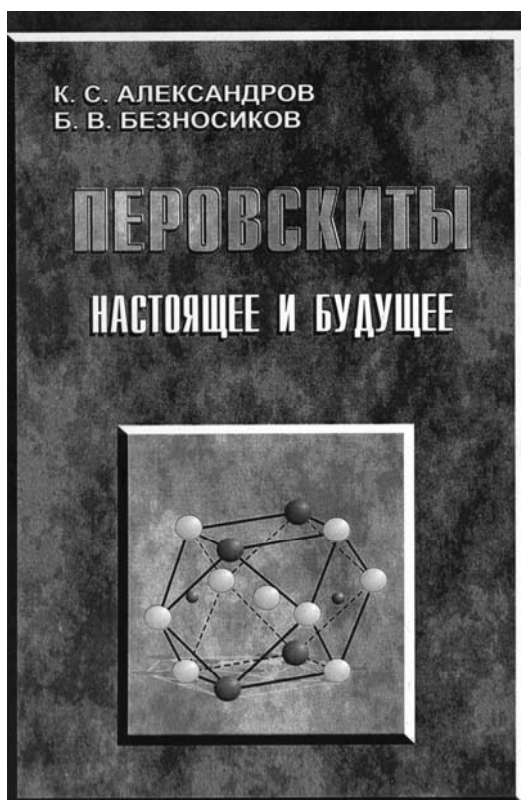


# Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, отчет о научно-организационной деятельности за 2004 г.

## I. Важнейшие результаты завершенных фундаментальных исследований в 2004 г.

**1 Основной результат по проекту 9.2.1.** Итоги многолетних исследований, посвященных кристаллохимическому анализу известных каркасных и слоистых структур родственных перовскиту, а также возможностям синтеза новых соединений подведены в монографии акад. К.С.Александрова и к.ф.-м. н. Б.В.Безносикова «Перовскиты. Настоящее и будущее», Новосибирск, Изд.СО РАН, 2004, 231 стр.



Прогнозируемые структуры рассматриваются как системы проростания укрупненных элементов - нескольких типов пакетов из n-слоев октаэдров часто дефицитных по анионам и десятков известных промежуточных блоков.

Авторами предложено 245 новых типов слоистых структур, а также многих родственных перовскитам семейств, таких как эльпасолиты, антиперовскиты среди карбидов, нитридов и боридов.

Результаты прогноза открывают перед технологами-материаловедами широкое поле деятельности по получению новых материалов, в которых можно ожидать проявления таких полезных и практически важных свойств как пьезо- и сегнетоэлектричество, высокотемпературная сверхпроводимость, магнетизм и т. д.

**2. Основной результат по проекту 9.4.2.** В ИФ СОРАН им Киренского отработана технология получения тонких пленок и многослойных структур полупроводниковых и магнитных материалов на основе Fe/Si в сверхвысоком вакууме на основе установки МЛЭ «Ангара». Полученные структуры исследовались такими методами как: электронная спектроскопия; лазерная эллипсометрия; ферромагнитный резонанс.

С целью определения структурных характеристик образцы исследованы методом малоуглового рентгеновского рассеяния. В результате процедуры подгонки модельной кривой, рассчитанной для шестислойной структуры с нарушенными границами, к экспериментальному рентгеновскому профилю получена информация о толщине каждого индивидуального слоя и шероховатости границ раздела.

В системе Fe/Si методом магнитного резонанса исследованы магнитные свойства трехслойных пленок в зависимости от толщины ферромагнитного слоя ( $t_{Fe} = 0 - 10$  нм). Толщина прослойки кремния соответствовала максимальному антиферромагнитному межслоевому взаимодействию в ранее проведенных экспериментах ( $t_{Si} = 2$  нм). Впервые обнаружено, что, при данной толщине немагнитной прослойки, межслоевое взаимодействие существенно зависит от толщины ферромагнитного слоя (Рис.1).

