

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физических проблем им. П.Л. Капицы Российской академии наук  
(ИФП РАН)**

**Отчет по основной референтной группе 3 Общая физика**

Дата формирования отчета: **26.05.2017**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Инфраструктура научной организации**

#### **1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

#### **2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

Научно-исследовательская часть Института не структурирована.

Имеются:

1. Бухгалтерия
2. Отдел кадров
3. Отдел Главного инженера
4. Отдел Главного механика
5. Отдел Главного энергетика
6. Отдел МТС
7. Библиотека

#### **3. Научно-исследовательская инфраструктура**

1. В Институте имеется высокоэффективная установка по ожижению гелия.
2. Имеется Установка "Kelvinox" для работ в области сверхнизких температур.
3. Имеются уникальные экспериментальные стенды, созданные в Институте.



- 4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

- 5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

- 6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований**

Информация не предоставлена

- 7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона**

Информация не предоставлена

- 8. Стратегическое развитие научной организации**

В Институте принята и реализуется программа развития организации, имеются долгосрочные партнеры в области подготовки научных кадров и совместных исследований (МФТИ, МГУ, ВШЭ).

### **Интеграция в мировое научное сообщество**

- 9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена

- 10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

- 11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год**

На протяжении многих лет Институт осуществляет научное сотрудничество с рядом исследовательских центров Финляндии, Франции и Швеции в виде совместных исследований



## НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

### Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

#### 12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Основными направлениями научной деятельности Института являются:

##### 1. Квантовая макрофизика:

- исследование квантовых жидкостей и кристаллов;
- исследование магнитных материалов и структур при низких температурах;
- изучение пространственно-неоднородной и необычной сверхпроводимости;
- изучение свойств низкоразмерных систем, наноструктур, поверхностей и поверхностей

раздела

- теоретические исследования макроскопических квантовых явлений.

##### 2. Радиофизика и физическая электроника:

- исследование процессов распространения и дифракции волн в открытых микро-волновых и оптических структурах;

3. Разработка экспериментальных методов использующих излучение терагерцового диапазона и создание научного

оборудования для экспериментов при низких и сверхнизких температурах.

Основные результаты по направлениям:

1.1. Обнаружена новая сверхтекучая фаза  $^3\text{He}$  – полярная фаза. В этих экспериментах использовался  $^3\text{He}$ , заполняющий принципиально новый тип аэрогеля («упорядоченный» аэрогель), в котором составляющие его нити параллельны друг другу. Диаметр нитей равен  $\sim 10$  нм, что меньше длины когерентности сверхтекучего  $^3\text{He}$ , то есть нити можно рассматривать как пространственно упорядоченные примеси. При этом в экспериментах использовалась новая разновидность «упорядоченного» аэрогеля – нафен. Свойства ядерного магнитного резонанса сверхтекучего  $^3\text{He}$  в нафене однозначно указывают на то, что в широкой области температур реализуется «чистая» полярная сверхтекучая фаза, которая не может существовать в объемном  $^3\text{He}$ , и ранее не наблюдалась. Таким образом, экспериментально доказано, что пространственно упорядоченные примеси позволяют получать фазы не реализующиеся в объемном  $^3\text{He}$ . В области высоких давлений проведены систематические экспериментальные исследования новой сверхтекучей фазы  $^3\text{He}$  (полярной фазы), в («нематическом аэрогеле», Н-аэрогеле). Обнаружено, что плотность Н-аэрогеля существенно влияет на фазовую диаграмму. Были проведены исследования спиновой динамики  $^3\text{He}$  в полярной фазе и изучено влияние сверхтекучих спиновых токов на свойства магнитного резонанса. Теоретически исследована фазовая диаграмма сверхтекучего  $^3\text{He}$  в нематически упорядоченном аэрогеле. В рамках теории Гинзбурга и



Ландау найден вид параметра порядка для каждой из возможных фаз и температурная зависимость разных компонент матричного параметра порядка. Получены теоретические результаты о влиянии деформаций аэрогеля на ориентацию параметра порядка сверхтекучего  $^3\text{He}$ , заполняющего аэрогель.

