

Д-496



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.1.01.+538.3

2-85-894

ДУБОВИК
Владимир Михайлович

МУЛЬТИПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
И КВАРКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ
НЕСОХРАНЕНИЯ ЧЕТНОСТИ
В НУКЛОН-НУКЛОННЫХ И ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

Специальность: 01.04.02 - теоретическая
и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1985

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор
доктор физико-математических наук, профессор
член-корреспондент АН СССР, профессор

Матвеев В.А.
Новожиллов Ю.В.
Шапиро И.С.

Ведущая организация:

Физический институт Академии наук им. П.Н.Лебедева

Защита состоится "_____" _____ 1986 года в "_____" час.
на заседании Специализированного совета Д047.01.01 при Лаборатории
теоретической физики Объединенного института ядерных исследований
(г.Дубна, Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

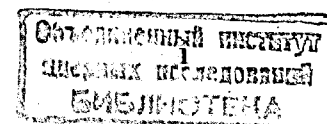
Автореферат разослан "_____" _____ 1986 года

Ученый секретарь Специализированного
совета, кандидат физико-математических наук

В.И.Муравлев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Установление и проверка принципов инвариантности и симметрий – одна из важнейших задач физики. В рамках локальной релятивистской теории поля, описывающей взаимодействия частиц, фундаментальным принципом симметрии гамильтонианов относительно дискретных операций обращения времени T и отражения пространственных координат P и зарядового сопряжения C является CPT -инвариантность ($CPT=I$). Сравнительно давно известно, что в слабых взаимодействиях нарушается каждая из симметрий в отдельности (но, по-видимому, $CPT=I$). Однако возможности количественного описания этих, иногда очень тонких, эффектов нарушения возникли только после объединения слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий кварков и лептонов в рамках калибровочных моделей. Простейшая реалистическая модель получается путем прямого объединения калибровочных групп $SU(2)_L \times U(1) \times SU(3)_C$ и включает электрослабую модель Вайнберга-Салама-Глэшоу и квантовую хромодинамику (КХД). Для электрослабой модели (ЭСМ) довольно быстро были найдены экспериментальные подтверждения в лептон-лептонном и лептон-адронном секторах. Что касается слабых нелептонных процессов, то здесь ситуация менее определенная. Дело в том, что кварк-глюонные взаимодействия (КХД) существенно перенормируют затравочные электрослабые амплитуды и даже приводят к появлению новых структур в них. Более серьезная причина состоит в том, что в рамках КХД пока остаются нерешенными проблемы, касающиеся свойств адронного вакуума и динамики кварков на больших расстояниях (конфайнмент, адронизация кварков и т.п.). Ввиду отсутствия удовлетворительной динамической теории адронов, построенной с помощью КХД, переход от квантовополевых моделей ЭСМ и КХД к описанию эффектов в терминах адронов пока осуществляется с помощью низкоэнергетической феноменологии (алгебра токов, $PCAC$, CVC , $SU(6)$ -



симметрия и т.п.) и кварковых составных моделей адронов, таких, как дубненский "мешок" или более сложные его разновидности. До сих пор также не удается последовательно и корректно вывести из первопринципов удобные для описания низкоэнергетических нуклон-нуклонных (далее NN) взаимодействий сильные и слабые потенциалы. В последнее время, однако, найдены обходные пути, например, кварк-ядерный подход, в котором NN -взаимодействия на малых расстояниях описываются непосредственно в терминах кварков, а не через обмены тяжелыми мезонами.

Изучение слабых несохраняющих четность (НЧ) NN -взаимодействий - важнейшая часть очерченной выше проблематики. В экспериментальном отношении эта область настолько трудна, что накопление данных в ней шло десятилетиями, и лишь в последнее время эффекты НЧ реально измеряются в малонуклонных реакциях в связи с появлением высокоточных ускорителей протонов (мезонных фабрик).

Цель работы. Развитие вспомогательных методов и подходов к описанию эффектов несохранения четности в слабых NN -взаимодействиях на основе объединения калибровочных моделей $SU(2)_L \times U(1) \times SU(3)_C$ с целью ответа на вопрос: насколько адекватны данная модель и наши способы описания ядерных сил природе этого явления? Подчеркнем, что низкоэнергетические эффекты НЧ в NN -и ядерных реакциях уникальны в том отношении, что в ответственных за них кварковых механизмах участвуют все компоненты этой модели.

