ОТЧЕТ
О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПЕТЕРБУРГСКОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им.Б.П.КОНСТАНТИНОВА
РАН
в 1999 году

1. Важнейшие результаты фундаментальных и прикладных исследований.

1. Волновые функции пиона и фотона на световом конусе в модели инстантонного вакуума. Авторы: кандидаты физ.-мат. наук В.Ю.Петров, М.В.Поляков, П.В.Побылица, Отделение теоретической физики ПИЯФ РАН.

Серия работ посвящена вычислению в инстантонном вакууме КХД волновых функций пиона и фотона на световом конусе в низкой точке нормировки (порядка 600 МэВ). Волновые функции пиона и фотона (а также так называемые двухпионные распределения, которые тесно с ними связаны) вычислены в модели инстантонного вакуума КХД, которая доказала свою жизнеспособность при вычислении многих других непертурбативных величин в КХД. Вычисленная волновая функция пиона хорошо согласуется с экспериментом, а волновая функция γ-кванта станет доступна для прямого измерения в ближайшее время.

2. Самоорганизация критического состояния в гранулированных сверхпроводниках. Руководитель - доктор физ.-мат. наук СЛ.Гинзбург, Отделение теоретической физики ПИЯФ РАН.

В представленном цикле работ теоретически и с помощью компьютерного моделирования изучается критическое состояние двумерного и одномерного многоконтактных СКВИДов в случае, когда система обладает большим числом метастабильных состояний. Впервые, исходя непосредственно из системы дифференциальных уравнений для разности фаз на контактах, показано, что критическое состояние гранулированных сверхпроводников является самоорганизованным, и его свойства эквивалентны свойствам самоорганизованного критического состояния в ранее предложенных математических моделях для изучения самоорганизованной критичности (СОК). Был также обнаружен ряд новых интересных свойств самоорганизованного критического состояния, в частности, показано, что, благодаря физическим свойствам системы, в гранулированных сверхпроводниках СОК может реализовываться при закрытых граничных условиях, что принципиально невозможно в ранее предложенных моделях для изучения СОК. Также показано, что ранее не рассматриваемые межлавинные корреляторы являются более чувствительными к специфике системы характеристиками, чем обычно исследуемые однолавинные функции распределения.

3. В эксперименте Е-781, выполненном на ускорителе Лаборатории им.Э.Ферми (FNAL) впервые измерен зарядовый радиус сигма-минус гиперона. Руководитель - член-корр. РАН А.А.Воробьев, Отделение физики высоких энергий ПИЯФ РАН.

Измерения осуществлялись методом рассеяния электронов в инверсной кинематике. Рассеянные электроны регистрировались с помощью созданного в ПИЯФ РАН детектора переходного излучения. Зарядовый радиус сигма-минус гиперонов, согласно измерениям, равен 0.77 ± 0.07 Фм. Определен также радиус сильного взаимодействия сигма-минус гиперонов с нуклонами. В пределах ошибок измерений он равен зарядовому радиусу.

4. Мю-катализ. Руководитель - член-корр. РАН А.А.Воробьев, Отделение физики высоких энергий ПИЯФ РАН.

В течение долгого времени при описании процесса ddμ-катализа имелось расхождение между теоретическим и экспериментальным значением скорости λ_d переворота спина dμ-атомов, соответственно, $\lambda_d^{\text{теор}} \cong 50 \div 55$ мкс$^{-1}$ и $\lambda_d^{\text{эксп}} \cong 37$ мкс$^{-1}$. В серии экспериментов, проведенных на ускорителе PSI (Швейцария) с чистым дейтерием D_2, в D_2+H_2 и в HD смесях с помощью созданной в ПИЯФ ионизационной камеры высокого давления, впервые были разделены и измерены обе составляющие скорости переворота спина $\lambda_d = \lambda^{\text{back-decay}} + \lambda^{scat}$. При 50 К указанные скорости равны:

$$\lambda^{\text{back-decay}}\left(D_2\right) = 12.9 \pm 0.4 \text{ мкс}^{-1},$$

$$\lambda^{\text{scat}}\left(D_2\right) = 23.6 \pm 0.4 \text{ мкс}^{-1},$$

$$\lambda^{\text{scat}}\left(HD\right) = 31.7 \pm 0.7 \text{ мкс}^{-1}.$$

Полученные результаты показали, что теория, правильно описывая процесс обратного распада $\lambda^{\text{back-decay}}$ комплексов [(ddμ)d2e]*, существенно (до 60%) завышает величину скорости рассеяния λ^{scat} dμ-атомов на молекулах среды D_2 и HD.