1.2 Исследован электронный спиновый резонанс в насыщенной фазе фрустрированного антиферромагнетика  $\text{Cs}_2\text{CuCl}_4$  в полях до 12 Т при низкой температуре. Обнаружена мода магнитного резонанса обменной природы, возбуждение которой полем электромагнитной накачки обусловлено взаимодействием Дзялошинского-Мории. Измерение резонансной частоты указанной моды позволяет непосредственно измерить обменную константу на боковых сторонах структуро-образующего треугольника. Изучен дублет магнитного резонанса, обусловленный сингулярностями спектральной плотности на верхней и нижней границах спионного континуума. При температуре, соответствующей нижней границе диапазона спин-жидкостной фазы был обнаружен коллапс "спионного" дублета магнитного резонанса в магнитном поле вблизи половины поля насыщения и превращение спионного дублета в моду с ларморовской частотой прецессии. Это наблюдение свидетельствует о подавлении нулевых спиновых колебаний сильным полем. В насыщенной фазе выше поля насыщения обнаружены две моды спин-волнового типа. Кроме обычного резонанса с Ларморовской частотой обнаружена слабая по интенсивности обменная мода, обусловленная "сложением" зоны Бриллюэна. Проведены исследования спектров ЯМР квазиодномерного антиферромагнетика с конкуренцией обменного взаимодействия  $\text{LiCuVO}_4$  вблизи поля насыщения. Обнаружено, что в полях больших 41 Т связанные двухмагнонные возбуждения обладают самой низкой энергией. Определена область полей возможного существования немагнитической фазы. Проведены исследования влияния немагнитных примесей замещения на магнитную структуру квазиодномерного фрустрированного антиферромагнетика  $\text{LiCu}_2\text{O}_2$ . Обнаружено, что примеси замещения существенно влияют на магнитные свойства  $\text{LiCuVO}_4$  и  $\text{LiCu}_2\text{O}_2$ , как вблизи поля насыщения, так и в малых полях. Исследован магнитный резонанс в слабо упорядоченном квазиодномерном антиферромагнетике со спином  $1/2$   $\text{Sr}_2\text{CuO}_3$ . Обнаружены щелевая ветвь в спектре возбуждений и фазовый переход, характерные для упорядоченного легкоосного антиферромагнетика, а также остаточные резонансные моды, связанные с неупорядоченными спиновыми цепочками.

1.3 Экспериментально обнаружено, что поверхностная сверхпроводимость может существовать и при температурах, превышающих критическую температуру объемной сверхпроводимости  $T_c$ . Регистрация отличной от  $T_c$  критической температуры поверхностной сверхпроводимости  $T_{cs}$  и необычные нелинейные зависимости  $H_{cs}(T)$  показывают, что поверхностная сверхпроводимость, хотя и находится во взаимодействии с объемной сверхпроводимостью, является самостоятельным явлением со своей собственной термодинамикой и электродинамикой.



1.4. Построена сверхпроводящая фазовая диаграмма для идеализированного монослоя графена и других полуметаллов с Дираковским спектром, Расчёт проводился в рамках механизма Кона-Латтинжера для расширенной двумерной модели Хаббарда с учетом дальних кулоновских корреляций и дальних перескоков. Получены области фазовой диаграммы с аномальным s-, p-, d- и f-спариванием. Получены первые результаты по сверхпроводимости в идеализированном бислое графена с учётом внутрислоевых (U1,U2,V) и межслоевого (U12.) кулоновских взаимодействий. Предсказан существенный рост температуры сверхпроводящего перехода по сравнению с идеализированным монослоем.

В рамках подхода Абрикосова-Горькова для анализа сверхпроводящих сплавов получены первые результаты по возможной сверхпроводимости в реальном графене (с учётом роли структурного беспорядка и немагнитных примесей в подавлении аномального спаривания в моделях с отталкиванием на решётке). Приведены оценки на критическую температуру Кона-Латтинжера в умеренно-чистом графене для рекордных на сегодняшний день параметров электронной плотности и эффективной длины свободного пробега.

