



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2-97-337

На правах рукописи
УДК 539.126.1

Д-795

ДУБНИЧКОВА
Анна Зузана

**МОДЕЛИ ЕДИНОГО ОПИСАНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ АДРОНОВ
И БИНАРНЫХ ЭЛЕКТРОСЛАБЫХ РЕАКЦИЙ**

Специальность: 01.04.02 — теоретическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук

Дубна 1997

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна) и на Математико-физическом факультете Университета им. Я.А. Коменского (Братислава, Словакия)

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

С.Б. Герасимов

доктор физико-математических наук, профессор

Р.Н. Фаустов

доктор физико-математических наук

Л.В. Фильков

Ведущая организация:

Институт ядерных исследований РАН, Москва.

Защита состоится "___" _____ 1997 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 047.01.01 по адресу: 141980, г. Дубна, ЛТФ, ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1997 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат физико-математических наук

В.И. Журавлев

Актуальность темы.

Экспериментальное открытие электромагнитной структуры протона в опытах Хофштадтера по упругому рассеянию электронов стало революционным для физики элементарных частиц. Впервые было явно продемонстрировано, что протон, один из основных структурных элементов Вселенной, является неточечным.

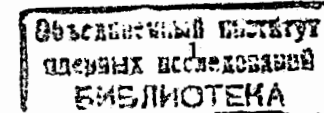
Это открытие привело к появлению новых теоретических идей, в частности, к предсказанию существования изоскалярных и изовекторных мезонных резонансов и к формулировке модели доминантности векторных мезонов (ВМД), успешно описавшей впоследствии рождение векторных мезонов в реакциях e^+e^- -аннигиляции в адроны.

Электромагнитная структура адронов описывается путем введения электромагнитных формфакторов $F_h(t)$, зависящих от квадрата передающего четырехмерного импульса $t = -Q^2$. Они появляются в виде коэффициентов разложения матричного элемента электромагнитного тока по максимальному числу линейно-независимых ковариантных структур, построенных из спиновых переменных адрона и его 4-импульса. Определение функциональной зависимости формфакторов от переменной t является одной из основных задач теории сильных взаимодействий.

Квантовая хромодинамика (КХД), которая в настоящее время является единственным кандидатом на роль такой теории, благодаря свойству асимптотической свободы воспроизводит и обосновывает (с точностью до логарифмических поправок) асимптотическое поведение электромагнитных формфакторов, полученное ранее на основе правил кваркового счета. Использование правил сумм КХД позволяет получить поведение формфакторов в ограниченной пространственно-подобной области t . Киральная пертурбативная теория, являющаяся приближением КХД в области низких энергий, описывает формфакторы в окрестности $t \sim 0$.

Однако, во времени-подобной области, где формфакторы являются комплексными функциями из-за рождения промежуточных адронных состояний, КХД пока предсказаний не дает.

Это все свидетельствует о том, что пока отсутствует единая дина-



мическая теория электромагнитной структуры сильновзаимодействующих частиц. Поэтому в настоящее время продолжают играть важную роль различные феноменологические модели, позволяющее глубже понять структуру адронов.

Настоящая диссертация посвящена построению феноменологической модели электромагнитных формфакторов псевдоскалярных мезонов, октета барионов с $J^P = 1/2^+$ и ее проверке в различных электро-слабых процессах.

В рамках предложенного глобального подхода к описанию электромагнитных формфакторов как в пространственно-подобной, так и во времени-подобной области в диссертации рассмотрен ряд новых, еще не исследованных процессов, таких как реакция e^+e^- -аннигиляции и образование $B\bar{B}$ - пар из низшего октета барионов. Важной составной частью диссертации является точная оценка адронного вклада в аномальный магнитный момент мюона, от которой зависит содержательность оценок на параметры возможной новой физики дающей вклад в значение $(g - 2)_\mu$.

Таким образом, из анализа современной ситуации в области эксперимента и теории следует, что построение глобальной и достоверной модели электромагнитной структуры сильновзаимодействующих частиц является весьма актуальным и важным как с точки зрения общей теории сильных взаимодействий, так и для практических целей интерпретации существующих экспериментальных данных и получения предсказаний в планируемых экспериментах, как например, ATLAS в ЦЕРНе, DAΦNE во Фраскати, $g - 2$ эксперимент E821 в Брукхейвской национальной лаборатории (США).

