 137002 (2021).
- [2] M. D. Croitoru, S. V. Mironov, B. Lounis, A. I. Buzdin, "Toward the Light-Operated Superconducting Devices: Circularly Polarized Radiation Manipulates the Current-Carrying States in Superconducting Rings", Adv. Quantum Technol. **5**, 2200054 (2022).
- [3] V. D. Plastovets, I. D. Tokman, B. Lounis, A. S. Mel'nikov, A. I. Buzdin, "All-optical generation of Abrikosov vortices by the inverse Faraday effect", Phys. Rev. B **106**, 174504 (2022).
- [4] А. В. Путилов, С. В. Миронов, А. С. Мельников, А. А. Беспалов, «Обратный эффект Фарадея в сверхпроводниках с конечной щелью в спектре возбуждений», Письма в ЖЭТФ **117**, 832 (2023)[JETPLett. **117**, 827 (2023)].

Признаки нефермижидкостного поведения и нетрадиционной сверхпроводимости в гидридах

И.А. Троян, Д.В. Семенов, А.Г. Иванова, А.В. Садаков, Di Zhou, А.Г.Квашнин, И.А. Круглов,
О.А. Соболевский, М.В. Любутина, Д.С. Перекалин, D.S. Perekalin, T.Helm, S.W. Tozer, M.
Bykov, А.Ф. Гончаров, В.М. Пудалов, И.С. Любутин

Институт кристаллографии им. Шубникова РАН

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики
Center for High Pressure Science & Technology Advanced Research, Beijing, China

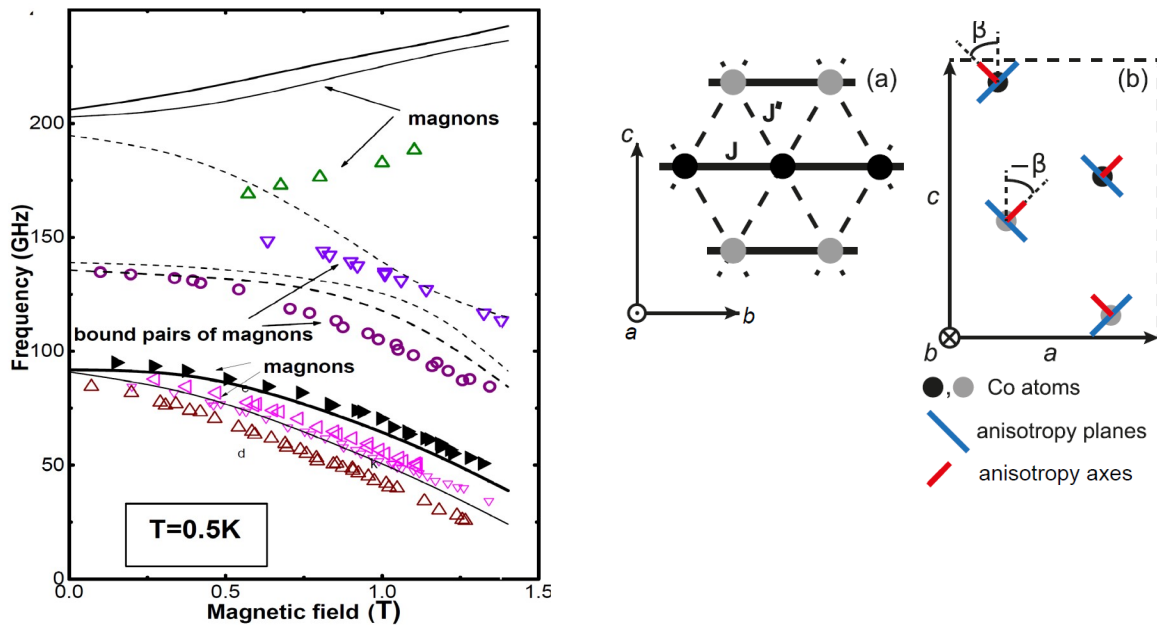
Принято считать, что сверхпроводимость в ВТСП гидридах описывается обычным БКШ механизмом. В гидриде SnH_6 нами обнаружены резкие отличия от традиционного БКШ-поведения в сверхпроводящем состоянии и от Ферми-жидкостного поведения в нормальном состоянии. Для этих исследований выбрано соединение с невысокой критической температурой 72 К и критическим полем $H_c=16$ Т. Установлено, что в сверхпроводящем состоянии критическое магнитное поле зависит от температуры линейно во всем диапазоне полей до 16 Т. Такое поведение противоречит общепринятым моделям для обычных сверхпроводников. В нормальном состоянии сопротивление в нулевом поле линейно зависит от температуры в диапазоне 120-300 К, в противоречии с моделью Блоха-Грюнайсена для рассеяния на фононах. В присутствии поля сопротивление также растет линейно с полем во всем диапазоне полей выше H_c , от 20 до 60 Тесла. Каждый из этих трех эффектов встречался в других материальных системах, но ни в одном из известных материалов не наблюдалась комбинация аномальных линейных зависимостей.