Научная новизна. Эффекты НЧ измеряются над мощным фоном процессов сильных, а чаще - поскольку фон меньше - электромагнитных взаимодействий. Поэтому в диссертации, прежде всего, проведен феноменологический анализ матричных элементов электромагнитных токов адронов с помощью техники мультипольных разложений. При этом в рамках классического электромагнетизма впервые корректно выделено третье семей-

ство мультипольных моментов, кроме зарядовых и магнитных - тороидных. Для соответствующих этим моментам формфакторов в адронных электромагнитных токах приведен ряд конкретных примеров (переходы в тяжелых ядрах, в квазиядерной системе и др.), когда учет этих формфакторов (моментов) необходим, в частности, при анализе эффектов НЧ.

На основе объединения ЭСМ и КХД (стандартная модель) впервые без подгоночных параметров рассчитаны полные значения НЧ констант слабых MNN -взаимодействий h_M .

Развито применение кварк-ядерного подхода к описанию эффектов НЧ в NN -взаимодействиях и показана критичность этих эффектов к деталям мультикваркового механизма ядерных сил на малых расстояниях.

Практическая ценность. Выделение третьего семейства моментов - тороидных - способствовало не только решению поставленной здесь задачи, но, например, установлению новых типов фазовых переходов в теории конденсированного состояния сред и физической интерпретации групп магнитных симметрий кристаллов. Очевидна применимость тороидных моментов для проектирования поляризационных экспериментов с атомами и молекулами в высокоинтенсивных электрических и магнитных полях.

Демонстрация реалистичности стандартной модели позволяет оценивать с помощью найденных констант h_M эффекты НЧ в экспериментах, проводимых или планируемых на мезонных фабриках и экспериментальных нейтронных реакторах.

Апробация работы. Основные результаты, представленные в диссертации, докладывались на семинарах лабораторий ОИЯИ, ФИАН им. П.Н.Лебедева, ИЯИ АН СССР, ИТЭЭ, НИИЯФ МГУ, ИТФ АН УССР, Института кристаллографии АН СССР им. А.В.Шубникова, и по ним читались лекции на школах. Отдельные результаты представлялись и докладывались на Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра (Дубна, 1971; Париж, 1981), на семинаре "Электромагнитные взаимодействия

ядер при малых и средних энергиях" (Москва, 1972), Международном симпозиуме по теории элементарных частиц (Райнхардсбрунн, 1972), Международной конференции по физике высоких энергий (Тбилиси, 1976; Токио, 1978; Париж, 1982), Всесоюзной конференции по проблеме нескольких тел в ядерной физике (Ленинград, 1983), Международной конференции по проблеме нескольких тел в физике (Дубна, 1979; Тбилиси, 1984), Международном семинаре по проблемам физики высоких энергий (мультикварковые взаимодействия и КХД) (Дубна, 1981, 1984); Международном совещании по проблемам квантовой теории поля (Алушта, 1984), Всесоюзном семинаре "Программа экспериментальных исследований на мезонной фабрике ИЯИ АН СССР" (Звенигород, 1983, 1985), Международном семинаре "Теоретико-групповые методы в физике" (Юрмала, 1985), а также на других рабочих совещаниях, симпозиумах, сессиях и бюро отделения ядерной физики АН СССР.

Публикации. По основным результатам диссертации опубликовано 28 работ.

Структура и объем работ. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений; содержит 180 страниц машинописного текста и 10 рисунков, II таблиц и список цитируемой литературы из 240 названий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко обсуждается круг общетеоретических идей и экспериментальных фактов, инициировавший проведенные исследования, обоснована важность решаемых проблем, кратко изложено основное содержание диссертации.

