Важнейшие результаты фундаментальных и прикладных исследований, полученные в Петербургском институте ядерной физики им.Б.П.Константинова РАН в 1997 г.

В области физики элементарных частиц

1. В модели Сейберга-Виттена суперсимметричной квантовой хромодинамики с помощью инстантонных вкладов найдены точные решения с высокими производными для эффективного лагранжиана.

Автор - канд.физ.-мат.наук А.В.Юнг.

Аннотация.

Рассмотрена N=2 суперсимметричная калибровочная теория с калибровочной группой SU(2). Метод индуцированной инстантонами вершины применяется для нахождения асимптотики низкоэнергетического эффективного лагранжиана в области слабой связи. В частности, лидирующий член в этом лагранжиане совпадает с одноинстантонным членом в решении Сейберга-Виттена. Кроме того, получен следующий член с четырьмя производными. Далее рассматривается теория с N_f ароматами материи. В ней исследован оператор с шестью производными на хиггсовской ветви. Показано, что особенности этого оператора происходят от значений массы материи, при которых зарядовая сингулярность на кулоновской ветви сталкивается с монопольной или дионной. Найдено точное решение для этого оператора, определяемого инстантонами, с учетом его поведения в области слабой связи, а также поведения вблизи сингулярностей.

2. Открыты скалярные резонансы $f_0(1500)$, $a_0(1450)$; проведена нонетная классификация скалярных мезонов в области 1000-2000 МэВ. Обнаружено экзотическое состояние - легчайший скалярный глюбол. Показано, что из-за существования распадных каналов глюбол смешался с соседними состояниями и превратился в очень широкий резонанс $f_0(1530+90/-250)$. Этот резонанс, являясь наследником чистого глюониума, сохраняет половину глюбольной компоненты.

Руководитель - доктор физ.-мат.наук В.В.Анисович.

Аннотация.

Все обнаруженные в предыдущие десятилетия элементарные частицы - адроны являются составными системами кварков: мезоны (qq) и барионы (qqq). Обнаружение составной частицы, построенной второй фундаментальной частицей КХД - глюоном, имеет принципиальное значение для физики элементарных частиц.

Ранее, коллаборация Crystal Barrel (ПИЯФ-Лондонский университет) открыла два новых скалярных резонанса $f_0(1500)$ и $a_0(1450)$ и получила ука-

зание на существование $f_0(1350)$. Существование двух близких скалярных резонансов породило гипотезы о глюбольной природе одного из них. Для прояснения ситуации был проведен анализ более широкого круга данных, включая данные коллаборации GAMS (ИФВЭ-ЦЕРН). Анализ указал на существование в районе 1300-1600 МэВ экзотического (не укладывающегося в кварк-антикварковую систематику) мезона, имеющего в то же время все свойства скалярного глюбола. В данной работе определена динамика смешивания, восстановлены спектры первоначальных состояний, приведена фиксация кварк-антикварковых скалярных нонетов и определена масса чисто глюбольного состояния.

В области ядерной физики

3. Разработан метод, который позволяет, используя правила сумм КХД, изучать изменение свойств нуклона, помещенного в ядерную среду. Метод успешно объясняет наблюдаемое на опыте изменение структурной функции нуклона в ядре (эффект EMC).

Автор - доктор физ.-мат.наук М.Г.Рыскин

Аннотация

В отсутствии теории конфайнмента правила сумм КХД представляют уникальную возможность последовательного описания свойств адронов на микроскопическом уровне. В работе развит метод, позволяющий использовать правила сумм КХД в ядерной среде, и, таким образом, изучать теоретически как меняются свойства нуклона в ядре по сравнению со свободным нуклоном. Показано, что в ядерной среде распределение кварков в нуклоне меняется главным образом из-за изменения значения плотности кварков в среде. Это объясняет наблюдаемое на опыте изменение структурных функций нуклона в ядре - так называемый эффект EMC.

4. Выполнены измерения поляризации в квазиупругих процессах рассеяния типа (p,2p) при энергии 1 ГэВ на ядрах ^{6}Li, ^{7}Li в широком диапазоне импульсов ядра остатка $K_в$=0-150 МеВ/с. Впервые обнаружена эффективная поляризация ядерных протонов на P-оболочках этих ядер.

Руководитель - доктор физ.-мат.наук С.Л.Белостоцкий.

Аннотация

Явление эффективной поляризации ядерных протонов (на оболочках с ненулевым орбитальным моментом), возникающее в реакциях A(p,2p)B, было предсказано еще в 1971 году и экспериментально обнаружено при исследовании P-оболочек ядра ^{16}O на поляризованном протонном пучке с энергией 200 МэВ (TRIUMF). Теоретические исследования показывают,

что величина эффективной поляризации весьма чувствительна к структуре ядра.