I.A. Troyan, D.V. Semenov, A.G. Ivanova, A.V. Sadakov, Di Zhou, A.G. Kvashnin, I.A. Kruglov,
O.A. Sobolevskiy, M.V. Lyubutina, D.S. Perekalin, T.Helm, S.W. Tozer, M.Bykov, A. F.
Goncharov, V.M. Pudalov, I.S. Lyubutin, “*Non-Fermi-Liquid Behavior of Superconducting SnH_4* ”,
Advanced Science, **10**, 2303622 (2023). DOI: 10.1002/advs.202303622

Наблюдение магнонов, их связанных состояний и спинов в фрустрированном антиферромагнетике Cs_2CoBr_4

А.И. Смирнов, Т.А. Солдатов (ИФП РАН, Москва, Россия),
А.В. Сыромятников (ПИЯФ, Гатчина, Россия)

В экспериментах по низкотемпературному спиновому резонансу антиферромагнетика с треугольной структурой магнитных слоев обнаружено неожиданно большое количество линий поглощения в низкотемпературной упорядоченной фазе и спектр поглощения спионного типа в спин-жидкостной фазе, наблюдаемый выше температуры Нееля 1.3 К, но ниже обменной температуры 6 К. Спектр упорядоченной фазы (рис. 1) содержит интенсивные линии квазичастиц магнонного типа со спином $S=1$ и слабые сигналы двухмагнонных состояний с полным спином $S=0$. Резонансные моды упорядоченной фазы качественно следуют теории, учитывающей реальную структуру обменных связей и разнонаправленную анизотропию всех четырех магнитных ионов Co^{2+} в примитивной ячейке (рис. 2). Двухмодовый спектр спин-жидкостной фазы соответствует специфическим возбуждениям (спионам) одномерных антиферромагнитных цепочек с сильной анизотропией, для которых характерна квантовая запутанность из-за некоммутирующих действий анизотропии и поперечного магнитного поля. Таким образом, в кристаллах Cs_2CoBr_4 наблюдается примечательный “зоопарк” редких квазичастиц – магнонов, их связанных состояний и спионов.



Результаты опубликованы: A. Soldatov, A.I. Smirnov, and A.V. Syromyatnikov. Spin dynamics in ordered phases of the anisotropic triangular-lattice antiferromagnet Cs_2CoBr_4 *Phys. Rev. B*108, 184426 (2023);
T.A. Soldatov, A.I. Smirnov, and A.V. Syromyatnikov. Dynamics of anisotropic frustrated antiferromagnet Cs_2CoBr_4 in a spin-liquid regime. *Phys. Rev. B*108, 184427 (2023)

Двумерное вихревое состояние в трехмерном кубическом ВТСП гидриде

А.В. Садаков, В.А. Власенко, И.А. Троян, О.А. Соболевский, Д.В. Семенов, Di Zhou,
В.М. Пудалов

Институт кристаллографии им. Шубникова РАН

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики

Center for High Pressure Science & Technology Advanced Research, Beijing, China

Впервые исследована структура и динамика вихревого состояния в гидридном ВТСП YH_6 с критической температурой $T_c=215K$ ($P=200GPa$). Из анализа магнитотранспортных данных в терминах теории вихревого стекла обнаружена кривая плавления вихревого стекла, выше которой вихревая система переходит в жидкое состояние и возникает резистивное состояние, имеющее активационный характер и регулируется температурными флуктуациями. Основным неожиданным результатом состоит в том, что вихревое состояние в трехмерном кристалле кубической сингонии имеет размерность 2.

A.V. Sadakov, V.A. Vlasenko, I.A. Troyan, O.A. Sobolevskiy, D.V. Semenov, Di Zhou,
V.M. Pudalov, "Vortex Phase Dynamics in Yttrium Superhydride YH_6 at Megabar Pressures",
J. Phys. Chem. Lett. **14**, 29, 6666–6671 (2023). DOI: 10.1021/acs.jpcllett.3c01577

Квантовые вычисления с использованием краевых состояний в модели Китаева

И.Л.Тимошук¹, К.С. Тихонов², Ю.Г. Махлин^{1,2}

¹Международная лаборатория физики конденсированного состояния, НИУ ВШЭ, Москва

²Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Черноголовка

Предложен и исследован метод передачи квантовой информации вдоль кирального майорановского краевого состояния в двумерных топологических материалах. Использование одномерных состояний полезно для реализации операции переплетения (braiding), демонстрирующей нетривиальную неабелеву анионную статистику майорановских фермионов и являющейся важной составляющей топологических квантовых вычислений.