5. Исследование выходов η-мезонов в реакции $\pi^- p \to \eta n$ в околопороговой области. Руководитель - доктор физ.-мат.наук С.П.Круглов, Отделение физики высоких энергий ПИЯФ РАН.

Эксперимент по измерению выходов η-мезонов в реакции $\pi^- p \to \eta n$ в околопороговой области энергий выполнен сотрудниками Лаборатории мезонной физики ОФВЭ совместно с учеными Университета г.Абилин и Калифорнийского университета (США). Результаты этой работы в совокупности с проведенными расчетами по методу Монте-Карло позволили получить экспериментальное подтверждение значения массы η-мезона m=547.45 Мэв/c^2, приведенного в последних изданиях Review of Particle Properties.

6. Экспериментальная проверка вывода пучка сверхвысоких энергий с помощью техники каналирования - эксперимент E853 (ФНАЛ, США). Руководитель - доктор физ.-мат. наук В.М.Самсонов, Отделение физики высоких энергий ПИЯФ РАН.

Международный эксперимент E853 (1994-1999гг.) был посвящен исследованию возможности применения эффекта каналирования заряженных частиц в изогнутых кристаллах для вывода протонов высоких энергий непосредственно из камеры ускорителя Теватрон (ФНАЛ, США) при работе его в коллайдерном режиме. Сотрудники ПИЯФ РАН принимали участие как в подготовке и обосновании самого проекта, так и непосредственно отвечали за разработку и изготовление кристаллической части установки, а также принимали участие в сеансах на пучке ускорителя и в обработке экспериментальных данных. В результате проведенных исследований была продемонстрирована возможность вывода протонов с энергией 900 ГэВ с интенсивностью от 10^6 до 10^9 частиц в секунду из пучка в камере ускорителя с высокой эффективностью до 15-20% без влияния на работу D0 и CDF коллайдерных установок.

7. Обнаружение эффекта временной задержки при дифракции нейтрона внутри толстого монокристалла при углах Брегга, близких к 90°. Руководитель - доктор физ.-мат. наук В.В.Федоров, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Впервые экспериментально обнаружен эффект существенной временной задержки дифрагирующего нейтрона внутри толстого монокристалла при углах Брэгга, близких к 90°. При угле дифракции, равном 85°, измеренная эффективная скорость распространения нейтрона в кристалле оказалась равной (66 ± 4) *м/с* при скорости падающего нейтрона 808 *м/с.* Полученный результат подтверждает предсказанную возможность увеличения более чем на порядок чувствительности дифракционного метода поиска ЭДМ при переходе к углам, близким к 90°.

8. Явление деполяризации УХН при хранении в материальных ловушках. Руководитель - доктор физ.-мат. наук А.П.Серебров, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Обнаружено явление деполяризации при хранении поляризованных ультрахолодных нейтронов в материальных ловушках. Вероятность переворота спина нейтрона при отражении зависит от вещества и составляет, например, 7.10^{-6} на один удар для бериллия, 10^{-4} – для стекла. Обнаруженное явление показывает, что процесс отражения УХН от вещества не является полностью когерентным. Вклад некогерентного процесса зависит от материала и составляет от 10^{-6} до 10^{-4} на один удар. Возможно, что этот процесс связан с явлением аномальных потерь УХН при отражении.

9. Первое наблюдение и исследование Т-нечетной корреляции в тройном делении ^{233,235}U холодными поляризованными нейтронами. Руководитель - доктор физ.-мат. наук Г.А.Петров, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Коллаборацией ИТЭФ, ПИЯФ РАН и Университетов г.Тюбинген и г.Дармштадт (Германия) на высокопоточном реакторе Института Лауэ-Ланжевена (Гренобль, Франция) впервые всесторонне экспериментально исследована угловая корреляция импульсов осколков деления, легких частиц и поляризации холодных нейтронов, инициирующих тройное деление ^{233,235}U. Коэффициенты, формально *T*-нечетной, асимметрии испускания легких частиц относительно плоскости, образованной вектором импульса легкого (тяжелого) осколка и направлением спина нейтронов, равны для ^{233}U $-(1{,}81\pm0{,}10)\cdot10^{-3}$ и для ^{235}U $+(0{,}52\pm0{,}06)\cdot10^{-3}$ и растут по абсолютной величине с ростом энергии легких частиц. Наблюденные эффекты теснейшим образом связаны с динамикой процесса разрыва делящегося ядра и могут явиться совершенно новым путем изучения этого важного вопроса.

