

C-201

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.12.01

2-86-458

САРИКОВ  
Нематжан Алимжанович

СЛАБЫЕ РАСПАДЫ АДРОНОВ  
В КИРАЛЬНОЙ ТЕОРИИ

Специальность: 01.04.02 - теоретическая  
и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1986

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики  
Объединенного института ядерных исследований

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

В.Н. Первушин

Официальные оппоненты:  
доктор физико-математических наук,  
профессор

М.М. Мусаханов

кандидат физико-математических наук

А.А. Желтухин

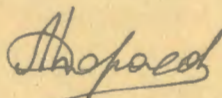
Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского  
государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Защита диссертации состоится "10" декабря 1986 г.  
на заседании Специализированного совета К047.01.01 Лаборатории  
теоретической физики Объединенного института ядерных исследований,  
г. Дубна, Московская область.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

*Автореферат разослан 31 октября 1986 г.*

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук



А.Е. Дорохов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Создание единой теории сильных и электро-слабых взаимодействий (так называемой "стандартной"  $SU_3 \times SU_2 \times U_1$  - теории) привело к значительному прогрессу физики элементарных частиц. Стандартная теория успешно описывает физику высоких энергий и является отправным пунктом для построения единой теории, включающей в себя и гравитацию. Вместе с тем, проблема низкоэнергетического описания адронов в рамках данной теории еще далека от полного решения. Здесь можно указать на трудности обоснования конфайнмента, описания спектра масс частиц, объяснения правил отбора в слабых нелептонных распадах адронов и т.д.

В последнее время появились аргументы в пользу того, что низкоэнергетическим пределом современной теории сильных взаимодействий - квантовой хромодинамики (КХД) - являются киральные феноменологические лагранжианы.

Метод киральных феноменологических лагранжианов (МКФЛ), развитый еще в 60-х годах, позволяет компактно аккумулировать экспериментальные чисто алгебраические соотношения, типа правил отбора, в простые и геометрически наглядные эффективные лагранжианы. МКФЛ позволяет без введения дополнительных феноменологических параметров, кроме масс частиц и констант взаимодействий, описать сильные и электро-слабые взаимодействия октета псевдоскалярных мезонов. Что касается барионов, то киральные токи (соответствующие генераторам группы киральной симметрии  $SU_N \times SU_N$ ), которые успешно описывают полуплептонные распады барионов, приводит к правильному результату лишь для четность нарушающей (S-волновой) части амплитуд слабых нелептонных распадов гиперонов. Поэтому в рамках МКФЛ возникает задача найти механизм, ответственный за четность сохраняющей (P-волновой) части амплитуд таких распадов. Актуальность данной проблемы подчеркивается еще и тем, что в настоящее время отсутствует удовлетворительное теоретическое описание имеющихся экспериментальных данных по слабым нелептонным распадам недавно открытых очарованных барионов. В частности, трудность описания этих распадов в стандартной теории связана проблемой больших расстояний в КХД. Заметим также, что даже в кварковых моделях пока не удается одновременно удовлетворительно описать имеющиеся экспериментальные результаты по нелептонным распадам очарованных барионов.

## Научная новизна и практическая ценность

В диссертации в рамках метода киральных феноменологических лагранжианов впервые описаны слабые нелептонные распады странных и низколежащих очарованных барионов. МКФД обобщен введением следующих киральных феноменологических лагранжианов:

- лагранжианов слабых барион-барионных переходов, сохраняющих  $P$ -четность с правилами отбора  $\Delta T = 1/2$ ,  $\Delta T = 1$  и  $\Delta T = \Delta S = \Delta C = 1$  для странных и очарованных барионов, соответственно;
- $SU_4 \times SU_4$  - кирально-инвариантного лагранжиана сильных взаимодействий псевдоскалярных мезонов и барионов с векторными и аксиально-векторными мезонами (феноменологический параметр  $F$ - и  $D$ -связей, содержащийся в этом лагранжиане, впервые в киральной теории, был определен из эмпирического правила Окубо - Цвейга - Иудзуки);
- лагранжиана, описывающего нарушение правила отбора  $\Delta T = 1$  в слабых нелептонных распадах очарованных адронов.