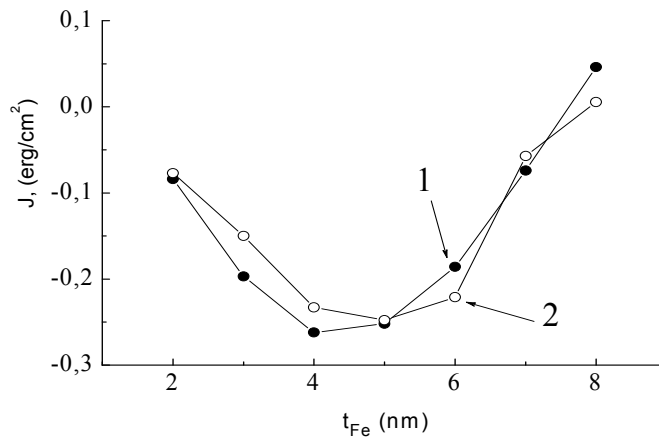


Рис.1. Зависимость величины межслоевого взаимодействия от толщины ферромагнитного слоя в пленках Fe/Si/Fe. 1 – T=200K, 2 – T=300K.

Величина взаимодействия сначала растет, достигая максимума при  $t_{Fe} = 5$  нм, а затем уменьшается практически до нуля при  $t_{Fe} = 10$  нм. Полученные результаты объясняются в предположении о конкуренции вкладов от объемной доли магнитного слоя и интерфейса. Эти результаты представляются важными в плане конструирования структур, обладающих эффектом гигантского магнитосопротивления.

1. Варнаков С.Н., Лепешев А.А., Овчинников С.Г., Паршин А.С., Коршунов М.М., Nevoral P., Автоматизация технологического оборудования для получения многослойных структур в сверхвысоком вакууме, *Приборы и техника эксперимента* -2004.-в.6, с.125-129
2. Патрин Г.С., Волков Н.В., Овчинников С.Г., Еремин Е.В., Панова М.А., Варнаков С.Н., Влияние толщины ферромагнитного слоя на межслоевое взаимодействие в пленках Fe/Si/Fe, *Письма в ЖЭТФ* -2004.-т.80, в.7, с.560-562

### 3. Основной результат по проекту 9.2.3.

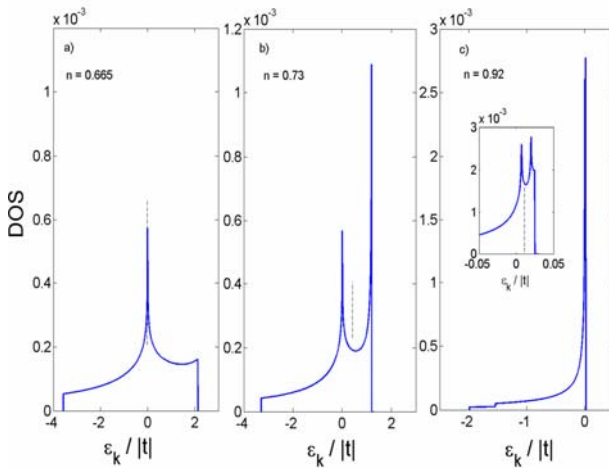


Рис.1. Эволюция плотности фермиевских состояний  $t$ - $J^*$ -модели при изменении концентрации. На вставке показана структура плотности вблизи потолка зоны. Штриховая линия соответствует расчетному положению химпотенциала.

В рамках эффективного гамильтониана для модели Хаббарда в режиме сильных электронных корреляций ( $t$ - $J^*$ -модель, в которой учитываются трехцентровые взаимодействия) получена замкнутая система 10 уравнений самосогласования, определяющая спин-фермионную динамику в спин-синглетной фазе. Численное решение этой самосогласованной системы уравнений позволило изучить концентрационную и температурную зависимости магнитных корреляционных функций. При этом показано, что одновременный учет как трехцентровых взаимодействий (коррелированных перескоков), так и перенормировок, обусловленных флуктуациями в подсистеме спиновых степеней свободы индуцирует новую особенность Ван\_Хова в плотности электронных состояний как только концентрация носителей тока становится относительно большой. Этот эффект отчетливо

виден на представленном рисунке.

Применение этих результатов к задаче об условиях реализации сверхпроводящей фазы с d-типом симметрии параметра порядка позволило изучить влияние трехцентровых

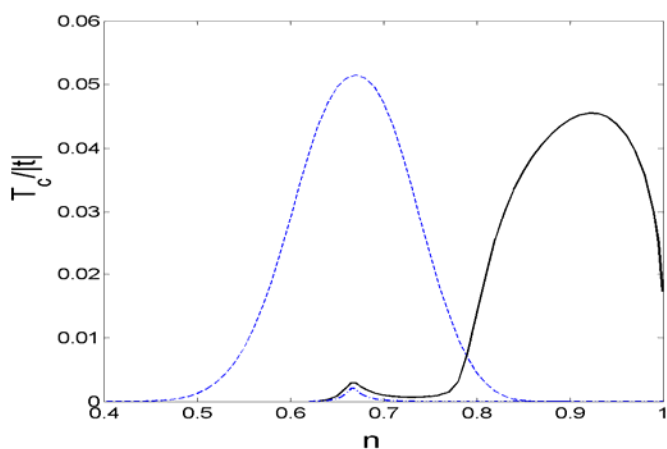


Рис.2. Концентрационные зависимости критической температуры.