Цель работы состоит в разработке и применении единой, феноменологической унитарной и аналитической модели электромагнитной структуры адронов в электрослабых процессах. Она основана на известном экспериментальном факте образования резонансных состояний векторных мезонов в процессах электрон-позитронной аннигиляции в адроны. Модель позволяет предсказать поведение электромагнитных формфакторов адронов для всех значений t из интервала $-\infty < t < +\infty$, причем сами формфакторы обладают правильными аналитическими свойствами, асимптотическим поведением предска-

занным кварковой моделью адронов, и удовлетворяют также условию унитарности.

Научная новизна и практическая ценность

Новым является глобальное описание электромагнитной структуры дейтрона на основе модифицированной модели доминантности векторных мезонов с учетом правильных аналитических свойств формфакторов (ФФ) дейтрона, ненулевых ширин векторных мезонов и корректным асимптотическим поведением, предсказанным КХД. Впервые, используя экспериментальные данные по двум структурным функциям дейтрона, дано предсказание поведения всех трех ФФ дейтрона как в пространственно-подобной ($t < 0$), так и во времени-подобной ($t > 0$) областях и, как следствие, предсказано также полное сечение процесса $e^+e^- \rightarrow d\bar{d}$.

Сделана оценка вектор-мезон-нуклонных тензорных констант связи, используя только КХД асимптотическое поведение и нормировку для ВМД параметризации изоскалярной и изовекторной частей паулиевского ФФ. Неожиданно хорошее сходство оценки вектор-мезон-нуклонных тензорных констант связи с оценками полученными другими авторами и в других процессах и привело к новой формулировке унитарной и аналитической (УА) ВМД модели электромагнитной структуры нуклонов с существенным уменьшением числа свободных физических параметров. Построение новой УА ВМД модели для нуклонов позволило расширить модель для электромагнитной структуры октета $1/2^+$ барионов.

Предсказано поведение параметров полярной асимметрии углового распределения в процессе $e^+e^- \rightarrow N\bar{N}$ и неожиданно большие однофотонные электромагнитные поправки к амплитудам сильных распадов $J/\Psi \rightarrow N\bar{N}$ в рамках старой и новой УА ВМД.

С помощью унитаризации модели Кернера и Куроды электромагнитной структуры октета $1/2^+$ барионов, и с привлечением новой формулировки УА ВМД электромагнитной структуры адронов получено лучшее согласие электромагнитных ФФ октета $1/2^+$ барионов с экспериментальными данными.

Предложено рассмотрение ряда процессов с целью выявить различия старой и новой УА ВМД модели электромагнитной структуры нуклонов, поскольку обе эти модели хорошо описывают существующие экспериментальные данные. Детально исследованы поляризационные эффекты в $e^+e^- \rightarrow N\bar{N}$ процессах. С целью исследования поведения электромагнитных ФФ нуклона в нефизической области (т.е. ниже порога рождения пары нуклон-антинуклон) вычислена амплитуда процесса $p\bar{p} \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ в древесном приближении. Оказывается, что амплитуда этого процесса полностью описывается магнитным ФФ протона в нефизической области, что предоставляет возможность его определения из экспериментальных данных по $p\bar{p} \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ процессу.

Получена наиболее точная оценка адронного вклада в аномальный магнитный момент заряженных лептонов, учитывая новые модели электромагнитной структуры пионов и каонов, новые экспериментальные данные по разным эксклюзивным процессам и скорректированную КХД формулу для $R = \sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow \text{адроны})/\sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$.

Впервые теоретически предсказаны сечения слабых процессов $\bar{\nu}_e e^- \rightarrow \pi^- \pi^0$ и $\bar{\nu}_e e^- \rightarrow K^- K^0$, причем слабые формфакторы пионов и каонов получены на основе гипотезы сохраняющегося векторного тока (CVC) из унитарных, аналитических моделей электромагнитных ФФ.

Получено хорошее согласие с экспериментом для ширины распада $\tau^- \rightarrow \nu_\tau M^- M^0$, где $M = \pi$ или K .

Развитые теоретические подходы и методы используются как в теоретических разработках других авторов, так и при анализе новых экспериментальных данных. Они использованы и в предсказательных расчетах при планировании новых экспериментов.

Для защиты выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации

1. Построена новая унитаризованная, аналитическая ВМД модель электромагнитной структуры нуклонов, которая хорошо описывает все существующие экспериментальные данные как в пространственно-подобной, так и во времени-подобной областях. Она имеет значительно меньше свободных физических параметров по сравнению со старой УА ВМД моделью и предсказывает поведение сечения $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$, которое почти совпадает с сечением процесса $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$.