В рамках киральной теории впервые вычислены вероятности полуплептонных и нелептонных распадов легчайшего очарованного бариона  $\Lambda_c^+$ , для которого имеются первые экспериментальные данные. С использованием эффективного лагранжиана Весса - Зумино - Виттена киральных аномалий, обобщенного для  $SU_4$ -мультиплета адронов, вычислены амплитуды электрослабых распадов низколежащих очарованных мезонов. Впервые в МКФД оделана также оценка разности масс нейтральных очарованных  $D$ -мезонов.

Полученные результаты могут быть полезными при построении единой теории сильных и электрослабых взаимодействий, а также в практическом плане, для более эффективной постановки и обработки данных экспериментов, проводимых в ИФВЭ (Протвино) и ОИЯИ по поиску и изучению свойств очарованных частиц, а также исследованию законов сохранения в распадах  $K$ -мезонов.

### На защиту выносятся следующие результаты:

- Описание слабых нелептонных распадов гиперонов посредством кирального феноменологического лагранжиана, описывающего слабые барион-барионные переходы с изменением странности.
- Описание полуплептонных распадов низколежащих очарованных барионов с использованием  $SU_4 \times SU_4$  - киральных токов. Обоснование разумности приближения  $SU_4 \times SU_4$  - киральной симметрии для низкоэнергетической физики очарованных барионов.
- Описание слабых нелептонных распадов очарованных барионов с помощью метода киральных феноменологических лагранжианов, обобщенного введением лагранжианов слабых одночастичных барионных перехо-

дов и сильного взаимодействия спин-1 мезонов с  $0^-$ -мезонами и  $1/2^+$ - барионами.

- Киральное описание нарушения правила отбора  $\Delta T = 1$  в слабых нелептонных распадах очарованных адронов путем поворота киральных токов на угол Кабиббо вокруг 7-оси  $SU_4$  - пространства.
- Невозможность наблюдения эффектов  $CP$ -нарушения в радиационных распадах заряженных  $K$ -мезонов и очарованных мезонов на уровне точности современных экспериментальных данных.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения, содержит 72 страницы машинописного текста, включая библиографию из 101 наименования, 11 рисунков и 10 таблиц. Каждая глава включает в себя формулировку проблемы, ее решение и заключение.

Введение содержит общую постановку задачи, основные исходные предположения и краткое изложение диссертации по главам.

Глава I посвящена обсуждению киральных феноменологических лагранжианов. В § I приведены  $SU_4 \times SU_4$ -кирально-инвариантный лагранжиан для  $0^-$ -мезонов и  $1/2^+$ - барионов и адронные токи. Построен лагранжиан сильного взаимодействия векторных ( $V$ ) и аксиально-векторных ( $A$ ) мезонов с  $0^-$ -мезонами и  $1/2^+$ - барионами путем калибровочно-инвариантного обобщения  $SU_4 \times SU_4$ -инвариантного лагранжиана псевдоскалярных мезонов и барионов. Возникающие при этом феноменологические параметры - "универсальная" константа взаимодействия калибровочных полей (спин-1 мезонов) ( $g$ ) и константа смешивания  $F$ - и  $D$ -связей векторных мезонов и барионов ( $\theta$ ), фиксированы из ширины распада  $\rho \rightarrow \pi\pi$  и эмпирического правила Окубо - Цвейга - Иудзуки соответственно.

В § 2 рассмотрены лагранжианы слабого взаимодействия. Лагранжиан полуплептонного распада имеет вид произведения лептонного тока на киральные токи в форме Кабиббо. Лагранжиан слабого нелептонного взаимодействия состоит из двух частей: члена в форме "ток x ток"; и члена, описывающего одночастичные слабые переходы барионов, которые удовлетворяют правилам отбора  $\Delta T = 1/2$ ,  $\Delta S = 1$ ,  $\Delta C = 0$  и  $\Delta T = \Delta S = \Delta C = 1$  для странных и очарованных барионов соответственно. Последний лагранжиан построен из требования выполнения правил отбора и низкоэнергетических теорем алгебры токов. Предложен также феноменологический киральный лагранжиан, описывающий слабое нелептонное взаимодействие очарованных адронов с нарушением правила отбора  $\Delta T = 1$ . Он получен из слабого лагранжиана с правилом  $\Delta T = 1$  путем поворота киральных токов на угол Кабиббо вокруг 7-оси пространства  $SU_4$ .