взаимодействий и магнитных флуктуаций на концентрационную зависимость температуры перехода в сверхпроводящую фазу. Показано, что новая особенность Ван-Хова обуславливает качественно иное поведение  $T_c(n)$  по сравнению с хорошо известной зависимостью для обычной t-J-модели. Этот эффект продемонстрирован на втором рисунке. Правая кривая получена при учете трехцентровых взаимодействий и магнитных корреляций. Левая кривая соответствует зависимости  $T_c(n)$  для обычной t-J-модели.

1. Вальков В.В., Дзедзисашвили Д.М., Электронный спектр и температура сверхпроводящего перехода сильно коррелированных фермионов с трехцентровыми взаимодействиями, *ЖЭТФ*.–2005.–т.127, в.2.
2. Вальков В.В., Дзедзисашвили Д.М., Роль магнитных корреляций и трехцентровых при формировании сверхпроводимости с  $d_{x^2-y^2}$  типом симметрии параметра порядка // XXX Международная зимняя школа физиков – теоретиков. Екатеринбург – Челябинск. 22-28 февраля, 2004. Тезисы докладов. С. 24-А.
3. Вальков В.В., Дзедзисашвили Д.М., Влияние магнитных корреляций и трехцентровых взаимодействий на фазовую диаграмму высокотемпературных сверхпроводников с  $d_{x^2-y^2}$  симметрией параметра порядка // Первая международная конференция «Фундаментальные проблемы сверхпроводимости». Москва-Звенигород, 18-22 октября, 2004. Тезисы докладов. С.36-37.

**4. Основной результат по проекту 10.4.4.** Совершенствование методов расчета оптических характеристик дисперсных систем требует точного воспроизведения морфологических особенностей образующихся в них фрактальных наноагрегатов при математическом моделировании их роста. В подавляющем большинстве работ для этого используется модель блуждания частиц по узлам кубической решетки до момента их соединения, чем имитируется образование агрегатов при броуновском процессе. Однако структура таких статических агрегатов заметно отличается от естественных наноагрегатов и не учитывает условий их роста в реальных условиях. В частности, ориентация соседних пар частиц в агрегатах строго ограничена направлениями координатных осей (рис.1 (1)), тогда как в реальных коллоидных агрегатах пары имеют произвольную ориентацию (рис.1 (2)), что влияет на условия их взаимодействия с электромагнитной волной. Кроме того, решеточные модели не позволяют генерировать агрегаты полидисперсные по размеру частиц, а также агрегаты несферических частиц. Другим важным фактором, неучтенным в решеточных моделях роста, является вращение агрегатов. Это вращение уменьшает возможность проникновения частиц во внутренние области агрегатов, что приводит к их более низкой фрактальной размерности, усилению локальной анизотропии и изменению ее радиальной зависимости. С целью преодоления этих недостатков была разработана трехмерная вне-решеточная модель генерации агрегатов сферических частиц, воспроизводящая естественные условия структурообразования. В модели учтен обмен между поступательными и вращательными степенями свободы агрегатов, субагрегатов и