2. На основе ВМД модели электромагнитной структуры адронов с учетом правильных аналитических свойств ФФ дейтрона, ненулевых ширины векторных мезонов и асимптотического поведения, согласованного с КХД, предсказано поведение всех трех ФФ дейтрона, а именно заряженного G_C^d , магнитного G_M^d и квадрупольного G_Q^d . Свободные физические параметры получены из оптимального описания двух структурных функций, для которых существуют экспериментальные данные в $t < 0$. Впервые, следуя процедуре построения УА ВМД, предсказано поведение $|G_C^d|$, $|G_M^d|$, $|G_Q^d|$ во времени-подобной области и таким образом впервые получено поведение $\sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow d\bar{d})$.

3. Подход, основанный на унитаризованной аналитической модели доминантности векторных мезонов электромагнитной структуры нуклонов распространен на описание электромагнитной структуры Λ -гиперона. Свободные физические параметры модели, которыми являются отношения соответствующих констант связи, определены из известных вектор-мезон-нуклонных констант связи с учетом SU(3) симметрии. Предсказано поведение электромагнитных ФФ Λ -гиперона в пространственно- и времени-подобных областях. Вычислено сечение $\sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda})$.

4. С целью проверки старой УА ВМД и новой УА ВМД моделей электромагнитной структуры нуклонов, исследованы процессы нуклон-антинуклонной аннигиляции в пион и дилептонную пару. Предложено экспериментальное исследование процесса аннигиляции протон-антипротонной пары на пороге рождения нейтрального пиона и дилептонной пары. Явно вычислена амплитуда процесса $p\bar{p} \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$, и таким образом, получен эффективный спектр масс рождающихся леп-

тонных пар, который определяется только магнитным ФФ протона.

5. Исследованы поляризационные эффекты в процессах $e^+e^- \rightarrow N\bar{N}$ с целью получить отличие между старой УА и новой УА ВМД моделями. Вычисление компонент поляризационного вектора рождающегося нуклона показывает, что они являются функциями реальной и мнимой частей электромагнитных ФФ нуклона.

6. Унитаризована модель Кернера и Куроды для октета $1/2^+$ барионов, используя процедуру новой УА ВМД модели. Получены электромагнитные формфакторы октета барионов, которые лучше описывают существующие экспериментальные данные, чем сама модель Кернера и Куроды. Также вычислены электрические и магнитные среднеквадратичные радиусы октета $1/2^+$ барионов.

7. Проведена оценка адронных вкладов в аномальный магнитный момент заряженных лептонов. Для оценки использованы: новые экспериментальные данные некоторых эксклюзивных процессов; более совершенные модели электромагнитной структуры пионов и каонов; более аккуратное вычисление внешней ковариантной матрицы ошибок и скорректированное значение коэффициента третьей степени формулы КХД для отношения сечений $R(s)$. Таким образом, получена наиболее точная оценка адронных вкладов в аномальные магнитные моменты заряженных лептонов.

8. Вычислены относительные вероятности каналов распада τ -лептона $BR(\tau^- \rightarrow \nu_\tau \pi^0 \pi^-)$ и $BR(\tau^- \rightarrow \nu_\tau K^0 K^-)$. Их значения находятся в хорошем согласии с данными по эксперименту ALEPH в ЦЕРНе. Процессы $e^- \bar{\nu}_e \rightarrow M^0 M^-$ описываются слабыми ФФ псевдоскалярных мезонов F_M^W . Используя гипотезу сохранения векторного тока (CVC), можно найти связь между F_M^W и электромагнитными ФФ псевдоскалярных мезонов. Для вычисления сечений процессов $e^- \bar{\nu}_e \rightarrow M^0 M^-$ и $BR(\tau^- \rightarrow \nu_\tau \pi^0 \pi^-)$, $BR(\tau^- \rightarrow \nu_\tau K^0 K^-)$ использована унитарная и аналитическая модель электромагнитных ФФ пионов и каонов.

Апробация диссертации и публикации.

Основные результаты диссертации неоднократно докладывались на семинарах Лаборатории теоретической физики им Н.Н. Боголюбова в ОИЯИ, Математико-Физическом факультете Университета им. Я.А. Коменского в Братиславе, Международного центра теоретической физики в Триесте, Института теоретической физики Венского Университета, Института Рудера Бошковича в Загребе, Института теоретической физики Етвеш(Еötvös) Университета в Будапеште, Национального института ядерной физики во Фраскати, Кафедры физики Университета в Падове, Кафедры физики Университета в Феррари, Кафедры теоретической физики Туринского Университета, Института ядерной физики в Кракове и в Институте элементарных частиц ЕТН Цюрих-Виллиген. Кроме того, они докладывались на многочисленных международных конференциях и симпозиумах, в том числе на конференциях чехословацких физиков (Острава, 1979; Братислава, 1985), на III. Адриатической встрече по физике частиц (Дубровник, 1980), на Варшавских симпозиумах по физике элементарных частиц (Казимierz, 1981, 1987), на международных семинарах "Кварки" 82 (Сухуми, 1982), "Кварки"90 (Телави, 1990), "Кварки"92 (Звенигород, 1992), на международном совещании JINR-CERN-ИИФ (Дубна, 1991), на международных конференциях "Структура адронов" (Стара Лесна, 1991, Кошице, 1994).