В первой главе диссертации проведен детальный анализ мультипольного разложения 4-тока в рамках классического электромагнетизма. При этом из поперечной электрической части разложения выделены торо-

идные мультипольные моменты (распределения) и изучены их свойства. Показано, что детализация известной теоремы Гельмгольца, по которой любое регулярное векторное поле или ток разбивается на сумму "продольной" и "поперечной" частей $\vec{j} = \vec{j}_{||} + \vec{j}_{\perp} \equiv \vec{\nabla}\varphi + \text{rot}\vec{R}$ (причем $\text{div}\vec{R} = 0$), где

$$\vec{j}_{\perp}(\vec{z}, t) = \text{rot}(\vec{z}\psi) + \text{rot}\text{rot}(\vec{z}\chi) \equiv \vec{L}\psi + \vec{K}\chi \quad (I)$$

однозначно говорит о существовании независимого третьего семейства мультипольных моментов. Действительно, мультипольное разложение зарядовой плотности $\rho(\vec{z}, t)$ и связанной с ней сохранением тока $\text{div}\vec{j}_{||} = \dot{\rho} = -\dot{j}^2$ дает набор мультипольных зарядовых моментов и их радиусов:

$$Q_{\ell m} \sim \int \rho z^{\ell} Y_{\ell m}^* d^3z, \quad Q_{\ell m}^{(2n)} \sim \int \rho z^{\ell+2n} Y_{\ell m}^* d^3z.$$

Если же, например, $\dot{j}^2 = 0$, но $\vec{j}_{\perp} \neq 0$, то аналогичное разложение ψ и χ дает (выпишем лишь определения магнитных и тороидных моментов):

$$M_{\ell m} \sim \int (\vec{L} \cdot \vec{j}_{\perp}) z^{\ell} Y_{\ell m}^* d^3z, \quad (2)$$

$$T_{\ell m} \sim \int (\vec{z} \cdot \vec{j}_{\perp}) z^{\ell} Y_{\ell m}^* d^3z. \quad (3)$$

В диссертации выведены более общие определения моментов для токов, не ограниченных условием $\text{div}\vec{j} = 0$.

Во второй главе диссертации мультипольный анализ применяется для параметризации релятивистских матричных элементов оператора электромагнитного тока адронов с любыми спинами. Особое внимание уделяется свойствам полученных мультипольных формфакторов при операциях обращения времени и отражения пространственных координат. Из сравнения определений (2) и (3) можно видеть, что тороидные моменты точечных релятивистских частиц возникают для четных ℓ только бла-

годаря несохранению P -инвариантности, нечетные - благодаря несохранению T -инвариантности. Показано также, что параметризация тока спинорных частиц в биспинорном представлении Дирака может записываться через анапольный формфактор Зельдовича (1957)^{*/}:

$$\langle j_\mu \rangle \sim \bar{u}(p') (q^2 \gamma_\mu - \hat{q} \gamma_\mu) \gamma_5 F^{(a)}(q^2) u(p), \quad q_\mu = p'_\mu - p_\mu \quad (4)$$

или мультипольный формфактор

$$\langle j_\mu \rangle \sim \bar{u}(p') \epsilon_{\mu\nu\lambda\rho} p_\nu q_\lambda \gamma_\rho F^{(T)}(q^2) u(p), \quad p'_\mu = p_\mu + p'_\mu \quad (5)$$

соответствующий тороидному диполю. Показано, что разница в определениях существенна при рассмотрении излучения и для других физических задач, когда ток является переходным. Методом аналитического продолжения формфакторов по массе адрона получена система дисперсионных соотношений, позволяющая выразить трудноизмеримые, например, переходные формфакторы через измеренные.

Роль тороидных моментов в других областях физики обсуждается в Приложении I.

На этом заканчивается методическая часть диссертации (в отношении к последующему материалу) и следуют главы, использующие современные аппараты калибровочных теорий и кварковых моделей адронов для динамического описания эффектов несохранения четности в NN -взаимодействиях.