Для края шестиугольной модели Китаева в топологической фазе исследована возможность использования краевых состояний для обработки квантовой информации и проведения двухкубитных логических операций между пространственно разделёнными кубитами. Изучается влияние беспорядка и шума на свойства краевых мод и на точность квантовых операций. Показано, что наблюдающийся экспериментально в сверхпроводниковых квантовых системах уровень беспорядка не является препятствием для проведения высокоточных квантовых операций при помощи краевых мод.

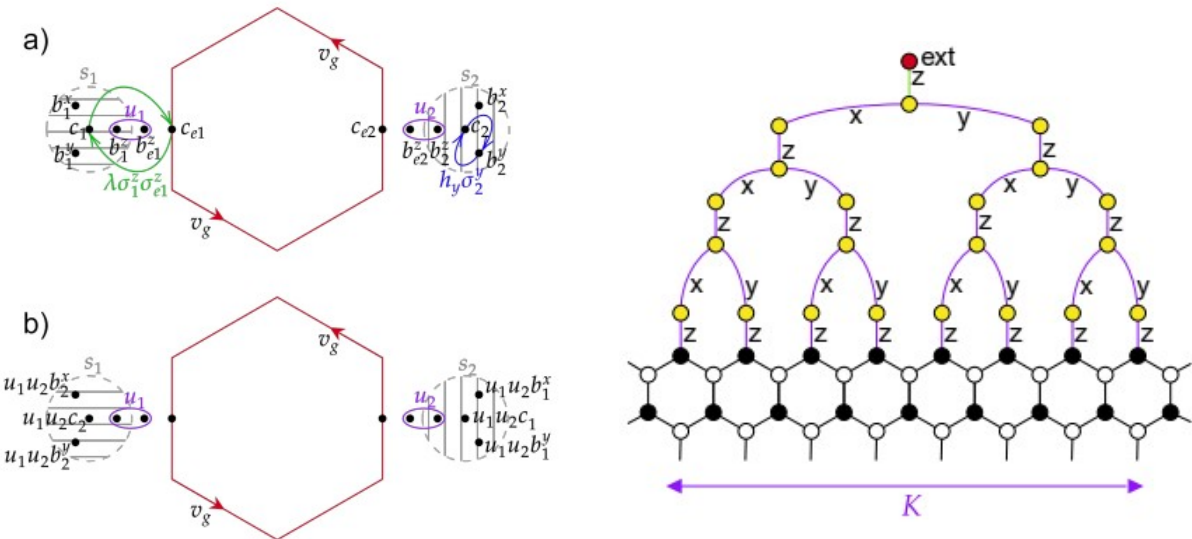


Рис. 1. Операция обмена для двух внешних кубитов s_1, s_2 через краевую моду шестиугольной модели Китаева. Показаны начальные и конечные положения майорановских мод b, c для двух кубитов. Зелёными и синими стрелками обозначены локальные операции переплетения для майорановских мод при помощи управляемых локальных полей.

Рис. 2. Схема устройства для записи квантового состояния в волновой пакет произвольной формы на краю

[1] I.Timoshuk, K.Tikhonov, and Yu.Makhlin, Quantum computations at the edge of a disordered Kitaev honeycomb lattice, Sci. Reports 13, 15263 (2023)

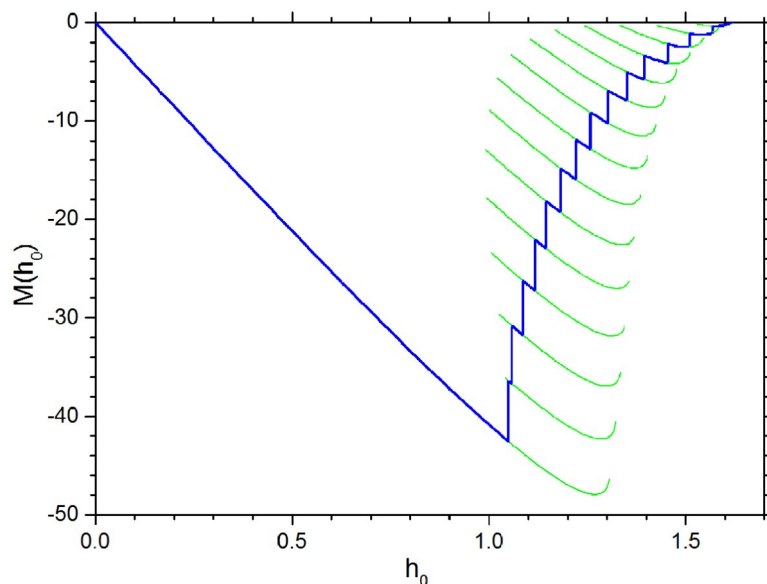
Разработка метода определения устойчивости аксиально-симметричных состояний в теории Гинзбурга-Ландау