отдельных частиц при произвольном виде потенциала взаимодействия частиц, а также при произвольной функции распределения частиц по размерам, их форме и толщине адсорбционного слоя. Межчастичный потенциал включает в себя электростатические и ван-дер-ваальсовы взаимодействия и позволяет учесть влияние внешних электрических, магнитных и гравитационных полей с произвольной конфигурацией, а также диссипативные силы. Модель агрегации основана на дискретно-временной ньютоновской динамике ансамбля хаотически распределенных частиц. Разработанная модель может быть использована для исследования кинетики агрегации зольей под действием различных физических факторов и рассчитывать характеристики образующихся агрегатов. Получена гистограмма фрактальной размерности  $P(D)$  агрегатов, генерируемых в идентичных условиях. Обнаружено, что дисперсия  $\Delta D / D_{\max}$  не превышает 15% при характерных значениях  $D=1.6$  для количества частиц  $N=50$  (Рис.2) с тенденцией к уменьшению дисперсии с ростом  $N$ . Получена зависимость фрактальной размерности агрегатов от количества входящих в них частиц. Исследована роль вращения агрегатов (Рис.3). Разрабатываемый пакет программ не имеет известных аналогов (основные идеи опубликованы в работе [1]). Помимо коллоидной химии эти разработки уже получили востребованность и потенциальные применения в таких областях, как физика плазмы (включая пылевую плазму), фотонно-кристаллические среды, что, в частности, связано с моделированием роста трехмерных периодических коллоидных структур, а также астрофизика межзвездной среды.

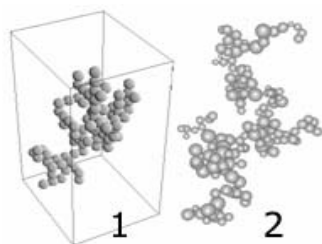


Рис.1. Вид фрактальных агрегатов, полученных методом моделирования с помощью решеточного (1) и вне-решеточного генераторов (2).

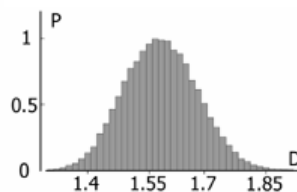


Рис.2. Вероятность (P) генерации агрегатов с фрактальной размерностью (D) в идентичных условиях (расчеты по 65 тысячам агрегатов  $N=50$ ).

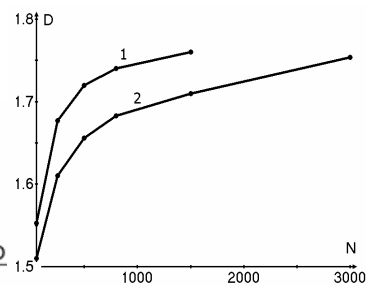


Рис.3. Зависимость фрактальной размерности агрегата от количества входящих в него частиц в условиях вращения (2) и в его отсутствие (1).

1. Markel V.A., Pustovit V.N., Karpov S.V., Obuschenko A.V., Gerasimov V.S., Isaev I.L. Electromagnetic density of states and absorption of radiation by aggregates of nanospheres with multipole interactions// Phys. Rev. B, -2004. -V.70, p. 054202-1 - 504202-19.

**5. Основной результат по проекту 10.4.6.** Впервые разработан СВЧ метод спектроскопического анализа комплексной диэлектрической проницаемости почвенной влаги. Экспериментально обоснована возможность определения параметров релаксации Дебая для содержащейся в почве связанной и свободной воды. Изучены зависимости параметров релаксации обоих типов почвенной влаги от минерального и органического состава почв и температуры. Обнаружены фазовые переходы связанной почвенной влаги при замерзании и оттаивании почвогрунтов. Создана спектральная модель комплексной диэлектрической проницаемости влажных почв, учитывающая релаксационные свойства и относительное объемное содержание связанной и свободной влаги в почве. Разработаны принципы построения спектроскопических баз данных по СВЧ диэлектрическим свойствам почв. На рис. 1 и 2 показаны зависимости статической диэлектрической проницаемости и времени релаксации Дебая для связанной почвенной влаги от типа почвы и температуры, соответственно.

Эти результаты опубликованы в работах [1-7]. Они не имеют аналогов в мировой научной литературе и найдут широкое применение при разработке аэрокосмических

методов радиофизической диагностики земных покровов, а также в электрофизике почв и грунтов, физической химии почвенной влаги и мерзлотоведении.