1.M.Yu.Kagan, V.V. Val'kov, V.A. Mitskan, M.M. Korovushkin, The Kohn-Luttinger effect and anomalous pairing in novel superconductive systems and graphene, JETP, v.118(6), pp.775-1011, 2014

2. Search for a spin-nematic phase in the quasi-one-dimensional frustrated magnet LiCuVO4. N. Buettgen, K. Nawa, T. Fujita, M. Hagiwara, P. Kuhns, A. Prokofiev, A.P. Reyes, L.E. Svistov, K. Yoshimura, and M. Takigawa. Phys. Rev. B90, 134401 (2014)

3. ESR of the quasi-two-dimensional antiferromagnet CuCrO2 with a ular lattice. A.M. Vasiliev, L.A. Prozorova, L.E. Svistov, V. Tsurkan, VDziom, A. Shuvaev, Anna Pimenov, A. Pimenov. Phys. Rev. B 88, 144403 (2013).

4. В-фаза с полярным искажением в сверхтекучем  $^3\text{He}$  в "упорядоченом" аэрогеле. В.В. Дмитриев, А.А. Сенин, А.А. Солдатов, Е.В. Суровцев, А.Н. Юдин. ЖЭТФ 146, 1242 (2014)

5. Anisotropic spin diffusion in liquid  $^3\text{He}$  confined in nafen  
Dmitriev V.V., Melnikovsky L.A., Senin A.A., Soldatov A.A., Yudin A.N.  
Письма в ЖЭТФ 101, 908 (2015)

6. Polar Phase of Superfluid He-3 in Anisotropic Aerogel.  
V.V. Dmitriev, A.A. Senin, A.A. Soldatov, A.N. Yudin.  
Phys. Rev. Lett. 115, 165304 (2015); DOI: 10.1103/PhysRevLett.115.165304; и.ф. 7.645

2.1.С помощью метода продолженных граничных условий (МПГУ) исследованы свойства собственных колебаний типа шепчущей галереи в цилиндрических диэлектрических резонаторах с различной формой поперечного сечения. Задача сведена к системе линейных алгебраических уравнений, расчет матричных элементов которых сводится к однократному интегрированию и требует значительно меньших вычислительных ресурсов, чем в известных ранее подходах. Показано, что численные алгоритмы, реализованные на основе МПГУ, устойчивы и обладают достаточно быстрой сходимостью.



2.2. Решена задача об отражении направляемой моды от обрыва планарного диэлектрического волновода, нагруженного тонкой металлической диафрагмой. Рассчитаны зависимости коэффициента отражения и диаграммы направленности излучения от параметров задачи. Проведено сравнение результатов с данными, полученными приближенными методами. Проводились исследования задачи распространения волн вдоль границы метаматериала.

2.3. Рассчитаны характеристики мод, распространяющихся вдоль плоской границы раздела обычного диэлектрика и метаматериала. Изучена структура с размытой границей, т. е. структура, у которой между указанными средами находится тонкий промежуточный слой. Показано, что в такой системе могут существовать поверхностные моды с чрезвычайно высокой концентрацией поля в промежуточном слое; поперечный размер зоны концентрации поля может быть существенно меньше длины волны. Продемонстрировано, что в случае, когда среды нелинейные, возникает эффект смещения поля при увеличении мощности, переносимой модой.

1.А.Б. Маненков. Отражение поверхностной моды от обрыва плоского волновода из метаматериала." Радиотехника и электроника, 2013, т. 58, №12, с. 1197 -1205.

2. A.V. Manenkov. "Abruptly terminated planar left-handed material waveguide." Optical Quantum Electronics, 2013, v. 45, no 6, pp. 529 -541.

3. Маненков А.Б., Геролиматос П.Г., Тигелис И.Г. "Рассеяние мод на обрыве плоского диэлектрического волновода, нагруженного диафрагмой." Радиотехника и электроника, 2014, т. 59, № 9, с.917- 924.