По теме диссертации опубликовано 27 работ.

Структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, семи глав основного содержания, и заключения; содержит 152 страницы текста, включая 9 таблиц, 52 рисунка и библиографический список из 127 названий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении (глава первая) кратко изложена постановка физической задачи и дано обоснование актуальности и важности исследуемых проблем.

Во второй главе, которая состоит из трех разделов, введены общие понятия электромагнитных формфакторов и их основные свойства. Показан общий вид матричного элемента процесса $e^- + \text{адрон} \rightarrow e^- + \text{адрон}$, в который входит адронный электромагнитный ток J_μ . Из за структуры адрона, явный вид J_μ неизвестен и поэтому можно его параметризовать следующим образом

$$\langle p_2 | J_\mu(0) | p_1 \rangle = \sum_i R_\mu^i(p_1, p_2) F_i(t), \quad (1)$$

где $R_\mu^i(p_1, p_2)$ максимальное число линейно-независимых ковариантов конструируемых из спиновых параметров и соответствующих четырехимпульсов; $F_i(t)$ электромагнитные формфакторы. Затем показан конкретный вид параметризации матричного элемента электромагнитного тока частиц со спином 0, 1/2 и 1. Изложены аналитические свойства электромагнитных ФФ и их асимптотическое поведение.

В третьей главе подробно излагается основная идея построения унитарной и аналитической модели электромагнитной структуры адронов. Ее изложение является важным, так как основной целью предложенной диссертации является единое описание электромагнитной структуры сильно взаимодействующих частиц.

В итоге изложенного показан общий вид адронного формфактора, определенного на четырехлистной поверхности Римана с асимптотическим поведением предсказанным КХД

$$F_h[W(t)] = \left(\frac{1 - W^2}{1 - W_N^2} \right)^{2(n_q - 1)} \cdot \left\{ \sum_i \frac{(W_N - W_i)(W_N - W_i^*)(W_N - 1/W_i)(W_N - 1/W_i^*)}{(W - W_i)(W - W_i^*)(W - 1/W_i)(W - 1/W_i^*)} \left(\frac{f_{ih\bar{h}}}{f_i} \right) + \right.$$

$$\left. + \sum_j \frac{(W_N - W_j)(W_N - W_j^*)(W_N + W_j)(W_N + W_j^*)}{(W - W_j)(W - W_j^*)(W + W_j)(W + W_j^*)} \left(\frac{f_{jh\bar{h}}}{f_j} \right) \right\},$$

где i, j векторные мезоны ($i + j = v$), n_q -число составляющих кварков в адроне, $W(t)$ обратная функция нелинейного преобразования

$$t = t_0 - \frac{4(t_{in} - t_0)}{[1/W - W]^2}, \quad (3)$$

явный вид которой

$$W(t) = i \frac{\sqrt{\left(\frac{t_{in}-t_0}{t_0}\right)^{1/2} + \left(\frac{t-t_0}{t_0}\right)^{1/2}} - \sqrt{\left(\frac{t_{in}-t_0}{t_0}\right)^{1/2} - \left(\frac{t-t_0}{t_0}\right)^{1/2}}}{\sqrt{\left(\frac{t_{in}-t_0}{t_0}\right)^{1/2} + \left(\frac{t-t_0}{t_0}\right)^{1/2}} + \sqrt{\left(\frac{t_{in}-t_0}{t_0}\right)^{1/2} - \left(\frac{t-t_0}{t_0}\right)^{1/2}}} \quad (4)$$

и если $t_0 < m_i^2 < t_{in}$, то $W_{i0} = -W_{i0}^*$, для $t_{in} < m_j^2$, $W_{j0} = 1/W_{j0}^*$.

Модель (2) хорошо описывает электромагнитную структуру разных мезонов, барионов и легких атомных ядер.

В четвертой главе приводится модель электромагнитных ФФ пионов (первый раздел) и каонов (раздел второй), используя модель (2), и показано каким образом определяются свободные параметры модели.

В пятой главе изложено применение старой УА ВМД модели (2) к предсказанию поведений полных сечений электрон-позитронной аннигиляции на нуклон-антинуклон, лямбда гиперон-антилямбда гиперон и дейтрон-антидейтрон. Раздел 5.3 посвящен предсказанию значений электромагнитных радиусов полного октета $1/2^+$ барионов в рамках так называемой наивной модели.