Е.Р. Подоляк

Институт физических проблем им. П.Л. Капицы
Российской Академии Наук

E-mail: podolyak@kapitza.ras.ru,

Предложен метод определения устойчивости сверхпроводящих состояний. Метод основан на вычислении второй вариации энергии Гинзбурга-Ландау. Способы, известные ранее, применимы только для сверхпроводников II рода с малой величиной параметра порядка (в линейном приближении), когда магнитное поле в окружающем пространстве считается неискажённым. Предложенный метод не имеет таких ограничений и применим также к существенно нелинейным задачам, к которым относится поведение сверхпроводников I рода в произвольных полях. Существующие технические ограничения позволили применить разработанный метод только к аксиально-симметричным образцам (шарики, цилиндры и т.д.). Метод был использован для определения условий, при которых внутри сверхпроводящего образца может удерживаться захваченный магнитный поток.



На рисунке показана вычисленная кривая намагничивания мезоскопического свинцового шарика. Толстая линия (синяя) соответствуют равновесным состояниям с различной величиной захваченного потока, а тонкие линии (зелёные) показывают области существования метастабильных состояний. Границы равновесных состояний обозначены вертикальными отрезками.

Е.Р. Подоляк "Об устойчивости аксиально-симметричных состояний в теории Гинзбурга-Ландау", ЖЭТФ 163(2), 189 (2023)

Неелевские триплетные корреляции в гетероструктурах сверхпроводник/антиферромагнетик

Г.А. Бобков¹, И.В. Бобкова¹, В.М. Гордеева¹, А.М. Бобков¹, А.А. Голубов^{1,2}, Simran Chourasia³,
Lina Johnsen Kamra^{3,4}, Akashdeep Kamra³

¹Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия

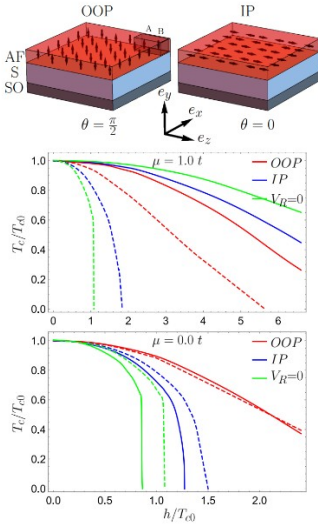
²University of Twente, The Netherlands

³Condensed Matter Physics Center, Universidad Autonoma de Madrid, Madrid, Spain

⁴Center for Quantum Spintronics, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

В данном цикле работ исследованы некоторые физические проявления неелевских триплетных корреляций, которые появляются в результате эффекта близости на границах раздела сверхпроводник/антиферромагнетик. Показано, что физический механизм формирования неелевских триплетов отличается от прямой синглет-триплетной конверсии, характерной для структур сверхпроводник/ферромагнетик. Это должно проявляться экспериментально в анизотропии критической температуры S/AF структур в зависимости от ориентации неелевского вектора относительно границы раздела [1]. Наличие неелевских триплетных корреляций приводит к тому, что немагнитные примеси могут как подавлять, так

и усиливать сверхпроводимость в S/AF гетероструктурах. Режим определяется величиной химического потенциала [2]. Неелевские триплетные корреляции дают возможность реализовать эффект спинового вентиля в гетероструктурах AF/S/AF [3]. Также они приводят к появлению осцилляций критической температуры S/AF бислоев в зависимости от толщины антиферромагнитного слоя, несмотря на отсутствие в антиферромагнетике макроскопической намагниченности, что может служить объяснением ряда экспериментальных данных [4]. Данные эффекты вносят вклад в развитие антиферромагнитной спинтроники, давая начало новой ветви этой науки, которую можно назвать низкодиссипативная или сверхпроводящая антиферромагнитная спинтроника.

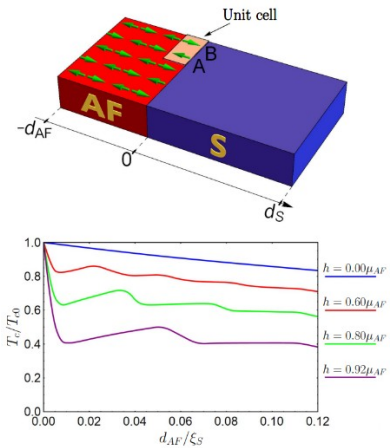


[1] G. A. Bobkov, I. V. Bobkova, and A. A. Golubov, Phys. Rev. B **108**, L060507 (2023).

[2] G. A. Bobkov, I. V. Bobkova, and A. M. Bobkov, Phys. Rev. B **108**, 054510 (2023).

[3] Lina Johnsen Kamra, Simran Chourasia, G. A. Bobkov, V. M. Gordeeva, I. V. Bobkova, and Akashdeep Kamra, Phys. Rev. B **108**, 144506 (2023).