В § 3 приведены лагранжианы электромагнитного взаимодействия, используемые для описания электрослабых распадов адронов.

В § 4 приведены эффективные лагранжианы киральных аномалий, дающих вклад в электрослабые распады странных и очарованных мезонов.

В главе II вычислены вероятности бета-распадов обычных барионов (с целью проверки киральных токов) и трехчастичные и четырехчастичные полулептонные распады легчайшего очарованного бариона  $\Lambda_c^+$ , для которого получены первые экспериментальные результаты.

В § I показано, что киральные токи с параметром  $F$ - и  $D$ -смешивания барионов и псевдоскалярных мезонов  $\alpha = 3/2$  правильно описывают полулептонные распады обычных барионов.

В § 2 при  $\alpha = 2/3$  рассмотрены трехчастичные и четырехчастичные полулептонные распады  $\Lambda_c^+$  - бариона, и показано удовлетворительное согласие вероятности бета-распада  $\Lambda_c^+$  с экспериментальным результатом по инклюзивному полулептонному распаду.

Глава III посвящена описанию слабых нелептонных распадов странных и очарованных барионов с использованием обобщенного метода киральных феноменологических лагранжианов. Показано, что МКФЛ без учета слабых барион-барионных переходов может описать лишь четность нарушающие ( $S$ -волновые) части слабых нелептонных распадов гиперонов. Путем подбора феноменологического параметра ( $G_{BB}$ ) лагранжиана двухбарионного слабого взаимодействия удается описать и четность, сохраняющую ( $P$ -волновую) часть амплитуды распадов.

В § 2 вычислены амплитуды и вероятности двухчастичных слабых нелептонных распадов  $\Lambda_c^+$  - бариона. При этом наряду с барионами включены также спин-1 мезонные полюсные вклады, позволяющие приближенно учесть зависимость формфакторов от импульса передачи. Показано, что относительные вероятности распадов находятся в удовлетворительном согласии с имеющимися экспериментальными данными.

В § 3 рассмотрен электрослабый распад  $\Lambda_c^+$  - бариона, представляющий интерес с точки зрения проверки феноменологического лагранжиана на одночастичных слабых переходах для очарованных барионов.

В § 4 вычислены амплитуды и вероятности двухчастичных слабых распадов очарованного бариона  $\Lambda_c^+$  на обычный барион и векторный мезон.

В § 5 вычислены вероятности трехчастичных нелептонных распадов  $\Lambda_c^+$  - бариона, которые оказались того же порядка величины, что и вероятности двухчастичных распадов.

Глава IV посвящена нелептонным слабым процессам, обусловленным нарушением правил отбора  $\Delta T = 1/2$  и  $\Delta T = 1$  и вкладом киральных аномалий.

В § I вычислены относительные вероятности слабых нелептонных распадов легких очарованных мезонов с нарушением правила  $\Delta T = 1$ . Показано, что относительные вероятности распадов (за исключением  $D^0 \rightarrow K^+ K^-$  и  $D^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ , которые, по-видимому, идут через виртуальные скалярные состояния), удовлетворяют экспериментальным данным.

В § 2 сделана оценка разности масс нейтральных  $D$ -мезонов, обусловленной различными виртуальными состояниями, в которые могут переходить эти мезоны. Показано, что разность масс в основном определяется полюсным вкладом одномезонных состояний.

В § 3 рассмотрены слабые радиационные распады  $K \rightarrow 2\pi\gamma$ , представляющие интерес для поиска  $CP$ -нарушения. Показано, что на уровне точности современных экспериментальных данных эффекты  $CP$ -нарушения в этих распадах не могут быть обнаружены.

В § 4 вычислены амплитуды электрослабых распадов (на два псевдоскалярных мезона и фотон) очарованных  $D$ - и  $F$ -мезонов.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Решена проблема описания слабых нелептонных распадов гиперонов в рамках киральной теории.

2. Проведено  $SU_4 \times SU_4$ -обобщение метода киральных феноменологических лагранжианов введением лагранжиана слабого барион-барионного перехода и лагранжиана сильного взаимодействия векторных и аксиально-векторных мезонов с псевдоскалярными мезонами и барионами.