В первом разделе этой главы демонстрируется конструкция электромагнитных ФФ нуклонов и показан метод определения свободных параметров модели (2).

Во втором разделе применена старая УА ВМД модель для предсказания поведения электромагнитных формфакторов Λ -гиперона в

пространственно- и времени-подобной областях. Свободные параметры, а именно константы связи $f_{s\Lambda\bar{\Lambda}}$, $s = \rho, \omega, \phi$, определены с помощью $SU(3)$ симметричного лагранжиана, описывающего вектор-мезон-барион-антибарионные вершины из известных значений вектор-мезон-нуклонных констант связи. По предсказанному нами поведению $\Phi\Phi$ Λ - гиперона определено поведение полного сечения

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}) = \frac{4\pi\alpha^2}{3t}\beta_\Lambda \left\{ \frac{2m_\Lambda^2}{t} |G_E^\Lambda(t)|^2 + |G_M^\Lambda(t)|^2 \right\} \quad (5)$$

В третьем разделе используем простую процедуру для определения вектор-мезон-барионных констант связи и вычисляем среднеквадратичные радиусы октета $1/2^+$ барионов. Для протона и нейтрона получены значения

$$\begin{aligned} \langle r_E^2 \rangle_{\text{протон}} &= 0.508 [fm^2] \\ \langle r_M^2 \rangle_{\text{протон}} &= 1.009 [fm^2] \\ \langle r_E^2 \rangle_{\text{нейтрон}} &= -0.133 [fm^2] \\ \langle r_M^2 \rangle_{\text{нейтрон}} &= -0.763 [fm^2] \end{aligned} \quad (6)$$

соответственно.

Четвертый раздел посвящен новому подходу к описанию электромагнитной структуры дейтрона. Используется модель (2) и данные по реакции $e^-d \rightarrow e^-d$. С помощью этих экспериментальных данных определены свободные параметры модели и таким образом получено поведение зарядового $G_C^d(t)$, магнитного $G_M^d(t)$ и квадрупольного $G_Q^d(t)$ электромагнитных формфакторов в пространственно-подобной и во времени-подобной областях. Во времени-подобной области $|G_C^d(t)|$, $|G_M^d(t)|$ и $|G_Q^d(t)|$ определены впервые. На этой основе, предсказано впервые поведение сечения

$$\begin{aligned} \sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow d\bar{d}) &= \frac{\pi\alpha^2\beta_d^3}{3t} \left\{ \frac{t}{m_d^2} |G_C^d(t) + G_M^d(t) + G_Q^d(t)|^2 + \right. \\ &\left. + \left[2|G_C^d(t) + \frac{t}{2m_d^2}G_Q^d(t)|^2 + |G_C^d(t) + \frac{t}{2m_d^2}G_M^d(t)|^2 \right] \right\}. \quad (7) \end{aligned}$$

В шестой главе сформулирована новая модель УА ВМД, которая впервые математически последовательно (в отличие от старой УА ВМД модели) объединяет условие асимптотического поведения формфакторов согласно КХД, общее условие аналитичности и приближенное условие унитарности в рамках модели доминантности векторных мезонов. Новая модель построена для октета $1/2^+$ барионов и излагаются разные ее практические приложения. Эта глава состоит из четырех разделов.

В первом разделе этой главы параметризуются нуклонные паулиевские формфакторы в рамках канонической ВМД модели. Налагая условие нормировки и асимптотического поведения, предсказанного КХД, получаем оценку вектор-мезон-нуклон тензорных констант связи близкую с оценками полученными другими авторами и в других процессах.

Во втором разделе обсуждается сначала параметризация нуклонных дираковских и паулиевских $\Phi\Phi$ с помощью канонической ВМД модели. Накладывая на параметризованную ВМД модель требования нормировки и асимптотического поведения КХД с последующим включением правильных аналитических свойств $\Phi\Phi$, получаем новую формулировку УА ВМД модели, которая сохраняет асимптотическое поведение КХД и существенно сокращает число свободных параметров.