4. A.I. Kleev, The Characteristics of a Cylindrical Dielectric Resonator Calculated by Means of the Method of Extended Boundary Conditions, J.Communications Technology&Electronics 59, 385 (2014)

5. A.I. Kleev, A.G. Kyurkchan, Application of the pattern equation method in spheroidal coordinates to solving diffraction problems with highly prolate scatterers, Acoustical Physics 61, 19 (2015)

3.1. Создан стенд для оперативного исследования низкотемпературных детекторов излучения при температурах в диапазоне 0.06 - 300 К с источником излучения на основе нагреваемого в пределах 1-20 К черного тела. Основа стенда - оригинальный микрокриостат растворения на основе импульсной трубы. С его использованием проведены исследования характеристик детекторов на основе структур (а) сверхпроводник-изолятор-нормальный металл и (б) сверхпроводник-полупроводник - нормальный металл.

3.2. Сконструирован, изготовлен и испытан гелиевый криостат в виде вставки в стандартный транспортный дьюар. Криостат предназначен для опытов по возбуждению ротон в сверхтекучем гелии СВЧ излучением коротковолновой части ММ диапазона. Разработан и изготовлен СВЧ-резонатор для работы в жидком гелии, с механической подстройкой резонансной частоты.



3.3. Разработана программа управления работы туннельным микроскопом и новая система обратной связи туннельного микроскопа на базе микроконтроллера. Создан электромагнитный 3d - нанопозиционер сканирующего низкотемпературного микроскопа.

3.4. Собрана СВЧ установка, включающая СВЧ тракт на частоту до 260 ГГц и связанный с трактом открытый резонатор, помещаемый в криостат. Источником излучения является широкополосная лампа обратной волны (ЛОВ), стабилизируемая по частоте со стабильностью  $5 \cdot 10^{-9}$  опорным источником и системой обратной связи на основе полупроводникового смесителя-умножителя. Проведены измерения добротности и коэффициента связи открытого резонатора с трактом при комнатной температуре.

1. A dilution microcryostat cooled by a refrigerator with an impulse tube, V.S. Edelman, G.V. Yakorov IET 56, 613 (2013)

2. Цифровая обратная связь и программа управления сканирующим туннельным микроскопом Л.В. Толмачев, А.М. Трояновский, ПТЭ 3, 46 (2014)

3. Power load and temperature dependence of cold-electron bolometer optical response at 350 GHz, M.A. Tarasov, V.S. Edelman, S. Mahashabde, L.S. Kuzmin, IEEE Trans. Applied Superconductivity 24, 2400105 (2014)

**13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

**14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год**

Наиболее значимые публикации индексируемые информационно-аналитической системой WoS:

1. Switching of anisotropy and phase diagram of the Heisenberg square-lattice  $S=1/2$  antiferromagnet  $\text{Cu}(\text{pz})_2(\text{ClO}_4)_2$ . Yu. Povarov, A.I. Smirnov, and C.P. Landee. Phys. Rev B 87, 214402 (2013); DOI: 10.1103/PhysRevB.87.214402, и.ф. 3.736

2. Second sound and the superfluid fraction in a Fermi gas with resonant interactions. L.A. Sidorenkov, M.K. Tey, R. Grimm, Y.H. Hou, L.P. Pitaevskii, S. Stringari. Nature 498, 7452 (2013); DOI: 10.1038/nature12136, и.ф. 38.138

3. Исследование поверхности кристаллов  $4\text{He}$ . К.О. Кешишев, В.И. Марченко, Д.Б. Шемятихин.

ЖЭТФ 143, 674 (2013); DOI:10.7868/S0044451013040071; и.ф. 0.879

4. Josephson effect in coherent roton aggregates. L.A. Melnikovsky. Письма в ЖЭТФ 98, 432 (2013),

DOI:10.7868/S0370274X13190041; и.ф.1.359



5. Direct determination of exchange parameters in Cs<sub>2</sub>CuBr<sub>4</sub> and Cs<sub>2</sub>CuCl<sub>4</sub>: high-field ESR studies. S.A. Zvyagin, D. Kamenskyi, M. Ozerov, J. Wosnitzer, M. Ikeda, T. Fujita, M. Hagiwara, A.I. Smirnov, T.A. Soldatov, A.Ya. Shapiro, J. Krzystek, R. Hu, H. Ryu, C. Petrovic, M.E. Zhitomirsky. Phys. Rev. Lett. 112, 077206 (2014); DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.077206; и.ф. 7.645

6. Fast Thermalization and Helmholtz Oscillations of an Ultracold Bose Gas. D.J. Papoular, L.P. Pitaevskii, S. Stringari.