[4] G. A. Bobkov, V. M. Gordeeva, A. M. Bobkov, and I. V. Bobkova, Phys. Rev. B **108**, 184509 (2023).



Обращение киральности и увеличение радиуса скирмиона типа Нееля посредством вихря Пирла

С.С. Апостолов^{1,2}, Е.С. Андрияхина^{3,1}, П.А. Воробьев⁴, О.А. Третьяков⁴, И.С. Бурмистров^{1,2}

¹Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау РАН, Черноголовка

²Международная лаборатория физики конденсированного состояния, НИУ Высшая школа экономики, Москва

³Московский физико-технический институт, Долгопрудный

⁴School of Physics, The University of New South Wales, Sydney, Australia

Разработана теория соосных конфигураций скирмиона типа Нееля и сверхпроводящего вихря Пирла в тонких гетероструктурах сверхпроводник-киральная ферромагнетик. Используя точное численное решение уравнения Эйлера-Лагранжа и микромагнитное моделирование, мы демонстрируем, что неоднородное магнитное поле вихря Пирла значительно изменяет профиль скирмиона по сравнению с таким же профилем в отсутствие вихря, что может приводить к резкому увеличению радиуса или инверсии киральности скирмиона. Чтобы раскрыть физику этого эффекта, мы предложили новый двухпараметрический анзац для профиля намагниченности скирмиона в присутствии вихря. Основываясь на предложенном анзаце, было обнаружено, что при определённых параметрах гетероструктуры в ней может одновременно реализоваться до трёх различных конфигураций скирмиона в поле сверхпроводящего вихря: в одной скирмион имеет отрицательную киральность, а в двух других – положительную. При этом два указанных скирмиона положительной киральности могут иметь существенно различные радиусы, см. рис. 1. Отметим, что указанные эффекты обращения киральности и увеличения радиуса определяются не только материальными параметрами гетероструктуры, но и толщиной сверхпроводника. Полученные результаты могут иметь значение для мод Майораны, локализованных в парах скирмион-вихрь.

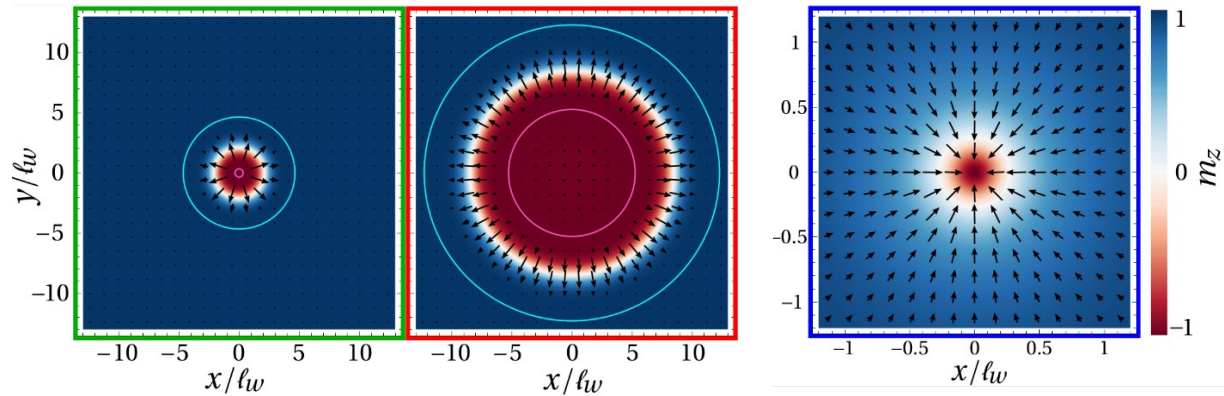


Рис. 1. Различные конфигурации распределения намагниченности в скирмионе, расположенном соосно со сверхпроводящим вихрем для одинаковых параметров гетероструктуры. Две левые конфигурации соответствуют скирмионам положительной киральности (радиусы отличаются в примерно 4 раза), а правая – отрицательной.

- [1] E. S. Andriyakhina and I. S. Burmistrov, Interaction of a Néel-type skyrmion with a superconducting vortex, Phys. Rev. B 103, 174519 (2021).
- [2] E. S. Andriyakhina, S. Apostoloff, and I. S. Burmistrov, Repulsion of a Néel-type skyrmion from a Pearl vortex in thin ferromagnet–superconductor heterostructures, JETP Letters 116, 825 (2022).
- [3] S. S. Apostoloff, E. S. Andriyakhina, P. A. Vorobyev, O. A. Tretiakov, I. S. Burmistrov, “Chirality inversion and radius blowup of a Néel-type skyrmion by a Pearl vortex”, Phys. Rev. B 107, L220409 (2023).