Полученное поведение электромагнитных формфакторов нуклонов в новой УА ВМД модели хорошо описывает все существующие экспериментальные данные. В отличие от старой УА ВМД модели получается соотношение между полными сечениями

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow n\bar{n}) \sim \sigma(e^+e^- \rightarrow p\bar{p}). \quad (8)$$

В третьем разделе предлагается проверка старой УА и новой УА ВМД моделей в нефизической области $t_0 < t < 4m_N^2$, в которой они дают различное поведение $\Phi\Phi$. Рассматриваются процессы аннигиляции $N\bar{N}$ в пион и дилептонную пару и для эффективного спектра

масс дилептонов получаем

$$\begin{aligned} \frac{d\Gamma(\bar{p}p \rightarrow \pi^0 l^+ l^-)/dx}{d\Gamma(\bar{p}p \rightarrow \gamma \pi^0)} &\equiv C^{(\pi^0)}(k^2) = \\ &= \frac{\alpha}{3\pi} \left| \frac{G_M^p(k^2)}{G_M^p(0)} \right|^2 \left(1 - \frac{k^2}{4m_p^2 - m_\pi^2} \right)^{-2} \frac{(2m_p - m_\pi)^2}{k^2} \sqrt{1 - \frac{4m^2}{k^2}} \cdot \\ &\cdot \left(1 + \frac{2m^2}{k^2} \right) \left[\left(1 - \frac{k^2}{(2m_p - m_\pi)^2} \right) \left(1 - \frac{k^2}{(2m_p + m_\pi)^2} \right) \right]^{3/2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Из (9) видно что, эффективный спектр масс дилептонов полностью определяется протонным магнитным ФФ, что дает возможность однозначной интерпретации экспериментальных данных.

В четвертом разделе проведена унитаризация модели Кернера и Куроды для описания электромагнитной структуры $1/2^+$ октета барионов. Показано, что унитаризованные ФФ барионов лучше описывают существующие экспериментальные данные, чем сама модель Кернера и Куроды.

В седьмой главе проведена новая оценка адронных вкладов в аномальный магнитный момент (АММ) заряженных лептонов. Глава состоит из двух разделов. В первом разделе обсуждается современная экспериментальная ситуация по АММ электронов, мезонов и τ -лептонов. Во втором разделе показаны полученные нами новые теоретические оценки адронных вкладов в АММ заряженных лептонов в низшем порядке по теории возмущений.

Магнитные моменты определены следующим соотношением

$$\mu_\ell = g_\ell \frac{e}{2m_\ell \cdot c} \cdot \frac{\hbar}{2}, \quad (10)$$

где g -фактор удобно переопределить с помощью так называемой магнитной аномалии следующим образом

$$a_\ell \equiv \frac{g_\ell - 2}{2} = a_\ell^{(1)} \cdot \frac{\alpha}{\pi} + (a_\ell^{(2)QED} + a_\ell^{(2)had}) \cdot \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2 + a_\ell^{(2)weak} + O\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^3. \quad (11)$$

Как мы уже отметили раньше, оценка a_ℓ является самой важной для заряженного мюона, так как в ближайшем будущем будет завершен

мюонный $g - 2$ эксперимент E821 в БНЛ с ожидаемой точностью

$$\Delta a_\mu^{\text{exp}} = \pm 43 \times 10^{-11}, \quad (12)$$

которая в 20 раз превышает точность предыдущего эксперимента в ЦЕРНе.

Нами получена оценка для АММ мюона

$$\Delta a_\mu^{(2)had} = 45 \times 10^{-11}, \quad (13)$$

сравнимая с ожидаемой в эксперименте E821 точностью. В настоящее время она является наиболее точной оценкой по сравнению с вычислениями других авторов.

В восьмой главе исследованы слабые процессы, которые полностью описываются унитарной и аналитической моделью электромагнитной структуры псевдоскалярных мезонов $M = \pi, K$.

В первом разделе этой главы рассмотрены процессы аннигиляции $\bar{\nu}_e e^- \rightarrow M^- M^0$, описываемые слабыми ФФ $F_M^W(s)$ мезонов. Однако на основе SVC гипотезы получаются следующие соотношения между соответствующими слабыми и электромагнитными формфакторами

$$F_\pi^W(s) = \sqrt{2} F_\pi^{E,I=1}(s). \quad (14)$$

и

$$F_K^W(s) = 2 F_K^{em(V)}(s), \quad (15)$$

которые представляют возможность описать процессы $\bar{\nu}_e e^- \rightarrow M^- M^0$ с помощью унитарной и аналитической модели ФФ $F_\pi^E(s)$, $F_K^{em(V)}(s)$.