В третьей главе отражены достижения последних десяти лет в развитии потенциального подхода к описанию эффектов НЧ в низкоэнергетических NN - и ядерных реакциях. Приведен вид НЧ потенциала, полученного в приближении одномезонных обменов π , ρ , ω , на основе которого проводится расчет НЧ амплитуд в терминах адронов. Описываются основные шаги в процедуре вывода эффективного гамильтониана $\mathcal{H}^{N\bar{N}}$:

^{*/} ЖЭТФ, 1957, т. 33, вып. 12(6), с. 1531-1533.

$$\mathcal{H}^{N\bar{N}} = \sum_{P,Q} C^{PQ} : \bar{q} P q \bar{q} Q q : \quad (6)$$

где C^{PQ} - коэффициентные функции операторного разложения Вилсона, P и Q - матрицы в пространстве цветов (3x3) и ароматов (4x4). Включение $\mathcal{H}^{N\bar{N}}$ в вершину $M\bar{N}N$ позволяет вычислить НЧ константы h_M :

$$h_M \sim \langle M\bar{N} | \mathcal{H}^{N\bar{N}} | N \rangle, \quad M = \pi, \rho, \omega. \quad (7)$$

Основной трудностью решения первой задачи является учет цветовых взаимодействий, вплоть до радиуса конфайнмента R_c , где влияние их на перенормировку "затравочных" электрослабых амплитуд, как показано, велико даже в однопетлевом приближении. Техническое решение этой задачи проведено путем суммирования вкладов ведущих логарифмов $\sim (\alpha_s \ln M^2/\mu^2)^n$ (где μ - точка перенормировки) на основе ренормгрупповых уравнений (вынесено в Приложение 2). Существенным в этих расчетах является учет диаграмм, содержащих кварковые петли, т.е. учет влияния кварков моря на НЧ взаимодействия валентных кварков. При этом, чтобы избежать сокращений ряда определяющих диаграмм такого типа, необходимо учитывать различие масс u , d , s и c кварков (впервые использовалось Вайнштейном и др. (1975, 1977) для вывода $\mathcal{H}_{\Delta S=1}^{eff}$, S -странность). Учтено также изменение масштабной константы Λ , в бегущей константе связи цветовых взаимодействий α_s легких и тяжелых кварков (J. Ellis, 1980^{*/}; Д.В.Ширков, 1981^{**/}).

Вычисление коэффициентных функций C^{PQ} естественно проводить в точке перенормировки $\mu = \mu_0$, где μ_0 - параметр инфракрасного обрезания $\mu_0 \sim R_c^{-1}$. При расчете адронных матричных элементов (7) это отвечает ситуации, когда логарифмические вклады в них от всех петель, в том числе и включающих морские кварки, учитываются

^{*/} Письма в ЖЭТФ, 1975, т. 22, вып. 2; с. 123-125; ЖЭТФ, 1977, т. 72, вып. 4, с. 1275-1297.

^{**/} Nucl. Phys. 1980, v. B176, p. 61-69.

^{***/} ЯФ, 1981, т. 34, вып. 2(8), с. 541-545.

в коэффициентных функциях C^{PQ} , а матричные элементы определяются валентными кварками (впервые подобный подход применен к глубоко-неупругому рассеянию Новиковым и др., 1977)^{*/}.

Далее учитывается общая структура НЧ $\bar{q}q$ -вершин (B - нуклоны и/или гипероны). На основе $PCAC$, с помощью теоретико-полевой техники получено, что полная амплитуда (7) для $M=\bar{N}$ в мягкопионном приближении ($k_\pi \rightarrow 0$) определяется суммой вкладов двух типов, различающихся механизмами НЧ в $\bar{q}q$ вершине. Это - факторизуемые вклады, т.е. сводящиеся к произведениям матричных элементов адронных токов, и нефакторизуемые вклады. Для операторов, включающих как левые, так и правые токи, вклады первого типа пропорциональны скалярной плотности вакуумного конденсата $\langle 0|\bar{q}q|0\rangle$ и в h_{π} они доминируют. Таким образом, по измерениям низкоэнергетических НЧ эффектов, определяющихся действующей компонентой НЧ ядерных сил, можно оценить важнейшую характеристику теории сильных взаимодействий!

Нефакторизуемые части в h_V (как и факторизуемые) впервые рассчитаны без использования подгоночных параметров (в отличие от расчета Деппанка и др. 1980)^{**/}, что позволило поставить вопрос о проверке стандартной модели. Полные значения констант h_M приведены в табл. I.