Phys. Rev. Lett. 113, 170601 (2014); DOI: 10.1103/PhysRevLett.113.170601; и.ф. 7.645

7. Magnetic field driven 2D-3D crossover in the S=12 frustrated chain magnet LiCuVO<sub>4</sub>. L.A. Prozorova, S.S. Sosin, L.E. Svistov, N. Buttgen, J.B. Kemper, A.P. Reyes, S. Riggs, A. Prokofiev, and O.A. Petrenko. Phys. Rev. B 91, 174410 (2015);

DOI: 10.1103/PhysRevB.91.174410, и.ф. 3.736

8. High-field magnetic resonance of spinons and magnons in the triangular lattice S=1/2 antiferromagnet Cs<sub>2</sub>CuCl<sub>4</sub>.

A.I. Smirnov, T.A. Soldatov, K.Yu. Povarov, and A.Ya. Shapiro. Phys. Rev. B 91, 174412 (2015); DOI:10.1103/PhysRevB.91.174412, и.ф. 3.736

9. Polar Phase of Superfluid He-3 in Anisotropic Aerogel. V.V. Dmitriev, A.A. Senin, A.A. Soldatov, A.N. Yudin.

Phys. Rev. Lett. 115, 165304 (2015); DOI: 10.1103/PhysRevLett.115.165304; и.ф. 7.645

10. Deformed aerogels in the superfluid He-3. I.A. Fomin, E.V. Surovtsev. Phys. Rev. B 92, 064509 (2015);

DOI: 10.1103/PhysRevB.92.064509, и.ф. 3.736

**15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие**

Гранты РФФИ:

1. Низкоразмерные квантовые магнетики со слабым упорядочением, А.И.Смирнов, (2012-2014)

1500 тыс.руб.

2. Экспериментальное исследование квазиодно-мерных квантовых магнетиков, Поваров К.Ю., (2012-2013), 600 тыс.руб.

3. Сверхтекучий <sup>3</sup>He в сильно анизотропном аэрогеле, Дмитриев В.В. (2013-2015), 1704 тыс.руб.

4. Новые резонансные явления в жидком и твердом гелии, Андреев А.Ф. (2013-2015), 1515 тыс.руб.

5. Фазовые переходы и спиновая динамика фрустрированных магнетиков, Прозорова Л.А., (2013-2015), 1533 тыс.руб.

6. Диэлектрические свойства жидкого гелия, Андреев А.Ф., (2013-2014), 700 тыс.руб.





7.Эффект Кона-Латтинжера и аномальное спаривание в новых сверхпроводящих системах и графене, М.Ю.Каган, (2014-2016), 1850 тыс.руб.

8.Теоретическое исследование влияния ориентационных корреляций примесей на свойства сверхтекучих и сверхпроводящих ферми жидкостей, И.А.Фомин, (2014-2016), 770 тыс.руб.

9.Спиновая динамика квантовых магнетиков (эксперимент), Смирнов А.И. (2015-2017), 1500 тыс.руб.

10.Аномальные кинетические характеристики и сверхпроводимость в двухзонных проводниках с узкой зоной, М.Ю.Каган, (2011-2013),1250тыс.руб.

11.Теоретическое исследование сверхтекучих и сверхпроводящих ферми-жидкостей со слабым структурным беспорядком, И.А.Фомин, (2011-2013), 750 тыс.руб.

**16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований**

**17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

нет

### **Внедренческий потенциал научной организации**

**18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**

нет

**19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год**

нет

## **ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Экспертная деятельность научных организаций**



**20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами**

нет

**Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций**

**21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год**

нет

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)**

**22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно**

Институт является единственным в стране, обладающим как комплексом уникальных экспериментальных установок и методик для исследований в различных областях физики низких и сверхнизких температур, так и составом специалистов высочайшей квалификации в этих областях физики.

ФИО руководителя \_\_\_\_\_ Подпись \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