Нами предлагается измерять энергетическое распределение пионов

$$\frac{d\sigma(\bar{\nu}_e e^- \rightarrow \pi^- \pi^0)}{dE_\pi^{\text{lab}}} = \frac{m_e G^2}{8\pi} \left(\frac{E_\nu^{\text{lab}} - E_{\nu\pi}^{(0)}}{E_\nu^{\text{lab}}} \right). \quad (16)$$

$$\cdot \left\{ 1 - \frac{(E_\nu^{\text{lab}} - 2E_\pi^{\text{lab}})^2}{E_\nu^{\text{lab}}(E_\nu^{\text{lab}} - E_{\nu\pi}^{(0)})} \right\} |F_\pi^{E,I=1}(E_\nu^{\text{lab}})|^2$$

и каонов

$$\frac{d\sigma(\bar{\nu}_e e^- \rightarrow K^- K^0)}{dE_K^{\text{lab}}} = \frac{m_e G^2}{4\pi} \left(\frac{E_\nu^{\text{lab}} - E_{\nu K}^{(0)}}{E_\nu^{\text{lab}}} \right). \quad (17)$$

$$\left\{ 1 - \frac{(E_\nu^{\text{lab}} - 2E_K^{\text{lab}})^2}{E_\nu^{\text{lab}}(E_\nu^{\text{lab}} - E_{\nu K}^{(0)})} \right\} |F_K^{\text{em}(V)}(E_\nu^{\text{lab}})|^2.$$

Эти измерения таким образом предоставляют дополнительную возможность проверки CVC гипотезы.

Во втором разделе аналогично вычислены ширины распада $\tau^-(k_1) \rightarrow \nu_\tau(k_2)M^-(p_1)M^0(p_2)$. Для относительных вероятностей образования пионов и каонов получены следующие результаты

$$BR(\tau^- \rightarrow \nu_\tau \pi^- \pi^0) = 24.52\% \quad (18)$$

и

$$BR(\tau^- \rightarrow \nu_\tau K^- K^0) = 0.16\%, \quad (19)$$

которые находятся в хорошем согласии с новыми экспериментальными значениями

$$BR^{\text{exp}}(\tau^- \rightarrow \nu_\tau \pi^- \pi^0) = (25.30 \pm 0.20)\%$$

и

$$BR^{\text{exp}}(\tau^- \rightarrow \nu_\tau K^- K^0) = (0.26 \pm 0.09)\%,$$

полученными на установке ALEPH в ЦЕРНе.

В заключении, (глава девятая), подведены итоги исследований, представленных в диссертации.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах

1. S. Dubnička, A.Z. Dubničková and V.A. Meshcheryakov,
Pion form factor and its asymptotic behaviour,
Czech. J. Phys. **B29** (1979) 142.
2. A.Z. Dubničková and S. Dubnička,
Comments on the pion form factor and its asymptotic behaviour,

Czech. J. Phys. **B31** (1981) 241.

3. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, B.I. Khasin and P. Mášiar,
There is no equivalence between $\rho'(1250)$ and inelastic effects in $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$,
Czech. J. Phys. **B37** (1987) 815.
4. S. Dubnička, A.Z. Dubničková and Š. Dubnička,
The root-mean-square pion charge radii from the first two Soviet-American experiments are unreliable,
Z. Phys. **C15** (1982) 149.
5. A.Z. Dubničková, S. Dubnička,
Is there any chance of the electron-positron annihilation into deuteron-antideuteron cross-section to be measured on LEP?
Proc. of I.International Triangle Workshop JINR-CERN-IHEP,
World Scient. Publ., Singapore, (1991), p. 68.
6. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.E. Biagini and A. Castro,
The prediction of the behaviour of Λ -hyperon electromagnetic form factor,
Czech.J.Phys. **41** (1991) 1177.
7. A.Z. Dubničková, S. Dubnička,
Some new aspects of the unitary and analytic VMD model for electromagnetic structure of hadrons,
Comm.JINR E2-91-171,
Dubna (1991) and Proc.of XXVI.Rencontre de Moriond, 17-23 March, 1991,
Les Arcs, France, Frontieres (1991).

8. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, R. Baldini-Ferrolì,
The $e^+e^- \rightarrow \bar{n}n$ cross section predicted remarkably larger than the
 $e^+e^- \rightarrow \bar{p}p$ one
Proc. of the International Seminar 'QUARKS'90', Telavi (Georgia), Eds: V.A. Matveev et al, World Scient. Publ., Singapore (1991), p. 536;
Czech. J. Phys. **41B** (1991) 1075.
9. S.I. Bilenkaya, S. Dubnička, A.Z. Dubničková, and P. Stríženec,
Towards the results of global analyses of data on nucleon electromagnetic structure,
Nuovo Cim. **A105** (1992) 1421.
10. A.Z. Dubničková, S. Dubnička and Stríženec P.,
Naive model of electromagnetic structure of octet baryons,
Czech. J. Phys. **43** (1993) 1177.
11. A.Z. Dubničková, S. Dubnička and M.P. Rekalò,
Electromagnetic structure of Λ - hyperon at the scattering of high energetic Λ - hyperons on atomic electrons.
Nuovo Cim. **A107** (1994) 579.
12. A.Z. Dubničková, S. Dubnička and E. Krnáč,
An unambiguous way of an estimation of vector-meson-nucleon tensor coupling constants,
Phys.Lett. **B261** (1991) 127.
13. S. Dubnička, A.Z. Dubničková, P. Stríženec, M.P. Rekalò,
New look on the nucleon electromagnetic structure,
Proc. Hadron Structure'92 Int. Conference, Sept. 6-11, 1992, Stará Lesná, Czechoslovakia, Edit. Bruncko D. and Urbán J., Košice (1992), p.119-137.