В четвертой главе приведены примеры расчета НЧ эффектов в мало-нуклонных и ядерных реакциях и анализируются экспериментальные следствия стандартной модели для измеренных эффектов, которые удается рассчитать с помощью потенциального подхода. В качестве иллюстративного материала приводятся схемы расчета циркулярной поляризации γ^- -квантов в радиационном захвате тепловых нейтронов протонами $np \rightarrow d\gamma^-$ и в модельной квазиядерной системе. На примере первой реакции демонстрируется зависимость результата от выбора потенциала сильного взаимодействия нуклонов. На примере второй реакции показана

^{*/}Ann.Phys., 1977, v.105, n.2, p.276-287.
^{**/}Ann.Phys., 1980, v.124, n.2, p.449-495.

Таблица I. Константы h_M в стандартной модели $SU(2)_L \times U(1) \times SU(3)_c$ $h_M(З.Т.)$ и $h_M(Н.Т.)$ - вклады заряженных и нейтральных токов в h_M ; в скобках справа от значений h_M - значения без учета цветных взаимодействий.

$h_M(З.Т.) \times 10^7$	$h_M(Н.Т.) \times 10^7$	$h_M \times 10^7$	
0,0	1,3	1,3	(0,48)
- 6,2	- 2,1	- 8,3	(-0,55)
0,00	0,39	0,39	(-0,26)
- 15,5	8,8	- 6,7	(-II,I)
- 2,9	- 1,0	- 3,9	(+2,2)
0,0	- 2,2	- 2,2	(-2,2)

но, что в более тесной, чем дейтон, NN -системе может происходить значительное усиление НЧ эффектов. По этой же причине становятся существенными вклады в ЕМ-переходы тороидного диполя и даже найден конкретный случай, когда НЧ эффект определяется только его спиновой частью. Для оценки НЧ эффектов в NN -системе выведены слабый НЧ NN -потенциал и оператор тороидного диполя для системы двух нуклонов.

В качестве примера приведены также результаты вычисления ширины запрещенного по четности распада ${}^6\text{Li}^*(\gamma^P = 0^+, T=1; E^* = 3,56 \text{ МэВ}) \rightarrow d+d$. Этот распад издавна привлекал внимание экспериментаторов, как и обратный процесс, поскольку предполагалось, что эффекты в них идут, в основном, за счет h_{π} . Проведенные нами впервые полные вычисления указали на важность учета вклада векторных мезонов и дали ширину $\Gamma \sim 10^{-11}$ эВ, что находится за пределами современных экспериментальных возможностей. Изучена устойчивость результатов к вариациям констант h_M и выбору коррелятора NN -взаимодействий на малых расстояниях.

Для тяжелых ядер, на примере перехода $9/2^- 9/2 \rightarrow 7/2^+ 7/2$ в ядре ^{175}Lu , показано, что в расчетах заторможенных электрических переходов, кроме обычного зарядового диполя, следует учитывать торсионный диполь, поскольку вклад их интерференционного члена может достигать десятков процентов.

С учетом опыта, приобретенного в подобных вычислениях, проанализированы экспериментальные данные по НЧ эффектам (около двух десятков реакций). Характерные примеры приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнение теоретических и экспериментальных результатов. Во второй колонке: первое слагаемое - вклад заряженных, второе - нейтральных токов в эффект; в скобках - расчетные значения эффектов без учета цветовых взаимодействий.

Эффект	Теор.	Эксп.
$A_L(\vec{p}p \rightarrow pp) \times 10^7$ $E = 45 \text{ МэВ}$	$-2,1-0,2 = -2,3$ ($-0,76$)	$-2,3 \pm 0,8$
$A_L(\vec{p}d \rightarrow pd) \times 10^7$ $E = 46 \text{ МэВ}$	$-2,0-1,5 = -3,5$ ($-0,39$)	$-3,3 \pm 0,9$
$\sqrt{\Gamma} (^{16}\text{O}) \times 10^5 (\text{эВ}^{1/2})$	$0,79+0,31=1,1$ $-0,11$	$1,1 \pm 0,1$
$P_\gamma (^{175}\text{Lu}) \times 10^5$	$1,7+2,3 = 4,0$ ($0,28$)	$5,5 \pm 0,5$

Отметим, что экспериментальное значение асимметрии в рассеянии $\vec{p}d$ в то время, когда нами проводился анализ, оценивалось как $(0,94 \pm 0,97) \times 10^{-7}$. Отметим также, что оценки НЧ-эффектов в тяжелых ядрах (например, $P_\gamma (^{175}\text{Lu})$) имеют тенденцию к увеличению при учете перенормировки константы слабого распада пиона в ядерной среде.