В ПИЯФ пять лет назад была сформулирована программа изучения явления эффективной поляризации методом измерения поляризации вторичных протонов в экспериментах с неполяризованным протонным пучком с энергией 1 ГеВ. Известно, что при таких энергих механизм реакции A(p,2p)B становится относительно простым (выполняются условия применимости импульсного приближения) и, как следствие, повышается надежность извлекаемой из экспериментальных данных информации. В рамках этой программы исследований был создан двухплечевой магнитный спектрометр с высоким разрешением. В 1996-1997 годах были выполнены эксперименты с ядрами ^{6}Li и ^{7}Li , в которых была обнаружена эффективная поляризация ядерных протонов на P-оболочках этих ядер.

Интересно отметить, что в случае ядра ^{7}Li экспериментальные данные достаточно хорошо описываются в рамках оболочечной модели ядра с JJ-связью. Напротив, в случае ядра ^{6}Li экспериментальные данные заметно отличаются от предсказаний оболочечной модели с LS-связью, которая лучше всех известных моделей передает экспериментальные значения магнитного и квадрупольного моментов ядра ^{6}Li.

5. Поиск "невидимого" аксиона в ядерных магнитных переходах и прецизионное измерение бета-спектров с помощью низкофоновых полупроводниковых детекторов.

Руководитель - канд.физ.-мат.наук А.В.Дербин.

Аннотация

Для поиска "невидимого" аксиона, излучаемого при магнитных переходах изомерных ядер, использовалась методика "исчезнувшего" гамма-кванта. Экспериментально установлено, что при M1-переходе в ядре ^{125m}Te вероятность излучения "невидимого" аксиона меньше, чем $1{,}3\cdot10^{-5}$(90% у.д.). На низкофоновой установке с полупроводниковыми детекторами проведены прецизионные измерения бета-спектра ^{45}Ca для поиска отклонений от теоретической формы. Получено новое ограничение на параметр смешивания ($|U_{eH}|^2\leq0{,}005$) для нейтрино с массой в интервале 75-100 кэВ. Также установлено, что интенсивность монохроматического пика на конце спектра не превышает $1{,}3\cdot10^{-7}$ на один распад.

6. Прецизионные измерения P-нечетного вращения спина нейтрона и дихроизма в окрестности p-волнового резонанса в ^{139}La.

Руководитель - доктор физ.-мат.наук Г.А.Петров.

Аннотация.

С целью разработки новых методов поиска и исследования эффектов нарушения P- и T-инвариантности и проверки существующей теории выполнены сравнительные прецизионные измерения P-нечетного дихроизма и вращения спина нейтрона в окрестности p-волнового резонанса La с энергией 0,74 эВ. Установлено взаимное согласие результатов в рамках существующей теории.

Работа выполнена на высокопоточном реакторе ИЛЛ, Гренобль.

7. Исследование неупругого рассеяния ультрахолодных нейтронов при хранении в ловушках.

Руководитель - доктор физ.-мат.наук А.П.Серебров.

Аннотация

Проведены эксперименты по изучению взаимодействия ультрахолодных
нейтронов (УХН) с поверхностью бериллия. Экспериментально изучено поведение парциального фактора потерь УХН за счет нагрева при взаимодействии с поверхностью Be образцов.

1. Полученные результаты свидетельствуют, что процесс неупругого рассеяния является определяющим фактором потерь УХН при их хранении в ловушках с Be покрытием даже при температуре жидкого азота. Таким образом, процесс аномальных потерь при температуре около 100 К экспериментально установлен. Данный результат не подтвердил результат более ранней работы.
2. Вероятность нагрева УХН является аномально большой во всем измеренном температурном диапазоне, но особенно в области низких температур.
3. Сделано предположение о том, что полученные значения фактора потерь на поверхности Be можно объяснить не аномально высокой концентрацией водорода в приповерхностном слое Be образца, а усилением сечений неупругого рассеяния и поглощения на водороде, который является малой примесью по отношению к бериллию.
4. Обнаружен эффект прохождения УХН сквозь 56 мкм бериллиевую фольгу с вероятностью $(5{,}0\pm1{,}5)10^{-7}$ много большей, чем ожидаемая для туннельного эффекта. Для выяснения природы этого эффекта должны быть проведены более тщательные исследования.

Эксперимент выполнен в рамках международного сотрудничества на реакторе
ИЛЛ.

В области физики конденсированных сред

8. Исследование малоуглового рассеяния поляризованных нейтронов на инварных сплава в парамагнитной области.

Руководитель - доктор физ.-мат.наук А.И. Окороков.