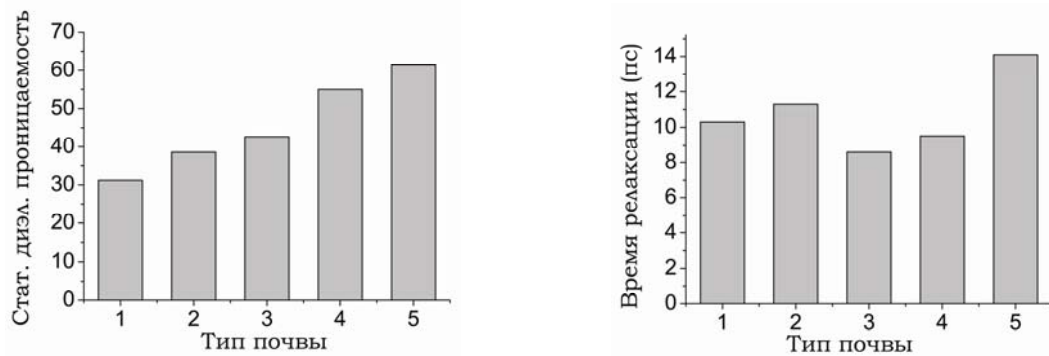


Рис. 1. Статическая диэлектрическая проницаемость и время релаксации связанной почвенной влаги для почв с различным минеральным и органическим составом (1- бентонит, 2-суглинок, 3-глинистый чернозем, 4-глина, 5-супесь), при температуре 25 °С.

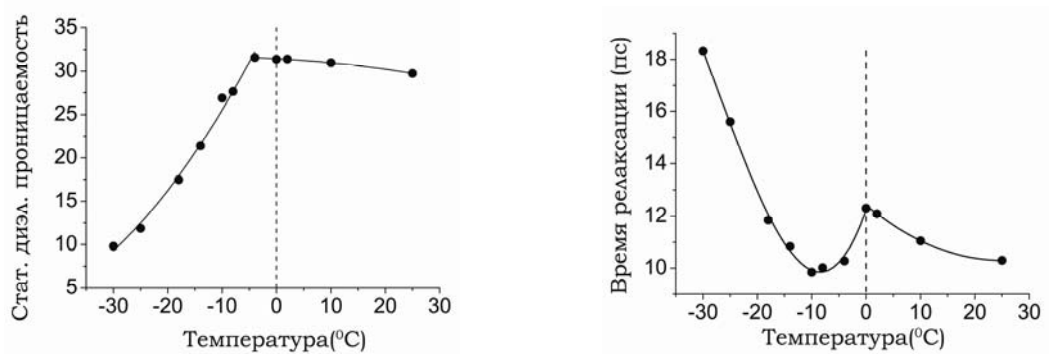


Рис. 2. Зависимость статической диэлектрической проницаемости и времени релаксации для связанной влаги в бентоните от температуры

1. V.L. Mironov, M. C. Dobson, V. H. Kaupp, S. A. Komarov, and V. N. Kleshchenko, "Generalized refractive mixing dielectric model for moist soils," IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 42, no. 4, pp. 773 – 785, 2004.
2. V.L. Mironov, "Spectral Dielectric Properties of Moist Soils in The Microwave Band," in Proc. IGARSS'04, Anchorage, USA, vol. V, pp. 3474 - 3477, 2004.
3. V.L. Mironov, P.P. Bobrov, and V.N. Mandrygina, "Bound Water Spectroscopy for the Soils with Varying Mineralogy," in Proc. IGARSS'04, Anchorage, USA, vol. V, pp. 3478 - 3480, 2004.
4. V.L. Mironov, and P.P. Bobrov, "Soil Dielectric Spectroscopic Parameters Dependence on Humus Content," in Proc. IGARSS'03, Toulouse, France, vol. II, pp. 1106-1108, 2003.
5. V.L. Mironov, V.H. Kaupp, S.A. Komarov, and V.N. Kleshchenko, "Frozen Soil Dielectric Model Using Unfrozen Water Spectroscopic Parameters," in Proc. IGARSS'03, Toulouse, France, vol. VII, pp. 4172 – 4174, 2003.
6. V. L. Mironov, M. C. Dobson, V. H. Kaupp, S. A. Komarov, and V. N. Kleshchenko, "Generalized refractive mixing dielectric model for moist soils," in Proc. IGARSS'02, Toronto, Canada, vol.VI, pp. 3556-3558, 2002.
7. V. L. Mironov, "Microwave electrical properties modeling for radar and radiometry remote sensing of hydrological processes in soil and ground," NASA/NOAA GAPP & Hydrology Meetings, Abstracts, Potomac, MD, 29 April-4 May, 2001.

## II. Работа по государственным программам

В 2004 г. Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН выполнял работы по фундаментальным исследованиям в соответствии с утвержденными Основными заданиями к плану научно-исследовательских работ в рамках бюджета Сибирского отделения РАН по основным, утвержденным научным направлениям Института: 1) физика магнитных явлений и материалов; 2) физика конденсированных сред и материалы электронной техники.

