

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 530.1:001.1

АЛНАКЯН РУБЕН АМИКОВИЧ

ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ НЕЙТРАЛЬНЫХ  
ХИГГСОВСКИХ БОЗОНОВ И ТЯЖЕЛЫХ  
КВАРКОНИЕВ

Специальность: 01.04.02 - Теоретическая и математи-  
ческая физика

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Ереван-1988

Работа выполнена в Ереванском физическом институте

Научные руководители: член-корр. АН АрмССР, доктор физико-математических наук, профессор  
С.Г. МАТИНЯН  
кандидат физико-математических наук  
С.Г. ГРИГОРЯН

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,  
профессор М.П. РЕКАЛО  
(ХФТИ, Харьков)  
кандидат физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник  
А.Ю. ХОДЖАМИРЯН

Ведущая организация: Институт физики высоких энергий  
(Серпухов)

Защита диссертации состоится "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1988 г.  
на заседании Специализированного совета Д.034.03.01 по  
присуждению ученой степени доктора физико-математических  
наук при Ереванском физическом институте (375036, Ереван,  
ул. Маркаряна, 2), в 14 часов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕрФИ.

Автореферат разослан "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1988 г.

Ученый секретарь  
Специализированного совета,  
кандидат физ-мат. наук

В.А. Шахбазян

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние годы, особенно после обнаружения в ЦЕРНе  $W^\pm$  и  $Z^0$ -бозонов, резко возрос интерес к поиску и изучению свойств хиггсовских бозонов – последнего недостающего звена единой модели электрослабого взаимодействия (модели Глэшоу–Вайнберга–Салама).

Хиггсовские бозоны вводятся в модель электрослабого взаимодействия как для придания масс частицам при помощи механизма спонтанного нарушения симметрии, так и для обеспечения перенормируемости теории. В минимальной модели электрослабого взаимодействия (когда в теорию вводится один дублет хиггсовских бозонов) возникает только один нейтральный бозон ( $H^0$ -бозон), константа взаимодействия которого пропорциональна массе взаимодействующих с ним частиц. Это свойство  $H^0$ -бозона является главным критерием отбора механизмов его рождения. Поэтому основными являются механизмы рождения хиггсовских частиц тяжелыми калибровочными бозонами и тяжелыми кварками.

В диссертации исследуются механизмы рождения хиггсовских частиц в различных процессах (адрон-адронных столкновениях, распадах тяжелых кваркониев, а также распадах сверхтяжелых кварков). Изучаются также механизмы рождения тяжелых кваркониев (а именно,  $'P_c$ -чармония, боттомония, топония), что представляет интерес как для обнаружения еще не найденных состояний тяжелых кваркониев, так и для дополнительной проверки применимости квантовой хромодинамики (КХД) в исследуемых процессах.

Целью настоящей работы является изучение новых механизмов рождения хиггсовских бозонов в адрон-адронных столкновениях и распадах тяжелых кваркониев, а также рождение тяжелых кваркониевых систем в адрон-адронных и фотон-адронных столкновениях.

Научная новизна. Исследован механизм ассоциированного (с тяжелыми кварками) рождения  $H^0$ -бозонов в адрон-адрон-

ных столкновениях. Изучено поведение полного сечения этой реакции от начальной энергии сталкивающихся пучков  $\sqrt{s}$ , массы тяжелых кварков и массы хиггсовской частицы. Исследовано также поведение дифференциального сечения от поперечного импульса рожденного  $H^0$ -бозона, что дает дополнительную возможность для отстраивания от фоновых процессов, которые велики практически для любых механизмов рождения хиггсовских бозонов.

Исследовано рождение  $H^0$ -бозонов в слабых распадах сверхтяжелых кварков, рожденных в адрон-адронных столкновениях через механизм глюон-глюонного слияния.

Впервые изучены адронные распады  $C$ -четных тяжелых кваркониев с рождением хиггсовских скалярных и псевдоскалярных бозонов. Получены полные ширины этих распадов, изучены их дифференциальные распределения (например, по энергии  $H^0(p)$ -бозонов) и проведено их сравнение с трехфотонным распадом  $^3S_1$ -кваркониев.

