**Важнейшие достижения Института ядерных исследований Российской академии наук в 3 квартале 2024 года**

Сотрудниками Института в третьем квартале опубликовано 304 научных статьи в высокорейтинговых журналах и сборниках докладов на международных конференциях. Наиболее важные достижения перечислены ниже.

***Структурные и фононные аномалии в сверхпроводящем Bi2Sr2CaCu2O8+δ с различным уровнем легирования при высоких давлениях***

Мы исследовали влияние сжатия решетки на кристаллическую структуру сверхпроводника Bi2Sr2CaCu2 с близким к оптимальному легированному и передопированному составу с помощью рентгеновской дифракции. Наши исследования показывают, что при высоких давлениях (до 30 ГПа) уровень легирования не влияет на кристаллическую структуру этого сверхпроводника. Наряду с этим, структурные аномалии в соотношении появляются при давлении, соответствующем тому, при котором Tc начинает уменьшаться. Этот факт указывает на тесную связь наблюдаемых аномалий со сверхпроводимостью. Мы также исследовали влияние легирования и давления на Tc(P) и на рамановские активные моды решетки сверхпроводников Bi2Sr2CaCu2. Мы обнаружили универсальное подавление Tc давлением, начиная с критического давления Pc в диапазоне от 9 до 16 ГПа, в зависимости от уровня легирования образцов Bi2Sr2CaCu2. Одновременно мы наблюдаем фононные аномалии около 10-20 ГПа, которые указывают на возможное перераспределение заряда под давлением в слоях BiO. Эти недавно обнаруженные аномалии могут быть связаны с изменениями в электронной структуре, которые конкурируют со сверхпроводимостью.

****

**Рисунок 1.** Сравнение аномалий на зависимости Tc(P) и на барических зависимостях фононных мод в сверхпроводящих кристаллах Bi2Sr2CaCu2 с различным допированием.

**Публикациия:** JieXin, Jian-Bo Zhang, Gen-Da Gu, Alexander G. Gavriliuk, Igor Lyubutin, Viktor V. Struzhkin and Xiao-Jia Chen, "Structural and phonon anomalies in the superconducting Bi2Sr2CaCu2O8+δ with varying doping level at high", *EPL* **146**(5), 56001 (2024).  
DOI: 10.1209/0295-5075/ad44d3 **IF**: **1.5** (**Q2**)

**Кооперация с другими организациями:**

1) Институт ядерных исследований РАН, 108840, Троицк, Москва, Россия

2) Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR), Shanghai, China

3) Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, 119333 Москва, Россия

4) Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 236041, Калининград, Россия

**Координатор работ: Гаврилюк Александр Григорьевич**

эл.почта: [gavriliuk@mail.ru](mailto:gavriliuk@mail.ru)

**ПНФИ 2021-2030:** 1.3.2.12., 1.3.3.5.

***Решёточный эффект на сверхобменное взаимодействие в антиферромагнитном Bi2.1Sr1.9CaCu2O8+δ***

Используя методы комбинационного рассеяния света и рентгеновской дифракции в антиферромагнитном Bi2.1Sr1.9CaCu2O8+δ при одинаковых условиях, была изучена эволюция двухмагнонного спектра рамановского рассеяния и структурных параметров при высоком давлении до P~30 ГПа. Была установлена связь между давлением, параметром решетки в плоскости (d) и сверхобменным взаимодействием (J) в виде J ∼ d−(6,6±0,2). В исследованном диапазоне давлений это соединение не проявляло сверхпроводимости, что было определено с помощью чувствительной магнитной измерительной техники. Кроме того, мы наблюдали фононные аномалии, что указывает на возможные эффекты беспорядка в слоях Bi−O и снижение переноса заряда из этих слоев, особенно выше 10 ГПа. Обсуждалось влияние давления и химического легирования на J и на структуру, а также их значение для сверхпроводимости.