Интерферометр Боголюбова в квантовом эффекте Холла

В.С. Храпай

ИФТТ РАН, Черноголовка, 142432, Россия

e-mail: dick@issp.ac.ru

Предложен новый тип электронного интерферометра в режиме целочисленного квантового эффекта Холла, содержащий заземленный сверхпроводящий терминал. Эта геометрия позволяет управлять амплитудами андреевского и нормального рассеяния подщелевых квазичастиц Боголюбова с помощью фазы Ааронова-Бома, а также с помощью сужений, определяющих петлю интерферометра (Рис. 1). Матрица кондактанса такого трехполюсного интерференционного устройства типа NSN демонстрирует гораздо более богатое поведение по сравнению с его двухполюсным аналогом Фабри-Перо, что проиллюстрировано нетривиальным поведением нелокального транспорта заряда и тепла (Рис. 2). Версия интерферометра, сформированного на одиночном краю, позволяет полностью контролировать электрон-дырочную суперпозицию по требованию, включая возможность резонансного усиления произвольно малой вероятности андреевского отражения до 1. Это позволяет использовать Боголюбовский интерферометр в качестве строительного блока в будущих более сложных интерференционных структурах.

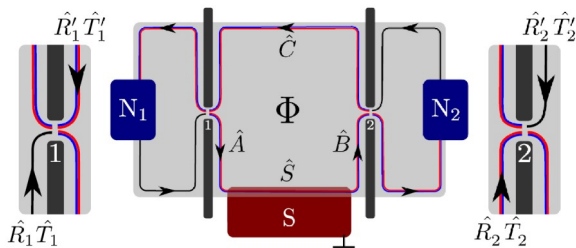


Рис 1: Модель интерферометра. Интерферометр Боголюбова представляет собой интерферометр типа Фабри-Перо на краевых каналах, сформированный двумя сужениями (1 и 2) и сверхпроводящим контактом внутри (S). Матрицы распространения вдоль края, соответствующие рассеянию в сужениях, пролетам вдоль края и рассеянию на области с наведенным эффектом близости обозначены буквами со шляпкой.

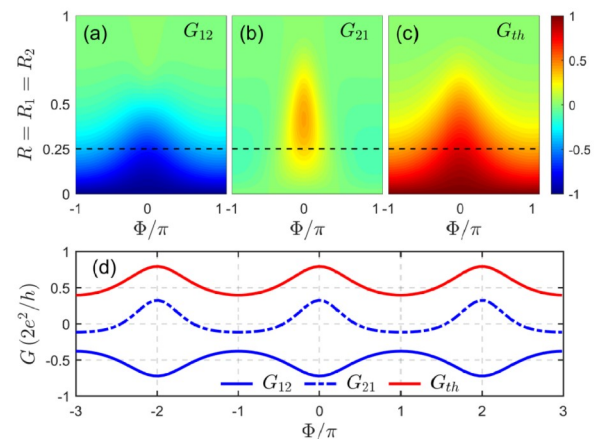


Рис 2: Нелокальный электрический и тепловой кондактанс. Цветовые карты нелокального электрического кондактанса (a, b) и теплового кондактанса (c) в зависимости от фазы Ааронова-Бома и коэффициента отражения в сужениях. Срез карты при фиксированном $R=0.25$ (d).

Выявление осей анизотропии в легкой плоскости магнитной структуры EuFe_2As_2 с помощью магнитных и магниторезонансных исследований

Ю.И. Таланов¹, И.И. Гимазов¹, Р.Б. Зарипов¹, Г.Б. Тейтельбаум¹,
К.С. Перваков², В.А. Власенко², В.М. Пудалов²

¹ Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского, Казань

² Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва

С помощью спектроскопии электронного спинового резонанса (ЭСР) и SQUID-магнитометрии получено прямое свидетельство возникновения магнитных доменов в монокристалле EuFe_2As_2 в состоянии антиферромагнитного упорядочения. Резонансные спектры ионов европия регистрировались в интервале температур от 4 до 200 К. Проведен анализ угловой зависимости спектров ЭСР при вращении кристалла вокруг оси c (при $T = 4.8$ К) с использованием уравнений для резонансного поля антиферромагнетика, учитывающих влияние обменного поля и поля анизотропии. Анализ данных показал, что EuFe_2As_2 является антиферромагнетиком с легкой плоскостью анизотропии. Кроме того, в плоскости ab обнаружены оси легкого намагничивания второго порядка для каждого из двух типов магнитных доменов, связанных со структурным переходом и образованием двойников. Из угловой зависимости резонансных полей получена оценка величины обменного поля и поля анизотропии.

1. Talanov Y. Features of EuFe_2As_2 Magnetic Structure Revealed by ESR/ Y. Talanov, I. Gimazov, R. Zaripov et al., // Appl Magn Reson – 2023– Vol.54. –527.