В целом можно констатировать согласие экспериментальных данных по НЧ эффектам в низкоэнергетических NN и ядерных реакциях и результатов их расчетов с использованием наших значений констант h_M . Подчеркнем, что это - следствие совместного действия всех компонент стандартной модели (нейтральных токов, цветовых взаимодействий), а потому возникает уверенность в ее справедливости как теории низкоэнергетических взаимодействий кварков. Развитие представлений о кварковых мешках и имевшаяся неудовлетворенность введения короткодействующей части ядерных сил через обмены векторными мезонами, привела к гипотезе о существовании в ядрах мультикварковых состояний (Матвеев и Сорба, 1977 и др.)^{*/} Это направление можно рассматривать как реализацию давней идеи о возможности сильного перекрыwania волновых функций нуклонов в ядре (флуктонный механизм, Блохинцев, 1956)^{*/} Эти представления оказались удобными для формулировки кварк-ядерного подхода к описанию эффектов НЧ в NN -взаимодействиях (Дубовик, Кобушкин, 1978)^{*/}.

В пятой главе приведены результаты расчета поляризации P_γ в $n p \rightarrow d \gamma$ и асимметрии A_L в низкоэнергетическом рассеянии $\vec{p}p \rightarrow pp$ с помощью модели составного кваркового мешка (далее СКМ, Симонов, 1981)^{*/} Оба эти эффекта определяются короткодействующими взаимодействиями нуклонов. В модели СКМ NN -взаимодействие с НЧ происходит в три этапа: 1) сильное взаимодействие между нуклонами, приводящее к образованию шестикваркового мешка; 2) слабое НЧ взаимодействие между кварками, описываемое, например, $\mathcal{H}^{N\bar{N}}$; 3) распад образовавшегося в результате состояния на конечные нуклоны. Этот подход имеет то преимущество, что как сильные, так и слабые амплитуды рассчитываются в нем единым образом. Это особенно выгодно при рассмотрении малонуклонных реакций.

^{*/} Lett.Nuovo Cim., 1977, v.20, n.12, p.435-439.

^{*/} ЖЭТФ, 1957, т.33, вып.5, с.1295-1299.

^{*/} Phys.Lett., 1981, v.B107, p.1-6.

В физическом и техническом отношениях кварк-ядерный подход не столь развит, как потенциальный, однако он приводит к разумным оценкам рассматриваемых эффектов $P_{\nu}(np \rightarrow dx) \sim 10^{-8}$, $A_L(pp) \sim 10^{-7}$. Дальнейшее развитие этого подхода весьма полезно, в основном, для проверки представлений о NN -взаимодействиях на малых расстояниях.

В заключении производится сравнение двух развитых подходов к описанию эффектов НЧ в NN -взаимодействиях и перечисляются основные результаты работ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В рамках классической электродинамики найдено третье семейство токовых моментов, кроме зарядовых и магнитных - тороидных. Указаны области физики, где полезно их использование.

2. На основании полных мультипольных разложений развит формализм мультипольной параметризации релятивистских матричных элементов электромагнитного тока адронов с любыми спинами. Найдены правила отбора при отражениях P и T. Для тока релятивистских ($s=1/2$) спиновых частиц указан формфактор, соответствующий тороидному дипольному распределению. Показаны примеры расчета электромагнитных формфакторов адронов и ядер, включая тороидные.

3. В результате анализа экспериментальных данных по эффектам несохранения четности в NN -взаимодействиях на основе НЧ потенциала одномезонных обменов впервые показано, что стандартная калибровочная модель $SU(2)_L \times U(1) \times SU(3)_C$ приводит к реалистическим значениям НЧ констант h_M . При этом согласие экспериментальных и теоретических результатов достигается за счет совместного проявления всех компонент стандартной модели, в том числе нейтральных токов и цветовых взаимодействий.