Аннотация.

Сосуществование двух масштабных длин критических флуктуаций ранее наблю далось разными авторами на ряде систем: $SrTiO_3$, Ho- $RbCaF_3$, $KMnF_3$, Tb- UPd_2Al_3 методами рентгеновской и нейтронной дифракции. Явление связывается с сильным взаимодействием упругих деформаций и параметра порядка и локализовано в приповерхностном слое образца, кроме систем $RbCaF_3$ и $KMnF_3$, где наблюдался объемный эффект.

Результаты разработанной нами методики анализа поляризации нейтронов, прошедших через образец, в сопоставлении с результатами малоуглового рассеяния поляризованных нейтронов позволили наблюдать магнитные неоднородности в объеме образца в интервале от 30 до 3000 А. Впервые на образцах инварных сплавов $Fe_{(100-x)}Ni_{(x)}$ с x=25, 30 и 35, допированных углеродом (0,1 и 0,7 ат. %), в парамагнитной области T>Tc было обнаружено сосуществование двух масштабов магнитных корреляций R_{c1} и R_{c2} с критическими индексами $\nu_1 = 2/3$ и $\nu_2 = 4/3$, соответственно. Например, для $Fe_{70}Ni_{30}$, ν_1=0,65±0,05, ν2= 1,3±0,1.

Сечение рассеяния нейтронов при этом хорошо описывается выражением Орнштейна-Цернике для R_{c1} и квадрированным для R_{c2}. Обнаружен также температурный гистерезис измеряемых величин, указывающий на характер данного магнитного перехода как перехода первого рода, близкого ко второму.

9. Мессбауэровские измерения на эндоэдрическом металлофуллерене.
Руководитель - канд.хим.наук Ю.С.Грушко .

Аннотация.

Впервые в России получены в весомых количествах эндоэдрические металлофуллерены.

Синтез $Gd@C_{82}$ в количестве порядка 100мг позволил впервые провести мессбауэровские измерения. Обнаружено необычное явление отсутствия резонансного поглощения при температуре 4К на статистическом уровне 0.02%. Объяснение этого явления возможно в рамках предложенной ранее модели "тушения" эффекта Мессбауэра в молекулярных кристаллах за счет вращательной диффузии молекул в решетке и в модели ограниченной прыжковой диффузии атома металла между эквивалентными положениями внутри углеродного кэйджа. Дополнительная экспериментальная проверка этого объяснения требует исследования температурной зависимости фактора Лэмба-Мессбауэра (аналог фактора Дебая-Валера). Такое исследование невозможно на мессбауэровском резонансе в ^{155}Gd(E=86.5 кэВ) из-за быстрого падения вероятности резонансного поглощения с ростом температуры, вызванного быстрым уменьшением трансляционного множителя в факторе Лэмба-Мессбауэра. Для такой проверки нами впервые синтезирован метал-

лофуллерен $Dy@C_{2n}$. Резонанс в ^{161}Dy (25,7 кэВ) позволит наблюдать резонансное поглощение до температур около 400К.

10. Исследование динамической киральности в треугольном антиферромагнетике $CsMnBr_3$.

Руководители: доктор физ.-мат.наук В.П.Плахтий,
доктор физ.-мат.наук С.В.Малеев

Аннотация.

Повышенный интерес к треугольным магнетикам обусловлен идеей Кавамуры, что магнитные фазовые переходы в таких соединениях, как и в гелимагнетиках вообще, должны принадлежать к новым универсальным классам. Параметр порядка в таких системах включает кроме обычных спиновых переменных, киральность, которая описывает право- или левовинтовые структуры. Для полного изучения этого вопроса, который пока дебатируется, необходимы измерения средней киральности ниже температуры Нееля и ее флуктуаций в парамагнитной области. Последнее связано с четырехспиновыми флуктуациями, непосредственное экспериментальное изучение которых является невозможным.

Изучалась динамическая киральность (проекция киральности на намагниченность образца, наведенную внешним магнитным полем) в треугольном антиферромагнетике $CsMnBr_3$ с помощью поляризованных нейтронов. Эта проекция определяет чисто неупругую часть сечения рассеяния нейтронов, пропорциональную поляризации нейтронного пучка. Показано, что в соответствии с теорией выше температуры Нееля киральное сечение действительно является нечетной функцией переданной энергии и пропорционально внешнему полю вплоть до 10 кЭ. В магнитоупорядоченной области обнаружен новый тип низкоэнергетических магнитных возбуждений, по-видимому, топологической природы.

11. Нейтрон-дифракционным исследованием структурных особенностей формиатов редких земель обнаружено антиферромагнитное упорядочение в $Tb(DCOO)_3$ с T_N=1,57K.

Руководитель - канд.физ.мат.наук В.А.Трунов .

Аннотация

В $Tm(DCOO)_3$ и в $Tb(DCOO)_3$ различными методами (макроскопика и нейтрон-упругое и квазиупругое рассеяние) были установлены низкотемпературные аномалии (нелинейное изменение постоянной решетки с температурой). Было предположено, что эти аномалии обусловлены взаимодействием магнитных моментов (орбитальных) с кристаллическим полем, что стимулировало более низкотемпературные исследования. Действительно, в $Tb(DCOO)_3$ обнаружено антиферромагнитное упорядочение.

В области молекулярной и радиационной биофизики

12. Клонированы и секвенированы два новых гена из регулона, ответственного за синтез рибофлавина (витамин B_2) у промышленного продуцента Bacillus subtilis 168: ribC и ribR. Они участвуют в регуляции флавиногенеза. Ген ribC кодирует бифункциональную рибофлавинкиназу/ФАД-синтетазу. Ген ribR кодирует рибофлавинкиназу.

Руководитель - доктор биол.наук Д.А.Перумов

Аннотация

До сих пор считалось, что заключительные стадии флавиногенеза (биосинтез ФМН и ФАД) катализируются одним бифункциональным фермен-том флавинокиназой-ФАД-синтетазой. У Bacilus subtilis, являющегося промышленным продуцентом рибофлавина (витамин B_2), впервые обнаружен новый фермент флавиногенеза - монофункциональная флавокиназа, синтезирующая ФМН из АТФ и восстановленного рибофлавина. Клонированы и секвенированы структурные гены этих двух ферментов (ribC и ribR, соответственно). Показано, что бифункциональный фермент RibC имеет дополнительную функцию, т.к. является и белком-регулятором всего рибофлавинового оперона. Обнаружена гомология продукта гена ribR с ФМН-синтетазной частью стандартных флавокиназ. Полученные данные могут быть полезны для улучшения технологических свойств промышленных продуцентов рибофлавина на основе Bac.subtilis и получения продуцентов ФМН.

13. Подвергнута проверке и на основании экспериментальных данных отвергнута "аллостерическая трехсайтовая модель" трансляции, предложенная Нирхаусом. Показано, что связывание покидающей рибосому тРНК с Е-сайтом является преходящим.

Руководитель - канд.физ.-мат.наук Ю.П.Семенов.

Аннотация

Изучена трансляция с полностью активными рибосомами на матрице гетерополимерной мРНК. Подтверждена кинетическая лабильность связывания с Е-сайтом деацилированной тРНК после освобождения из Р-сайта. Показано, что: 1) занятость Е-сайта повышается ионами Mg^{2+} или полиаминами; 2) в условиях высокой занятости Е-сайта в посттранслокационном комплексе заполнение А-сайта аминоацил-тРНК не влияет на Е-сайт, т.е. отсутствует антикооперативное сопряжение между двумя сайтами. Это позволяет отвергнуть аллостерическую трехсайтовую модель элонгации и считать связанное с Е-сайтом состояние покидающей рибосому тРНК преходящим промежуточным состоянием в процессе трансляции.

В области прикладных исследований

14. Совместно с ЦНИРРИ и НПО "Гириконд" завершена разработка технологии получения радиофармацевтического препарата 15-йодпентадекановая кислота с йодом-123, необходимого для ядерной кардиологии. Успешно проведены клинические испытания данного препарата и необходимая документация представлена в фармокопейный комитет.

Руководитель - канд.хим.наук Е.Г.Алексеев.

Аннотация

В течение 1996-1997 гг. группа радиохимии ОФВЭ ПИЯФ РАН совместно с ЦНИРРИ и НПО "Гириконд" разработала технологию и организовала на базе циклотрона МГЦ-20 (ЦНИРРИ) производство радионуклида йод-123. Этот радионуклид является практически идеальным для целей радионуклидной диагностики "in vivo". На основе получаемого йода-123 налаживается производство и выпуск радиофармпрепаратов для обеспечения медицинских учреждений Северо-западного региона. В результате в следующем году начнется выпуск радиофармпрепарата для исследования функции и топографо-анатомического состояния щитовидной железы. Кроме того, проводится разработка технологии получения и других радиофармпрепаратов. Так в 1997 г. завершена разработка технологии получения радиофармпрепарата 15-йодпентадекановая кислота, меченная йодом-123, а также проведены его клинические испытания. В случае положительного решения фармакопейного комитета и после получения фармакопейной статьи этот радиофармпрепарат будет выпускаться для использования в ядерной кардиологии при ранней диагностике заболеваний миокарда.

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

Ученый секретарь И.А.Митропольский