2. Таланов, Ю. И. Исследование немагнитности антиферромагнитного состояния в EuFe_2As_2 с помощью магнитных и магниторезонансных измерений / Ю.И. Таланов, И.И. Гимазов, Р.Б. Зарипов, et al, // Письма в ЖЭТФ – 2023. – Том.117. – 464.

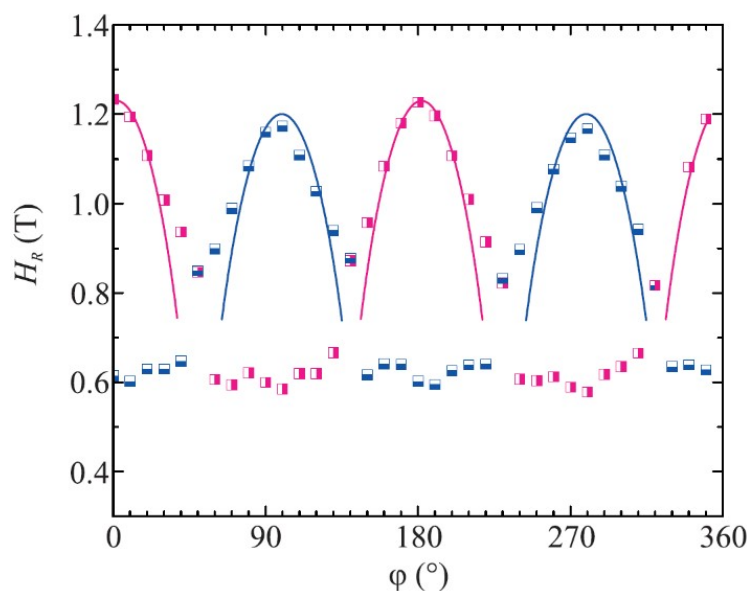


Рис.1 Угловая зависимость резонансных полей сигналов ЭСР ионов Eu^{2+} , зарегистрированных при температуре 4.8К при вращении кристалла EuFe_2As_2 вокруг оси c . Поле лежит в плоскости ab . Наполовину закрашенные квадраты – экспериментальные величины, сплошные кривые вычислены с использованием выражения (2) с параметрами $H_0 = 0.33\text{Тл}$ и $H_E \cdot H_A = 0.34\text{Тл}^2$

Гистерезис (проявление памяти) в фотонном эхо на ионах эрбия в LuLiF_4 и YLiF_4

А.М. Шегеда⁺, С.Л. Кораблева*, О.А. Морозов⁺*, В.Н. Лисин⁺, Н.К. Соловаров⁺, В.Ф. Тарасов⁺

⁺Казанский физико-технический институт им. Е. К. Завойского ФИЦ КазНЦ РАН

*Казанский (Приволжский) федеральный университет

e-mail: shegedaam@gmail.com, тел. +79600393091

В диэлектрических кристаллах YLiF_4 и LuLiF_4 с широким набором концентраций парамагнитной примеси эрбия при температуре 2 К обнаружен гистерезис в зависимости $I(H)$ интенсивности фотонного эха (ФЭ) от магнитного поля. Проявление гистерезиса в виде «бабочки» впервые наблюдается в диэлектрических кристаллах (рис.1).

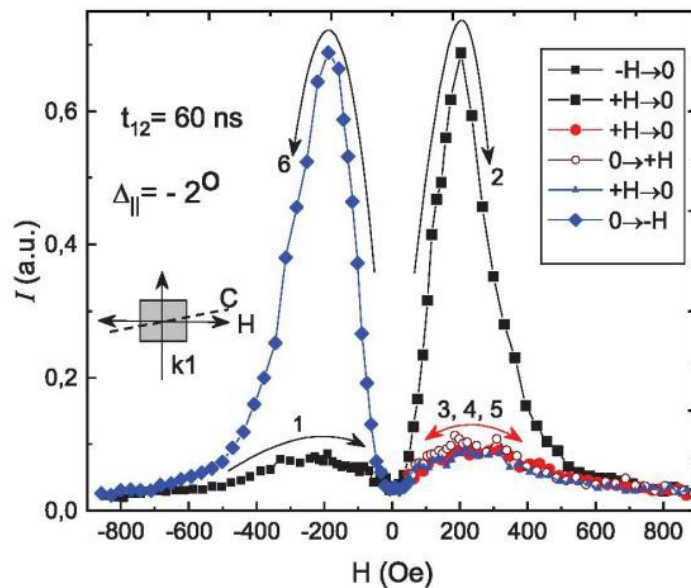


Рис. 1. Интенсивность ФЭ в $\text{LuLiF}_4:\text{Er}^{3+}$ (0.025 ат.%) для импульсов π - поляризации. Угол $\angle(C, H) = -2^\circ$. При повторных измерениях в поле одной полярности (кривые 3,4,5) зависимости $I(H)$ не меняются, а при смене полярности магнитного поля происходит однократное (зеркальное относительно оси $H = 0$) изменение $I(H)$ (кривые 2 и 6).

Существование памяти – гистерезиса критически связано с ориентацией образцов в магнитном поле. Гистерезис наблюдается, если нет точного выполнения условий: $C \parallel H$ или $C \perp H$, где C – оптическая ось кристалла, H – направление внешнего магнитного поля. В исследованных образцах при температуре 2 К на длительное время (часы) записывается и запоминается предыстория их нахождения в магнитном поле определенной ориентации, величины и полярности. Для стирания и перезаписывания “памяти” о нахождении образцов в магнитном поле необходимо превысить некоторое пороговое значение поля H_{end} противоположного направления. Предполагается, что зависимость интенсивности ФЭ от направления магнитного поля и его ориентации относительно кристаллографических осей обязана интерференции электрических и магнитных дипольных переходов в условиях существования в образце магнитоэлектрического эффекта. Полученные результаты позволяют по-новому взглянуть на работу в магнитных полях оптических устройств с кристаллами $\text{LuLiF}_4:\text{Er}^{3+}$ и $\text{YLiF}_4:\text{Er}^{3+}$.

Электрон-фононное взаимодействие в гранулированных пленках

Н. А. Степанов и М. А. Скворцов

Институт теоретической физики им. Ландау РАН, Черногловка 142432, Россия

Исследован механизм электрон-фононной релаксации в гранулированных пленках в модели регулярно расположенных гранул с произвольной величиной туннельного барьера между ними. Такая модель позволяет описать весь кроссовер от режима однородной пленки к режиму слабо связанных гранул. Вычисления проводились на основе точных волновых функций электронов в периодическом потенциале и применения золотого правила Ферми. Получена общая формула для времени жизни фонона, учитывающая два механизма электрон-фононного взаимодействия: стандартное фрелиховское и возникающее от сдвига границ гранул за счет колебаний решетки. Общая формула исследована аналитически в двух предельных режимах слабых и сильных барьеров, кроссовер между режимами исследован численно. В туннельном пределе оба механизма взаимодействия приводят к вкладам одного порядка в скорость теплопередачи. Обнаружена тенденция усиления теплопередачи между фононами и электронами при уменьшении прозрачности границы гранул. Данный эффект качественно согласуется с экспериментально обнаруженным ростом мощности теплопередачи при увеличении сопротивления тонких гранулированных пленок NbN [2].

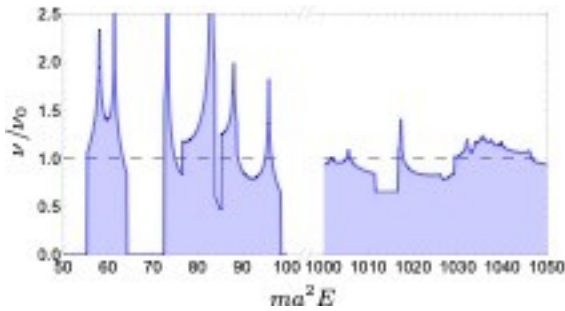


Рис. 1. Плотность электронных состояний в гранулированной пленке при определенном выборе параметров.

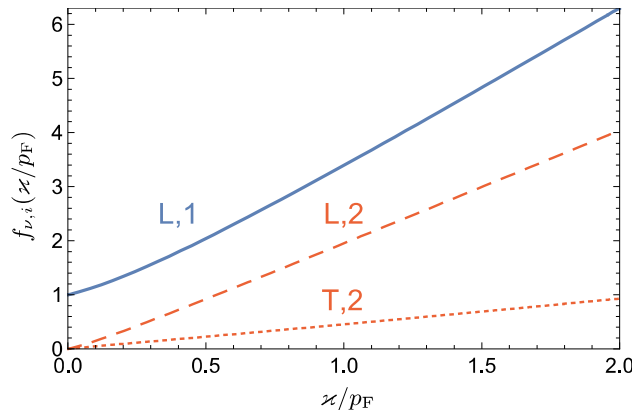


Рис. 2. Рост электрон-фононной релаксации при увеличении высоты туннельного барьера между гранулами.

[1] N. A. Stepanov and M. A. Skvortsov, Electron-phonon relaxation in a model of a granular film, Phys. Rev. B **108**, 205415 (2023).

[2] A. I. Lomakin, E. M. Baeva, A. D. Triznova, N. A. Titova, P. I. Zolotov, A. V. Semenov, D. E. Sunegin, A. V. Lubenchenko, A. I. Kolbatova, and G. N. Goltsman, Evidence of the disorder-independent electron-phonon scattering time in thin NbN films, Phys. Rev. B **107**, 054205 (2023).