4. Развита кварк-ядерный подход к рассмотрению эффектов НЧ в малонуклонных реакциях, исходящий из гипотезы о существовании мультикварковых состояний (флуктонов) в ядрах. В этой физически привле-

кательной картине расчет проще, чем через мезонные обмены, т.к. НЧ взаимодействие включается попарно между всеми кварками $6q$ -состояния. В подходе получены разумные оценки эффектов НЧ в реакциях $np \rightarrow dx$ и $\bar{p}p \rightarrow pp$.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Дубовик В.М. Проверка дискретных симметрий в ядерных реакциях под действием электронов и фотонов, в кн.: Труды 2-го семинара "Электромагнитные взаимодействия ядер при малых и средних энергиях", "Наука", Москва, 1972, с.411-426.
2. Дубовик В.М., Чешков А.А. Мультипольное разложение в классической и в квантовой теориях и излучение. ЭЧАЯ, 1974, т.5, вып.3, с.791-837.
3. Блувштейн Р.Э., Дубовик В.М., Чешков А.А. Переходные тороидные формфакторы легких ядер. ЯФ, 1972, т.15, вып.1, с.100-107.
4. Dubovik V.M. Thomas-Reihe-Kuhn sum-rule and toroid moments. - Dubna, 1975 (Communication JINR E2-9262), 6p. Правила сумм Томаса-Райхе-Куна и тороидные моменты.
5. Блувштейн Р.Э., Дубовик В.М. Аналитические свойства электромагнитных адронных формфакторов вне массовой поверхности и связь между формфакторами различных электромагнитных вершин. Дубна, 1972, с.68 (сообщения ОИЯИ P2-6839).
6. Bluvstein R.E., Cheshkov A.A., Dubovik V.M. Connection between the electromagnetic form factors of hadrons and sidewise dispersion relations. Nucl. Phys. v.B64, No.3, p.407-428. Соотношения между электромагнитными формфакторами адронов и дисперсионные соотношения по маске.
7. Dubovik V.M., Gramzhan R.A., Tosunyan L.A. On Hindered electric transitions in nuclei used for observation of P-violating effects in the weak interactions of nucleons - Dubna, 1976, 18 p.

(Communication JINR, E4-9979). О заторможенных ЕІ-переходах в ядрах, используемых для наблюдения НЧ-эффектов в слабых взаимодействиях нуклонов.

8. Dubovik V.M., Zamiralov V.S., Zenkin S.V. Weak NN-interaction in the simplest reactions - Dubna, 1979, 23 p. (Communication JINR, E2-12381). Слабый NN-потенциал в простой калибровочной модели и поляризация γ -кванта в $p(n\pi)d$.
9. Dubovik V.M., Zamiralov V.S. Weak NN-potential in the simple gauge model and γ -quanta polarization in $p(n\pi)d$. Lett. Nuov. Cim., 1978, v.22, No.1, p.21-26. Слабое NN-взаимодействие в простейших реакциях.
10. Dubovik V.M., Kobushkin A.P. Contribution of a six-quark state into the P-Nonconserving effects in low energy Nucleon-nucleon scattering. - Kiev, 1978, 13 p. (Preprint ITP-78-85E). Вклад 6-кваркового состояния в НЧ эффекты при низкоэнергетическом NN-рассеянии.
11. Дубовик В.М. Шестикварковые состояния и эффекты нарушения четности в малонуклонных системах. Дубна, 1979, с.40; В сб. трудов Международного симпозиума по проблеме нескольких тел в ядерной физике (ОИЯИ, Д4-12366).
12. Dubovik V.M., Tosunyan L.A., Zenkin S.V. On parity violating effects in NN-interaction at low energy, Dubna, 1980, 12 p. (preprint JINR E2-80-671). Об эффектах НЧ в NN-взаимодействии при низкой энергии.
13. Dubovik V.M., Obukhovskiy I.T. Blokhintsev Fluctuation in the Deuteron within the Cluster Approximation, Z. Phys. A - Atoms and Nuclei, 1981, N 3, p.341-346. Флуктуация Блохинцева для дейтрона в кластерном приближении.
14. Dubovik V.M., Obukhovskiy I.T. Quark-nuclear approach to the Study of the parity violating Effects in the few nucleon systems. - Z. Phys. C - Particles and Fields 1981, v. 10, No.2, p.123-129. Кварк-ядерный подход к изучению эффектов НЧ в малонуклонных системах.