**Рисунок 1.** Эксперимент проводился в алмазных наковальнях. Измерялась эволюция структуры и спектра двухмагнонного рамановского рассеяния под давлением. Обнаружена явная корреляция поведения магнитных возбуждений и величины Tc в допированном сверхпроводящем варианте данной структуры при росте давления.

**Публикациия:** Jie Xin, Alexander G. Gavriliuk, Jia-Wei Hu, Jian-Bo Zhang, Gen-Da Gu, Alexander F. Goncharov, Hai-Qing Lin, Ho-Kwang Mao, Xiao-Jia Chen, and Viktor V. Struzhkin, "Lattice Effect on the Superexchange Interaction in Antiferromagnetic Bi2.1Sr1.9CaCu2O8+δ", *J. Phys. Chem.* **C** **128**, 7223-7234 (2024).  
DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.3c08244> **IF**: **3.5** (**Q1**)

**Кооперация с другими организациями:**

1) Институт ядерных исследований РАН, 108840, Троицк, Москва, Россия

2) Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR), Shanghai, China

3) Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, 119333 Москва, Россия

4) Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 236041, Калининград, Россия

**Координатор работ: Гаврилюк Александр Григорьевич**

эл.почта: [gavriliuk@mail.ru](mailto:gavriliuk@mail.ru)

**ПНФИ 2021-2030:** 1.3.2.12., 1.3.3.5.

***Альтернативный путь расшифровки природы тетракварка с двойным чармом тсс (3875) ^+: фоторождение на ядрах вблизи порога его античастицы тсс (3875) ^-***

В последние годы в ряде высокоэнергетических экспериментов (коллаборации Belle, BESIII, LHCb, CMS, ATLAS) было обнаружено существование в природе экзотических адронных состояний (XYZ состояний), проявляющих свойства, выходящие за рамки традиционной кварковой модели (двухкварковые мезоны и трехкварковые барионы). Открытые состояния имеют в своей структре 4 и 5 валентных кварков и поэтому получили название тетракварки и пентакварки. В 2021 году коллаборацией LHCb в ЦЕРН был открыт новый тетракварк тсс (3875) ^+, содержащий два чармированных кварка. Этот тетракварк привлекал в последние два – три года и привлекает сейчас особое внимание из-за своей крайне необычной и не совсем понятной даже в настоящее время (несмотря на многочисленные экспериментальные и теоретические исследования) внутренней структуры, предсказываемой в ряде теоретических подходов в виде чисто компактного четырехкваркового состояния, молекулярного состояния или смеси компактного четырехкваркового состояния и молекулярного состояний с предполагаемыми вероятностями. Впервые нами рассмотрена возможность изучения внутренней структуры тсс (3875) ^+ мезонов в реакциях фоторождения их античастиц тсс (3875) ^- на ядерных мишенях. В рамках разработанной нами новой модели было впервые показано (рисунок 1),

****

Рисунок 1. Прозрачность ядер SA для Tcc(3875)^- мезонов, рожденных в прямых взаимодействиях первичных фотонов с внутриядерными нуклонами при энергии первичных фотонов 35 ГэВ, в зависимости от массового числа ядра-мишени в различных предположениях о внутренней структуре этих мезонов (указано на рисунке).

что рассмотренные нами наблюдаемые (полные и дифференциальные сечения, прозрачности) обладают определенной чувствительностью к предполагаемой структуре Тcc(3875)^- мезона (и, следовательно, к структуре Тсс(3875)^+ ) – важный для его будущих экспериментальных исследований (в частности, на электрон-ионных коллайдерах EIC и EicC в Америке и Китае) вывод данной работы.

**Публикации:**

1. E. Ya. Paryev.*An alternative way to decipher the nature of the doubly charmed tetraquark Tcc(3875)^+ : its antiparticle Tcc(3875)^- photoproduction off nuclei near threshold*

**Научный руководитель работы: Парьев Эдуард Яковлевич**

эл.почта: [paryev@inr.ru](mailto:paryev@inr.ru)

**ПНФИ** 1.3.3.1. Физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий.