

**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 монополярной 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 глюобольной 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 (ШИЯФ-Лондонский университет) открыла два новых скалярных резонанса  $f_0(1500)$  и  $a_0(1450)$  и получила указание на существование  $f_0(1350)$ . Существование двух близких скалярных резонансов породило гипотезы о глобальной 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 глобола. В данной работе определена динамика смешивания, восстановлены спектры первоначальных состояний, приведена фиксация кварк-антикварковых скалярных нонетов и определена масса чисто глобального 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 микрокопическом 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  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$  в широком диапазоне импульсов ядра остатка  $K_{\text{в}}=0-150$  МэВ/с. Впервые обнаружена эффективная поляризация ядерных протонов на Р-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 Р-оболочек ядра  ${}^{16}\text{O}$  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 энергиях 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  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^7\text{Li}$ , в которых была обнаружена эффективная поляризация ядерных протонов на Р-оболочках этих ядер.

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

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  ${}^{125m}\text{Te}$  вероятность излучения "невидимого" аксиона меньше, чем  $1,3 \cdot 10^{-5}$  (90% у.д.). На низкофоновой установке с полупроводниковыми детекторами проведены прецизионные измерения бета-спектра  ${}^{45}\text{Ca}$  для поиска отклонений от теоретической формы. Получено новое ограничение на параметр смешивания ( $|U_{eH}|^2 \leq 0,005$ ) для нейтрино с массой в интервале 75-100 кэВ. Также установлено, что интенсивность монохроматического пика на конце спектра не превышает  $1,3 \cdot 10^{-7}$  на один распад.

6. Прецизионные измерения Р-нечетного вращения спина нейтрона и дихроизма в окрестности р-волнового резонанса в  ${}^{139}\text{La}$ .

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

*Аннотация.*

С целью разработки новых методов поиска и исследования эффектов нарушения Р- и Т-инвариантности и проверки существующей теории выполнены сравнительные прецизионные измерения Р-нечетного дихроизма и вращения спина нейтрона в окрестности р-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 Ве образцов.

1. Полученные результаты свидетельствуют, что процесс неупругого рассеяния является определяющим фактором потерь УХН при их хранении в ловушках с Ве 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 Ве можно объяснить не аномально высокой концентрацией водорода в приповерхностном слое Ве 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  $(5,0 \pm 1,5)10^{-7}$  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. Окорочков.

*Аннотация.*

Сосуществование двух масштабных длин критических флуктуаций ранее наблюдалось разными авторами на ряде систем: SrTiO<sub>3</sub>, Ho-RbCaF<sub>3</sub>, KMnF<sub>3</sub>, Tb-UPd<sub>2</sub>Al<sub>3</sub> методами рентгеновской и нейтронной дифракции. Явление связывается с сильным взаимодействием упругих деформаций и параметра порядка и локализовано в приповерхностном слое образца, кроме систем RbCaF<sub>3</sub> и KMnF<sub>3</sub>, 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 Å. Впервые на образцах инварных сплавов Fe<sub>(100-x)</sub>Ni<sub>(x)</sub> с x=25, 30 и 35, допированных углеродом (0,1 и 0,7 ат. %), в парамагнитной области T>T<sub>c</sub> было обнаружено сосуществование двух масштабов магнитных корреляций R<sub>c1</sub> и R<sub>c2</sub> с критическими индексами  $\nu_1 = 2/3$  и  $\nu_2 = 4/3$ , соответственно. Например, для Fe<sub>70</sub>Ni<sub>30</sub>,  $\nu_1 = 0,65 \pm 0,05$ ,  $\nu_2 = 1,3 \pm 0,1$ .

Сечение рассеяния нейтронов при этом хорошо описывается выражением Орнштейна-Цернике для R<sub>c1</sub> и квадратированным для R<sub>c2</sub>. Обнаружен также температурный гистерезис измеряемых величин, указывающий на характер данного магнитного перехода как перехода первого рода, близкого ко второму.

9. Мессбауэровские измерения на эндоэдрическом металлофуллере.

Руководитель - канд.хим.наук Ю.С.Грушко .

*Аннотация.*

Впервые в России получены в весовых количествах эндоэдрические металлофуллерены.

Синтез Gd@C<sub>82</sub> 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 <sup>155</sup>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 металлофуллерен Dy@C<sub>2n</sub>. Резонанс в <sup>161</sup>Dy (25,7 кэВ) позволит наблюдать резонансное поглощение до температур около 400К.

10. Исследование динамической киральности в треугольном антиферромагнетике  $\text{CsMnBr}_3$ .

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 лево-винтовые структуры. Для полного изучения этого вопроса, который пока дебатруется, 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  $\text{CsMnBr}_3$  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  $\text{Tb}(\text{DCOO})_3$  с  $T_N=1,57\text{K}$ .

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

*Аннотация*

В  $\text{Tm}(\text{DCOO})_3$  и в  $\text{Tb}(\text{DCOO})_3$  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  $\text{Tb}(\text{DCOO})_3$  обнаружено антиферромагнитное упорядочение.

### ***В области молекулярной и радиационной биофизики***

12. Клонированы и секвенированы два новых гена из регулона, ответственного за синтез рибофлавина (витамин В<sub>2</sub>) 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 ферментом флавинокиназой-ФАД-синтетазой. У *Bacillus subtilis*, являющегося промышленным продуцентом рибофлавина (витамин В<sub>2</sub>), 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 деацелированной тРНК после освобождения из Р-сайта. Показано, что: 1) занятость Е-сайта повышается ионами Mg<sup>2+</sup> или полиаминами; 2) в условиях высокой занятости Е-сайта в посттранслокационном комплексе заполнение А-сайта аминоксил-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 фармакопейный 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, меченая 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

*Одобрено в ОФВЭ 15/11.97*