10. Изучение деформаций отдельных осколков двойного спонтанного деления изотопов ^{244,248}Cm и ^{252}Cf. Руководитель - доктор физ.-мат. наук Г.А.Петров, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Впервые измерены спектры множественности нейтронов спонтанного деления ^{244,248}Cm, испущенных парными осколками с известными массами и полными кинетическими энергиями. Полученные экспериментальные данные использованы для извлечения сведений об энергиях возбуждения (и тем самым о деформациях) осколков вблизи точки разрыва делящейся системы. Обнаруженные ярко выраженные структуры в массовых выходах указывают на решающее влияние нуклонного состава осколков на величину их деформации и тем самым - на различие кинематических условий при разрыве делящейся ядерной капли.

11. Связь между типом разворота октаэдров MnO_6 и проявлением эффекта колоссального магнитосопротивления в манганитах. Руководитель - доктор физ.-мат. наук В.А.Трунов, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Исследования $Sm_{(0.15)}Ca_{(0.85)}MnO_3$ и $Pr_{(0.15)}Sr_{(0.85)}MnO_3$ манганитов показали, что оба оксида проявляют переход металл-изолятор при 110 и 260 *K*, соответственно, но различаются наличием свойств колоссального магнитосопротивления (*CMR*) в первом и их отсутствием во втором соединении. Порошковая нейтронная дифракция и электронная микроскопия показали, что переходы металл-изолятор связаны со структурными и магнитными переходами. Оба оксида являются при низких температурах антиферромагнетиками *C*-типа со сходной поляризацией $d(3z^2\text{-}r^2)$ орбиталей, которая связана с упорядочением орбиталей в цепочках. При этом не обнаружено никакого зарядового упорядочения. Хотя оба соединения проявляют подобные искажения MnO_6 октаэдров, они сильно различаются типом разворота этих октаэдров, приводящим к возникновению структур с пространственными группами P2 1/*m* и *I* 4/*mcm* для $Sm_{(0.15)}Ca_{(0.85)}MnO_3$ и $Pr_{(0.15)}Sr_{(0.85)}MnO_3$, соответственно. Более того, в $Sm_{(0.15)}Ca_{(0.85)}MnO_3$ соединении обнаружено несколько процентов скошенной антиферромагнитной фазы *G*-типа и, по-видимому, именно переход от *C*- к *G*-типу магнитной структуры при приложении магнитного поля в несколько тесла и является причиной *CMR*-эффекта.

12. Первое успешное исследование эндоэдрических металлофуллеренов с помощью эффекта Мессбауэра. Руководитель - кандидат хим. наук Ю.С.Грушко, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

В 1999 году были впервые синтезированы металлфуллерены диспрозия в количестве, достаточном для изучения эффекта Мессбауэра. Проведено успешное измерение спектров резонансного поглощения в $Dy@C_{80}$ и $Dy@C_{82}$ на резонансе 25,6 *кэВ* в ^{161}Dy при температурах 4.2, 9,6 и 78 *K*. В спектрах наблюдалась типичная картина парамагнитной релаксации, которая характерна только для иона Dy^{3+}. Таким образом, показано, что в молекулах имеет место перенос трех электронов с атома металла на углеродную сетку. Обнаружена сильная температурная зависимость вероятности эффекта Мессбауэра в исследованном интервале температур. Из сравнения результатов проведенного нами исследования в $Dy@C_{82}$ следует, что такая температурная зависимость может объясняться только наличием очень мягких решеточных возбуждений, предположительно вращательных или вибрационных.