Кроме того, изучены слабые распады сверхтяжелых кваркониев на пары  $Z^0 P^0$  и  $H^0 H^0$ , проведено сравнение ширины распадов  $^3S_1 \rightarrow Z^0 P^0$  с  $^3S_1 \rightarrow Z^0 H^0$ .

Впервые исследовано рождение  $^1P_1$ -состояния тяжелого кваркония (чармония, боттомония и топония) с большими поперечными импульсами в адрон-адронных и фотон-адронных столкновениях. Показано, что этот механизм дает богатое рождение  $^1P_1$ -чармония и боттомония в этих реакциях.

Практическая ценность. Результаты диссертации могут быть непосредственно использованы в экспериментах по поиску хиггсовских бозонов и тяжелых  $^1P_1$ -кваркониев в ЦЕРНе, на УНК, ТЕВАТРОНе и SSC.

Обнаружение хиггсовских бозонов и дальнейшее изучение их свойств дало бы исключительно важную информацию о хиггсовском механизме модели электрослабого взаимодействия и позволило бы окончательно убедиться в правильности этой модели.

Поиск и обнаружение  $^1P_1$ -кваркониев (чармониев, боттомониев, топониев) может дать дополнительную информацию о

применимости КХД в изученных процессах, а также о взаимодействии тяжелых кварков, образующих кварконий.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на теоретических семинарах Ереванского физического института, на сессиях ОЯФ АН СССР (1985 и 1986 гг.), на конференции молодых ученых ИТФ (г. Киев, 1985 г.), на рабочих совещаниях "Физика на УНК" (ИФВЭ, Протвино, 1985 и 1987 гг.), на Международной конференции "Физика на УНК" (ИФВЭ, Протвино, сентябрь 1987 г.), на рабочем совещании "Адроны-86" (Ужгород, 1986 г.).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано семь работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит II4 страниц машинописного текста, состоит из введения, трех глав, заключения, содержит 43 иллюстрации и III библиографических ссылок.

#### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обсуждается актуальность проблем, рассмотренных в работе, и дается краткий обзор содержания диссертации.

В первой главе предлагаются и исследуются новые механизмы рождения  $H^0$ -бозона в адрон-адронных столкновениях.

В § I.1, который носит вводный характер к первой главе, дан краткий обзор механизмов рождения хиггсовских бозонов в адрон-адронных столкновениях и  $e^+e^-$ -аннигиляции.

В § I.2 в рамках КХД партонной модели изучен механизм ассоциированного рождения  $H^0$ -бозонов с двумя тяжелыми кварками в адрон-адронных столкновениях. Изучено поведение полного сечения этой реакции от начальной энергии сталкивающихся пучков  $\sqrt{s}$ , массы тяжелых кварков  $m$  и массы хиггсовского бозона  $m_H$ . Оно оказалось не меньше других ассоциированных механизмов рождения хиггсовских бозонов в  $pp(\bar{p}\bar{p})$ -столкновениях. Исследовано также поведение дифференциального сечения от поперечного импульса рожденного

$H^0$ -бозона, что дает дополнительную возможность для отстраивания от фоновых процессов.

В § 1.3 исследовано рождение  $H^0$ -бозонов от слабых распадов сверхтяжелых кварков, рождаемых в адрон-адронных столкновениях. Получено сечение рождения в зависимости от массы тяжелого кварка и массы  $H^0$ -бозона.

Во второй главе предлагаются и исследуются новые механизмы рождения хиггсовских бозонов в распадах тяжелых кваркониев.

В § 2.1 дан краткий обзор механизмов рождения  $H^0$ - и  $P^0$ -бозонов в распадах тяжелых векторных кваркониев.

В § 2.2 изучены адронные распады  ${}^1S_0$ -кваркониев с рождением  $H^0$ - и  $P^0$ -бозонов, получены ширины этих распадов, изучены дифференциальные распределения по энергии  $H^0$  ( $P^0$ )-бозонов и проведено их сравнение со спектральным распределением Ора-Пауэлла.

В § 2.3 рассмотрен адронный распад  ${}^3P_1$ -кваркониев с образованием  $H^0$ -бозона. Получены полные ширины и дифференциальные распределения по энергии  $H^0$ -бозона в зависимости от массы хиггсовского бозона и массы тяжелого кварка.