15. Дубовик В.М., Обуховский И.Т. Кварк-ядерный подход к изучению эффектов нарушения четности в малонуклонных системах. Постановка проблемы и формализм. Дубна, 1980, 13 с. (сообщение ОИЯИ P2-80-501).
16. Дубовик В.М., Тосунян Л.А. Оценки эффектов несохранения четности в квазиядерных системах. Письма в ЖЭТФ, 1981, т.33, вып. I, с.68-70.
17. Дубовик В.М., Зенкин С.В., Обуховский И.Т., Тосунян Л.А. КХД и кварк-ядерный механизм нарушения четности в нуклонных системах, в кн.: 6-й Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1982, с.139-154 (издание ОИЯИ Д1, 2-81-728).
18. Дубовик В.М., Зенкин С.В. Что дает кварковая теория для потенциального описания несохранения четности в NN-взаимодействиях. В кн.: Нуклон-нуклонные и пион-нуклонные взаимодействия при промежуточных энергиях (Труды симпозиума, Изд. ЛИЯФ, 1982, с.266-271).
19. Дубовик В.М., Замиралов В.С., Зенкин С.В. КХД поправки к гамма-тоннелю слабых взаимодействий и нарушение четности в NN-реакциях. Ядерная физика, 1981, т.34, вып.3(9), с.837-843.
20. Dubovik V.M., Zenkin S.V. Self-consistent calculation of the weak constants in the parity nonconserving nuclear forces. Effective PNC Hamiltonian in $SU(2)_L \times U(1) \times SU(3)_C$. PNC in the πNN vertex. - Dubna, 1983. - 23 p. (Communication JINR E2-83-611). Самосогласованный расчет слабых констант в НЧ ядерных силах. Эффективный НЧ гамма-тоннель в $SU(2)_L \times U(1) \times SU(3)_C$. НЧ в πNN вершине.
21. Dubovik V.M., Zenkin S.V. Self-consistent calculation of the weak constants in the parity nonconserving nuclear forces. PNC in the pNN and ωNN vertices. - Dubna, 1983. - 16 p. (Communication JINR E2-83-615). НЧ в pNN - и ωNN -вершинах.
22. Dubovik V.M., Zenkin S.V. Self-consistent calculation of the weak constants in the parity nonconserving nuclear forces. Expre-

rimental consequences.- Dubna, 1983.- 16 p. (Communication JINR E2-83-922). Экспериментальные следствия.

23. Дубовик В.М., Зенкин С.В., Обуховский И.Г., Тосунян Л.А. Кварковая природа слабых эффектов в электромагнитных переходах и ядерных реакциях. Вопросы атомной науки и техники, серия: общая и ядерная физика, 1982, вып. I (19), с.83-86.
24. Дубовик В.М. Два подхода к несохранению четности в NN -взаимодействиях. Там же, 1983, вып. I (22), с.38-40.
25. Дубовик В.М., Тосунян Л.А. Тороидные моменты в физике электромагнитных и слабых взаимодействий, ЭЧАЯ, 1983, т. I4, вып. 9, с. I193-I228.
26. Burov V.V., Dubovik V.M., Kadmensky S.G., Tshuvilsky Yu.M., Tosunyan L.A. Calculation of the Parity-forbidden decay width of ${}^6\text{Li}^*(J^P = 0^+, T=1; E^* = 3.56 \text{ MeV}) \rightarrow \text{d} + \text{d}$. J. Phys. G: Nucl. Phys. 1984, v. 10, No. 1, L21-24. Вычисление запрещенной по четности ширины распада ${}^6\text{Li}^*(J^P = 0^+, T=1; E^* = 3.56 \text{ МэВ})$.
27. Дубовик В.М., Зенкин С.В., Обуховский И.Г., Тосунян Л.А. Кварковые механизмы несохранения четности в NN -взаимодействиях и проблема ядерных сил. В кн.: 7-й Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984, с.458-465 (ОИЯИ Д1, 2-599-1984).
28. Dubovik V.M., Tosunyan L.A., Tugushev V.V. Axial toroid moments in electrodynamics and physics of condensed matter.- Dubna, 1985.- 24 p. (Communication JINR E17-85-623). Аксиальные тороидные моменты в электродинамике и физике твердого тела.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 декабря 1985 года.