За отчетный период Институт участвовал в выполнении четырех проектов президентской программы - «Конкурсный фонд индивидуальной поддержки ведущих ученых и научных школ» (НШ – 939.2003.2; МК-3781.2004.2; МК-3782.2004.2; МК-3784.2004.2;), двух проектов ФЦП «Интеграция» (№ Б001/850 и №Я0007/2303), 8 проектов по программам Президиума РАН, 5 проектов по программам Отделения физических наук РАН, 3 междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН и 2 комплексных интеграционных проектов СО РАН.

В Институте также продолжались исследования, поддержанные грантами РФФИ (20 проектов), региональной программой «Поддержка приоритетных научных исследований в Красноярском крае» (22 проекта).

Прикладные работы в Институте выполнялись в рамках хозяйственных договоров. Среди научно-исследовательских работ прикладного характера можно выделить следующие:

1. Отработка раствор-расплавных технологий выращивания монокристаллов  $Pb_{3-x}Ga_xGa_2Ge_4O_{14}$  и технологии группового выращивания из растворов-расплавов тригональных монокристаллов  $Gd_{1-x}Nd_xFe_{3-y}Ga_y(VO_3)_4$ .
2. Изготовлены магнитные пленки для магнитной записи на основе Co-Pt и многослойные магнитные пленки в системе переходной металл/полупроводник.
3. Исследован фазовый состав микросфер из энергетических зол, полученных при сжигании углей различного происхождения.

Основные задания к плану научно-исследовательских работ за первые три квартала 2004 г. Институт выполнил в полном объеме.

## III. Международные научные связи за 2003 год.

Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН продолжает активно поддерживать многосторонние связи с рядом ведущих международных центров. Научные работы проводятся в рамках международного сотрудничества и поддерживаются совместными грантами при участии Российских научных фондов и программ и другими финансовыми средствами национальных министерств науки, индивидуальными грантами с научными учреждениями других стран. Международная интеграция позволяет также компенсировать ограниченные возможности отечественной приборной базы для проведения комплексных исследований. Отметим ряд научных работ в рамках грантов ИНТАС и НАТО со Свободным университетом г. Берлина (Германия), Бристольским университетом (Великобритания), Университетом Халмера (Швеция), Университетом Бар-Илана (Израиль), Институтом Макса Планка (Германия), Калифорнийским Университетом (США). Полученные результаты исследования структуры десятка впервые синтезированных кристаллов передаются в базу данных Международного фонда дифракционных данных.

Для полноты информации приводим зарубежные центры, с которыми Институт поддерживает наиболее активные научные связи: Институт Лауэ-Ланжевена, Гренобль, Франция; Национальный центр научных исследований (Франция); Институт Хана

Мейтнера (Германия); Институт физики Польской АН (Польша); Институт Пауля Шеррера (Швейцария); Университет Любляны, Институт Йозефа Стефана (Словения); Технический Университет Мюнхена (Германия); Университет города Лейпцига (Германия); национальные лаборатории Лос-Аламоса и Сандия (США); Самаркандский Государственный университет им. А. Навои (Узбекистан). В рамках научного сотрудничества ученые Института выезжали в вышеперечисленные и другие научные центры для проведения исследований, обсуждения результатов и для участия в конференциях.

В ходе командировок поставленные задачи всеми сотрудниками были выполнены. Полученные результаты используются для выполнения совместных исследований, программ Сибирского отделения РАН, федеральных программ.

III. Ежегодные данные об Институте физики им. Л.В.Киренского СО РАН на 01.12.2004 г.

Форма 1

**Сведения о тематике научных исследований**

Научное учреждение	Количество тем, по которым проводились исследования Количество законченных тем (в скобках) в отчетном году Финансирование в отчетном году (тыс. руб.)										
	Всего	Президентские программы	Государственные научно-технические программы (ФЦП)	Региональные программы	По грантам РФФИ	По грантам РГНФ	По зарубежным грантам	По международным проектам	По хоздоговорам с российскими заказчиками	По соглашениям с зарубежными партнерами	Программы РАН и СО РАН (молодежные проекты, интеграционные, и др.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук	<b>13393,588</b>	<b>760,0</b>	<b>1503,0</b>	<b>505,131</b>	<b>3614,0</b>	-	<b>16,8</b>	-	<b>3729.657</b>	-	<b>3265,0</b>
		4 «Конкурсный фонд поддержки и ведущих ученых и научных школ»	3 ФЦП «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2006 годы»	28(22) «Поддержка приоритетных научных исследований в Красноярском крае»	21(6) Гранты РФФИ: 02-02-16428; 02-02-17463; 03-02-16124; 03-02-17039; 03-02-16076; 03-03-32470; 03-03-32326; 03-02-16701; 03-02-16079; 03-02-16052; 03-02-16052;		3(2) Грант «IN-TAS Open Call N2001-2399», «IN-TAS Call 2001 Nano-2399», руководитель Г.Н. Чурилов;		38(22)		17