13. Фазовый переход в инварных сплавах. Руководитель - доктор физ.-мат. наук А.И.Окороков, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Методами поляризованных нейтронов детально изучен ферромагнитный фазовый переход в *Fe-Ni* (0.1-0.7 ат.%C) инварных сплавах. Обнаружено сосуществование двух масштабов критических неоднородностей, которые скейлируются к одной и той же температуре - средней $<T_c>$ для образца, но на порядок различаются по корреляционному радиусу R_c. Обнаружено гауссовское распределение локальных T_c с полушириной до 3 *K*, и центрированное на среднем значении $<T_c>$. Обнаружен и магнитно-температурный гистерезис, по деполяризационным данным: гистерезис максимален при $H = 0$ и полностью исчезает при $H = 10$ *Э*. Таким образом, фазовый переход в инварах в макромасштабе выглядит как переход *I*-го рода, но в действительности он слагается из локальных переходов *II*-го рода.

14. Киральный фазовый переход. Руководители - доктора физ.-мат. наук В.П.Плахтий, С.В.Малеев, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Впервые экспериментально подтвержден факт существования кирального класса магнитных фазовых переходов. Исследована поляризационно-зависимая часть дифференциального сечения неупругого рассеяния нейтронов для треугольного антиферромагнетика $CsMnBr_3$. Экспериментально показано, что в критической области (выше T_N) температурная зависимость этой части сечения, определяемой проекцией киральных флуктуаций на намагниченность, индуцированную внешним магнитным полем, описывается степенным законом с индексом Φ_c=1,29(7), совпадающим с теоретическим предсказанием.

15. Генетические исследования. Руководитель - доктор биологических наук В.Г.Королев, Отделение молекулярной и радиационной биофизики ПИЯФ РАН.

На основе экспериментальных данных развита модель мутагенеза в клетках простейшего эукариотического организма дрожжей. Проанализировано появление ошибочноспаренных оснований в процессе репарации УФ-индуцированных повреждений ДНК. Было проведено изучение мутагенеза в наборе двойных мутантов, несущих мутацию в гене HSM3 и одну из мутаций, блокирующих известные репарационные пути. Ген HSM3 эпистатически взаимодействует с генами REV3 и RAD54, а с генами RAD2 и PMS1 взаимодействует синергично. Показано, что в клетках дрожжей более 90% мутагенных событий, возникших после пострепликационного обхода повреждений ДНК, вызванных УФ-светом, исправляются системами, зависящими от геновHSM3 и RAD2.

Сотрудникам института в 1999 г. не присуждались государственные премии, золотые медали и премии имени выдающихся ученых.

2. Важнейшие законченные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, готовые к практическому использованию.

1. Исследования в эксперименте PHENIX на RHIC (БНЛ, США). Руководитель - доктор физ.-мат. наук В.М.Самсонов, Отделение физики высоких энергий ПИЯФ РАН.

Международный эксперимент PHENIX посвящен поиску нового состояния материи - кварк-глюонной плазмы. ПИЯФ РАН отвечает в нем за разработку, изготовление и эксплуатацию уникальной дрейфовой камеры для центральной трековой системы. В 1999 г. ПИЯФ РАН выполнил важный этап (начатый в 1994г.) своих обязательств - закончил изготовление и монтаж дрейфовой камеры в БНЛ. Камера с диаметром 4,5 метра имеет около 13 000 каналов электроники, обеспечивает при 99% уровне эффективности регистрации частиц пространственное разрешение меньше 150 микрон, двухтрековое разрешение меньше 1,5 мм в условиях большой множественности до 7000 частиц в одном акте столкновения релятивистских ядер. Для проведения тестовых измерений отдельных элементов дрейфовой камеры разработана и создана универсальная автоматизированная система проверки натяжения проволок в камере и определения уровня сигнала с дрейфовых ячеек камеры. В основе конструкции прибора используется новый электро-резонансный метод измерения натяжения проволок. Данный метод позволяет быстро за 15-20 секунд измерять натяжения проволок без доступа внутрь детектора с точностью 1-2%. На основе данного метода собран портативный прибор, позволяющий проводить измерения как в процессе сборки, так и эксплуатации дрейфовой камеры.

2. Тренажерно-моделирующий комплекс реактора ПИК. Руководитель - кандидат технических наук К.А.Коноплев, Отделение нейтронных исследований ПИЯФ РАН.