3. Обоснована возможность применения  $SU_4 \times SU_4$ -киральной симметрии для описания низкоэнергетической физики очарованных адронов. В частности, показано, что обобщенный метод киральных феноменологических лагранжианов приводит для слабых распадов очарованного бариона  $\Lambda_c^+$  к результатам, удовлетворительно согласующимся с имеющимися экспериментальными данными.

4. Предложено киральное описание нарушения правила  $\Delta T = 1$  в нелептонных слабых распадах очарованных адронов, путем поворота киральных токов, входящих в слабый лагранжиан с  $\Delta T = 1$ , на угол Кабиббо вокруг 7-оси пространства  $SU_4$ . Показано, что разность масс нейтральных  $D$ -мезонов обусловлена доминирующим вкладом промежуточных одномезонных состояний, в которые могут переходить эти мезоны.

5. В рамках киральной теории показано отсутствие интерференции между амплитудами электрического и магнитного дипольных переходов в электрослабых распадах  $K$ -мезонов и очарованных  $D$ - и  $F$ -мезонов. Следствием этого, в частности, является невозможность обнаруже-

ния эффектов CP—нарушения в распадах  $K \rightarrow 2\pi\gamma$  на уровне точности современных экспериментальных данных.

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

- I. Калиновский Ю.Л., Первушин В.Н., Сариков Н.А. Нелептонные распады очарованных барионов в киральной теории.— Дубна, 1983 — 10 с. (Препринт/ОИЯИ: P2-83-100).
2. Первушин В.Н., Сариков Н.А. Метод феноменологических киральных лагранжианов и нелептонные распады странных и очарованных барионов.— Ядерная физика, 1985, т. 41, вып. 5 с. 1361-1366.
3. Первушин В.Н., Сариков Н.А. Киральный механизм нарушения правила  $\Delta T = 1$  в слабых нелептонных распадах очарованных адронов.— Дубна, 1985.—6с (Препринт/ОИЯИ: P-85-836).
4. Калиновский Ю.Л., Первушин В.Н., Сариков Н.А. Метод "жестких" мезонов в  $SU_4 \times SU_4$  — киральной теории.— Дубна, 1985.—10с. (Препринт/ОИЯИ: P2-85-951).
5. Бельков А.А., Сариков Н.А. Киральные аномалии в распадах каонов.— Серпухов, 1984.—10с (Препринт/ИФВЭ: 84-129).
6. Калиновский Ю.Л., Первушин В.Н., Сариков Н.А. Аномалии в радиационных распадах очарованных мезонов.— Дубна, 1986.—10с. (Препринт/ОИЯИ: P2-86-307).
7. Kalonovsky Y.L., Sarikov N.A., Takhtamyshev G.G. Semileptonic Decays of Ordinary and Charmed  $\Lambda_C^+$  Baryons in Chiral Theory.— Dubna, 1985.—6p (Preprint/JINR E2-85-737).
8. Калиновский Ю.Л., Сариков Н.А., Тахтамышев Г.Г. Полулептонные распады очарованного бариона  $\Lambda_C^+$  в методе феноменологических киральных лагранжианов.— Дубна, 1986.—6с. (Препринт/ОИЯИ: P2-86-365).
9. Pervushin V.N., Sarikov N.A. Nonleptonic Decays of Baryons in Chiral Theory.— Phys. Lett., 1986, v. 166, No 3, p. 351.
10. Бельков А.А., Первушин В.Н., Сариков Н.А. О структурном излучении в распадах  $K \rightarrow 2\pi\gamma$ . Дубна, 1985.—10с (Препринт/ОИЯИ: P2-85-106).
11. Калиновский Ю.Л., Первушин В.Н., Сариков Н.А. Нелептонные распады очарованного бариона в методе обобщенных киральных лагранжианов.— Дубна, 1986.—10с (Препринт/ОИЯИ: P2-86-308).
12. Бельков А.А., Калиновский Ю.Л., Первушин В.Н., Сариков Н.А. Киральное описание радиационных распадов заряженных каонов.— Ядерная физика, 1986, т. 44, вып. 3, с. 690-700.

Рукопись поступила в издательский отдел

8 июля 1986 года.