В § 2.4 изучены распады сверхтяжелых кваркониев в пары  $Z^0 P^0$  и  $H^0 H^0$ . Вычислены ширины этих распадов, а также проведено сравнение ширины распада  ${}^3S_1 \rightarrow Z^0 P^0$  с ширинами распадов  ${}^3S_1 \rightarrow Z^0 H^0$ ,  $\gamma H^0$ .

В третьей главе диссертационной работы исследовано рождение  ${}^1P_1$ -кваркония с большими поперечными импульсами в  $pp$  ( $p\bar{p}$ ) и  $\gamma p$ -столкновениях при высоких энергиях.

В § 3.1 дан краткий обзор механизмов рождения различных состояний тяжелого кваркония ( ${}^1S_0$ ,  ${}^3S_1$ ,  ${}^3P_1$ ) в  $pp$  и  $p\bar{p}$ -столкновениях.

В § 3.2 получены полные сечения и дифференциальные распределения по поперечным импульсам для рождения  ${}^1P_1$ -кваркониев в  $pp$  ( $p\bar{p}$ )-столкновениях. Обсуждается также возможность рождения  ${}^1P_1$ -кваркониев через радиационные распады  ${}^2{}^1S_0$ -кваркониев, которые могут формироваться в механизме глюон-глюонного слияния в адрон-адронных столкновениях. Про-

ведено сравнение этих двух возможностей рождения  ${}^1P_1$ -кваркониев.

В § 3.3 рассмотрено рождение  ${}^1P_1$ -кваркониев в  $\gamma p$ -столкновениях.

В заключении перечислены основные результаты диссертационной работы.

На защиту выносятся следующие основные результаты, полученные в диссертации:

1. В рамках КХД партонной модели изучен механизм ассоциированного рождения  $H^0$ -бозона в реакции  $p\bar{p}(pp) \rightarrow H^0 F\bar{F}X$ , где  $F, \bar{F}$  - адроны, содержащие тяжелые кварки. Изучено поведение полного сечения этой реакции от начальной энергии сталкивающихся пучков  $\sqrt{S}$ , массы тяжелых кварков  $m$  и массы хиггсовской частицы  $m_H$ . Оно оказалось не меньше сечений других ассоциированных механизмов рождения. Так, при  $\sqrt{S} = 540$  ГэВ,  $m_H = 10$  ГэВ и  $m = 4.5$  ГэВ полное сечение достигает 20 пбн, а при  $\sqrt{S} = 2$  ТэВ и для тех же значений масс сечение равно 300 пбн.

2. Изучено дифференциальное сечение реакции  $p\bar{p}(pp) \rightarrow H^0 F\bar{F}X$  по поперечному импульсу рожденного  $H^0$ -бозона ( $p_H^\perp$ ). Показано, что хиггсовские частицы рождаются с большим поперечным импульсом и зависимость сечения от  $p_H^\perp$  своеобразна, что дает дополнительную возможность для отстраивания от фоновых процессов.

3. Исследованы слабые распады сверхтяжелых кварков с рождением хиггсовских бозонов  $Q \rightarrow q, WH^0$ . Получены ширины этих распадов в зависимости от массы  $H^0$ -бозона, а также от массы тяжелого кварка. Показано, что рожденные в  $pp$  ( $p\bar{p}$ )-столкновениях через механизм глюон-глюонного слияния сверхтяжелые кварки могут давать интенсивный источник тяжелых  $H^0$ -бозонов ( $m_H \geq 300$  ГэВ), сравнимый с рождением хиггсовских частиц такой массы в механизме слияния калибровочных бозонов.

4. Исследован механизм рождения  $H^0$ - и  $P^0$ -бозонов в адронных распадах тяжелого  $\eta$  ( ${}^1S_0$ )-кваркония. Получены полные ширины и дифференциальные характеристики для рожде-

ния  $H^0$ - и  $P^0$ -бозонов в зависимости от их масс и массы тяжелого кваркония. Показано, что для малых масс  $H^0$ -бозона ( $m_H \ll 10$  ГэВ) вероятность его рождения в адронных распадах кваркония выше, чем в радиационных распадах от механизма Вильчека, а для  $m_H$  в интервале  $10 + 30$  ГэВ вероятности этих распадов сравнимы.

Изучены дифференциальные распределения по энергии глюонов и проведено их сравнение со спектральным распределением Ора-Пауэлла.