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					03-02-16286; 02-02-17224; 02-02-16325; 04-02-16099; 04-02-16710; 04-02-16230; 04-02-16174; 04-02-26065Г; 04-02-81018; 04-02-26679з; 04-02-20047б;		Грант «IN-TAS Open Call» N99-00019», рук. А.К. Попов				

Форма 2

### Численность сотрудников, работающих в научных учреждениях

Научное учреждение	Общая численность	В т. ч. научных сотрудников	Из них:						
			членов РАН		докторо в наук	кандида тов наук	научных сотрудн иков без степени	моло- дых специал истов	кол-во аспиран тов
			академи ков	членов- корреспо ндентов РАН					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ИФ СО РАН	399/339	161/132	2/1	1	38/28	97/83	23/19	38/33	33

Примечание: всего/основных

### Сведения о публикациях

Монографии	Число публикаций			Число охранных документов	
	Статьи		Доклады в сборниках международных конференций	Патенты	Лицензии
	отечественные	зарубежные			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
4	103	60	78	14	-

**Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН**

Взаимодействие академической и вузовской науки,  
реализация программы «Государственная поддержка интеграции  
высшего образования и фундаментальной науки»

<b>Наличие</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Название вуза</b>
факультета, для которого институт является базовым	-	
филиала вуза	1	физико – технологический институт при Красноярском государственном техническом университете (КГТУ), межвузовское инженерно-физическое отделение
учебно-научного центра по подготовке высококвалифицированных специалистов (по программе «Интеграция»)	1	Красноярский научно – образовательный центр высоких технологий (КНОЦ ВТ)
совместных кафедр с вузами	5	КГТУ
совместных лабораторий с вузами		
совместной научной инфраструктуры: экспериментальных стендов, полигонов, информационно-коммуникационных сетей и т.д.	-	
других образовательных учреждений, созданных с участием научных учреждений СО РАН (указать вид учреждения)	7	6 объединенных научно – учебных лабораторий, Центр квантовохимических расчетов нанокластеров

Перечень проектов, выполняемых в рамках ФЦП «Интеграция»	Вид конкурса	Вуз	Сумма финансирования
1. «Развитие интеграции академической и ВУЗовской науки в рамках Красноярского научно – образовательного центра высоких технологий (КНОЦ ВТ), (проект № Б0017/850).	1.1. 2.7.	Красноярский государственный университет, Красноярский государственный технический университет, Сибирский государственный аэрокосмический университет	600 000 руб. из бюджета ФЦП «Интеграция» 150 000 руб. из бюджета Красноярского края
2.«Создание рабочих мест в лабораториях Института физики им. Л.В.Киренского СО РАН с целью привлечения талантливых студентов и аспирантов ВУЗов в науку» (Проект №Я0007/2303)	2.9.	Красноярский государственный университет, Красноярский государственный технический университет, Сибирский государственный аэрокосмический университет	210000 руб. из бюджета ФЦП «Интеграция» 52500 руб. из бюджета Красноярского края

Сколько студентов 3-5 курсов и (отдельно) магистрантов обучаются на совместных кафедрах: 228 студентов 23 магистранта.

Сколько студентов выполняют дипломные работы или магистерские диссертации непосредственно в научных учреждениях под руководством научных сотрудников институтов : 90 студентов.

Сколько научных сотрудников участвуют в работе со студентами, магистрантами и аспирантами: – преподают в вузах – руководят дипломными проектами, магистерскими диссертациями – руководят аспирантами	Общее число	Доктора наук	Кандидаты наук
		115	35
	53	23	30
	39	28	11

Подготовка учебников и учебных пособий:

– количество учебных пособий 6

директор Института,  
академик РАН

В.Ф. Шабанов