14. A.Z. Dubničková, S. Dubnička and Stríženec P.,
New formulation of the unitary and analytic VMD model of nucleon electromagnetic structure,
Nuovo Cim. **A106** (1993) 1253.
15. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.P. Rekalò,
Another possibility of Conserved-Vector-Current hypothesis verification,
JINR Rapid communications, N6-92, Dubna (1992) p.18.
16. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.P. Rekalò,
Conserved-Vector-Current hypothesis and the $\bar{\nu}_e e^- \rightarrow \pi^0 \pi^-$ process,
Czech.J.Phys. **43** (1993) 1057.
17. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.P. Rekalò,
More profound verification of the CVC hypothesis by means of the $\bar{\nu}_e e^- \rightarrow \pi^0 \pi^-$ process,
Seventh International Seminar QUARKS '92, May 11-17, 1992, Zvenigorod, Russia; Eds: D.Yu. Grigorice, V.A. Matveev, V.A. Rubakov and P.G. Tinyakov,
World Scientific Publ. Co., Singapore (1993) 466-470.
18. S. Dubnička, A.Z. Dubničková and V. Wataghin,
Electromagnetic structure of octet baryons in the VMD model constrained by QCD asymptotics,
Proc. of Hadron Structure'94 Conf., September 19-23, 1994, Košice, Slovakia.

- 19 S.Dubnička, A.Z.Dubničková, J.Kraskiewicz, R.Raczka,
Unitarization of Körner-Kuroda model of electromagnetic structure of octet $1/2^+$ baryons,
Z. Phys. C68 (1995) 153.
20. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.P. Rekaló,
Investigation of the baryon electromagnetic structure by polarization effects in $e^+e^- \rightarrow B\bar{B}$ processes,
Nuovo Cim. A109 (1996) 241.
21. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.P. Rekaló,
Investigation of nucleon electromagnetic form factors in the unphysical region by means of the $\bar{N}N \rightarrow \pi l^+ l^-$ reactions,
Z. Phys. C70 (1996) 473.
22. S.Dubnička, P.Stríženec, A.Z.Dubničková,
Towards the $e^+e^- \rightarrow N\bar{N}$ processes in the framework of a new formulation of the unitary and analytic VMD model of nucleon electromagnetic structure,
In: Seventh International Seminar QUARKS '92. Singapore, World Scientific, 458-465 (1994)
23. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, P. Stríženec,
The lowest-order hadronic vacuum-polarization contribution to the anomalous magnetic moment of charged leptons,
Seventh International Seminar QUARKS '92, May 11-17, 1992. Zvenigorod,
Russia; Eds: D.Yu. Grigoriev, V.A. Matveev, V.A. Rubakov and P.G. Tinyakov,
World Scientific Publ. Co., Singapore (1993) 341-346.
24. A.Z.Dubničková, S.Dubnička, P.Stríženec,
An improved evaluation of hadronic contributions to the anomalous

lous magnetic moment of charged leptons,
Acta Phys. Slovaca 45 (1995) 467.

25. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, P. Stríženec,
New evaluation of hadronic contributions to the anomalous magnetic moment of charged leptons,
Proc. of the Workshop on physics and Detectors for DAΦNE, Frascati, April 4-7, 1995.; Eds: R. Baldini, F. Bossi, G. Capon, G. Pancheri, Frascati (1996).
26. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.P. Rekaló,
Electromagnetic structure of Λ -hyperon at the scattering of high-energetic Λ -hyperons on atomic electrons,
Nuovo Cimento A107 (1994) 579.
27. A.Z. Dubničková, S. Dubnička, M.P. Rekaló,
Isotopic structure of the electromagnetic current of $e^+e^- \rightarrow K\bar{K}$ and $\tau \rightarrow \nu_\tau K^0 K^-$ processes,
Preprint JINR, E2-95-188, Dubna (1995). submitted for publication to Z. Phys.C.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 ноября 1997 года.