Создан тренажерно-моделирующий комплекс, на котором физические процессы и работа оборудования реактора ПИК моделируются на центральном вычислителе с помощью комплексной математической модели, а управление установкой и отображение информации основаны на дисплейных пультах. Комплекс является первой и важнейшей частью полномасштабного тренажера, который должен копировать реальный пульт управления реактором ПИК. Он позволяет проводить обучение персонала в компьютерном варианте. Не менее важным моментом является то, что тренажерно-моделирующий комплекс позволяет проводить исследование проекта реактора ПИК. Имеются уже первые полезные результаты такого исследования.

3. Основные итоги научно-организационной деятельности.

В 1999 г. институт организовывал или принимал участие в организации следующих научных мероприятий:

1). Международное рабочее совещание по физике ультрахолодных нейтронов.
2). 49 Совещание по ядерной спектроскопии и структуре ядра;
3). V Петербургская школа по теоретической физике.
4). XXXIII Зимняя школа ПИЯФ РАН с секциями: Физика конденсированного состояния, Физика и техника реакторов, Физика атомного ядра и элементарных частиц, Молекулярная биология и биофизика.

В 1999 г. институт участвовал в работе трех выставок:

1). Выставка “Технологии из России”, ВВЦ, Москва, 12-15 октября 1999 г.
2). Выставка-конгресс “Промэкспо – Российский промышленник 99”, Ленэкспо, СПб, 22-25 сентября 1999 г.
3). Региональная выставка “Гатчина-99”, Гатчина, 14-17 октября 1999 г.

В 1999 г. сотрудниками института было защищено 11 диссертаций: 2 докторских и 9 кандидатских.

3.3. Сведения о тематике научных исследований (форма1).

В 1999 г. исследования в институте велись всего по 145 темам, в том числе заканчивались в 1999 г. - 18 тем.

Из общего числа тем по государственным научно-техническим программам в 1999 г. выполнялись 49 тем, все они переходят на 2000 г.:

В 1999 г. в институте выполнялись 39 проектов при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, из них заканчиваются в 1999 г. - 12 проектов.

По зарубежным грантам в 1999 г. выполнялись 6 тем, все они продолжатся в 2000 г.

3.4. Сведения о численности научных работников в институте (форма 2).

3.6. Связи с отраслевой и вузовской наукой.

В 1999 г. институт продолжал участвовать в Федеральной целевой программе “Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 годы” по 5 проектам:
1). “Научно-образовательный комплекс СПбГТУ-ПИЯФ-НИИЭФА (рег. № 841). Участники: Санкт-Петербургский государственный технический университет, ПИЯФ им.Б.П.Константинова РАН, НИИ Электрофизической Аппаратуры им.Д.В.Ефремова.
2). “Ядерная физика: теоретическая и экспериментальная физика элементарных частиц и атомного ядра. Ядерно-физический центр СПбГУ и ПИЯФ для подготовки высококвалифицированных специалистов” (рег. № 326.45). Участники: НИИ Физики Санкт-Петербургского государственного университета, ПИЯФ им.Б.П.Константинова РАН.
3). “Создание учебно-научного центра по теоретической и экспериментальной физике элементарных частиц и атомного ядра. Взаимодействие адронов промежуточных и высоких энергий” (рег. № 326.19). Участники: НИИ Физики Санкт-Петербургского государственного университета, ПИЯФ им.Б.П.Константинова РАН.
4). “Компьютерные и информационные технологии в физике” (рег. № 326.18). Участники: Санкт-Петербургский государственный университет, ПИЯФ им.Б.П.Константинова РАН.
5). “Организация Санкт-Петербургского учебно-научного центра молекулярной физиологии и молекулярной медицины” (рег. № 326.68). Участники: Санкт-Петербургский государственный университет, ПИЯФ им.Б.П.Константинова РАН, Институт эволюционной физиологии и биохимии им.М.И.Сеченова РАН и др.

В 1999 г. институт поддерживал создание Санкт-Петербургского центра молекулярной медицины РАМН и РАН.

3.8. Деятельность коммерческих структур,

их взаимоотношения с институтом.

Институт является соучредителем ЗАО “Дол”, с которым проводится совместная работа.

Директор института
член-корр. РАН В.А.Назаренко

Ученый секретарь И.А.Митропольский