$\eta$ -кварконий интенсивно рождается в  $pp$  ( $p\bar{p}$ )-столкновениях и последующий их адронный распад с рождением  $H^0$ - и  $P^0$ -бозонов дает хороший источник рождения хиггсовских частиц, сравнимый по сечениям с другими механизмами ассоциированного рождения хиггсовских скалярнов (для не очень больших масс  $H^0$ -бозона) в  $pp$  ( $p\bar{p}$ )-столкновениях.

5. Изучены дифференциальные характеристики и полные ширины для рождения  $H^0$ -бозона в адронных распадах тяжелых  $\chi_J$ -кваркониев ( $\chi_0, \chi_1, \chi_2$ ). Исследованы зависимости изученных характеристик от массы тяжелого кварка и хиггсовского бозона.

Показано, что наличие в конечном состоянии  $H^0$ -бозона приводит к тому, что увеличивается относительный вклад  $P$ -волновых состояний кваркония. Так, при  $m_H = 40$  ГэВ отношение вкладов ширины распадов  $P$ - и  $S$ -волн достигает  $\approx 40\%$ .

6. Исследованы распады сверхтяжелых кваркониев в пары  $H^0 H^0$  и  $Z^0 P^0$ . Так, распады  $\chi_0(^3P_0) \rightarrow H^0 H^0$  интересны для выделения и изучения вкладов, идущих от трехбозонных вершин взаимодействия ННН.

7. Исследовано рождение  $^1P_1$ -кваркониев (чармония, боттомония и топония) с большими поперечными импульсами в столкновениях  $pp$  и  $p\bar{p}$  пучков сверхвысоких энергий. Получены полные сечения и дифференциальные распределения по поперечным импульсам  $^1P_1$ -кваркония (чармония, боттомония и топония). Проведено их сравнение с рождением других состояний кваркония ( $^1S_0, ^3S_1$  и  $^3P_0$ ).

8. Рассмотрена возможность рождения  $^1P_1$ -кваркония из

радиационных переходов  $^2^1S_0$ -кваркония, который, в свою очередь, рождается через механизм глюон-глюонного слияния в  $pp$  ( $p\bar{p}$ )-столкновениях.

9. Исследовано рождение  $^1P_1$ -кваркониев в фотон-адронных столкновениях.

#### Результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Alanakyan R.A., Dulyan L.S., Grigoryan S.G., Matinyan S.G. Quark-gluon mechanism of  $H^0$ -boson associated production in  $pp(p\bar{p})$ -collisions.-Preprint EPI-807(34)-85, Yerevan, 1985. 21p.
2. Аланакян Р.А., Григорян С.Г., Матинян С.Г. К вопросу о рождении хиггсовского бозона в распадах тяжелого кваркония. - Ядерная физика, 1986, т. 43, вып. 5, с.1298-1302.
3. Аланакян Р.А., Григорян С.Г., Матинян С.Г. Еще раз к вопросу о рождении хиггсовского бозона в распадах тяжелого кваркония.  $\chi_J$ -кварконий. - Ядерная физика, 1986, т. 44, вып. 3(9), с. 701-708.
4. Alanakyan R.A., Grigoryan S.G., Matinyan S.G. Higgs boson production in hadronic decays of C-even quarkonia. - Preprint EPI-834(61)-85, Yerevan, 1985. - 40 p.
5. Alanakyan R.A., Grigoryan S.G., Matinyan S.G. Higgs boson production in hadronic decays of C-even quarkonia.- Phys. Lett.B, 1987, v.187, N.3,4, p.415-419.
6. Alanakyan R.A., Dulyan L.S., Grigoryan S.G., Matinyan S.G.  $^1P_1$  Heavy quarkonia production in hadron-hadron collisions. - Preprint EPI-959(9)-87, Yerevan, 1987. - 24 p.
7. Аланакян Р.А., Григорян С.Г., Дульян Л.С., Матинян С.Г. Рождение  $^1P_1$ -тяжелых кваркониев в адрон-адронных столкновениях. - ЯФ, 1988, т. 47, вып. 4.

Технический редактор А.С.Абрамян

---

Подписано в печать 04.10.88г. ВФ-03343 Формат 60x84  
Офсетная печать. Тираж 170 экз.  
Зак. тип. № 510.

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, ул.Братьев Алиханян 2