

Казахский национальный университет им. аль – Фараби

УДК 530.145:530.12; 537.8:530.145

На правах рукописи

**САЙДУЛЛАЕВА ГОЗЯЛ ГАЙНИДИНОВНА**

**Свойства тяжёлых и экзотических мезонов  
в релятивистской модели кварков**

6D060400 – Физика

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора философии (PhD) в области физики

Научные руководители  
доктор физико-математических наук,  
профессор Минал Динейхан,  
кандидат физико-математических наук,  
доцент Жаугашева С.А.  
Начальник сектора ОИЯИ ЛТФ доктор  
физико-математических наук,  
профессор Иванов М.А.

Республика Казахстан  
Алматы, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ</b> .....	3
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	4
<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b> .....	5
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	7
<b>1 КОВАРИАНТНАЯ МОДЕЛЬ КВАРКОВ</b> .....	21
1.1 Лагранжиан кварк – адронного взаимодействия .....	21
1.2 Определение константы связи из условия связности .....	24
1.3 Вычисление собственной энергетической диаграммы тетракваркового состояния .....	27
1.4 Инфракрасный конфайнмент .....	29
1.5 Параметры модели .....	33
1.6 Краткие выводы .....	37
<b>2 ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КВАРКОВ</b> .....	38
2.1 Введение калибровочной инвариантности электромагнитного взаимодействия .....	38
2.2 Лагранжиан адрон-фотон-кваркового взаимодействия, линейный по электромагнитному полю .....	40
2.3 Калибровочная инвариантность матричного элемента $V \rightarrow \gamma$ перехода ...	44
2.4 Краткие выводы .....	47
<b>3 ЭКЗОТИЧЕСКИЙ X(3872) МЕЗОН</b> .....	49
3.1 Некоторые детали экспериментальных исследований чармония .....	49
3.2 Открытие экзотического X(3872) –мезона .....	50
3.3 X(3872) –мезон в других экспериментах .....	52
3.4 Экспериментальные исследования квантовых чисел X(3872) –мезона .....	53
3.5 Распады X(3872) –мезона в очарованные мезоны .....	55
3.6 Интерпретация X(3872) –мезона и их проверки .....	56
3.7 Краткие выводы .....	59
<b>4 СИЛЬНЫЕ И РАДИАЦИОННЫЕ РАСПАДЫ X(3872) - МЕЗОНА</b> ...	61
4.1 Сильные распады $X \rightarrow J/\psi + 2\pi(3\pi)$ и $X \rightarrow D + \bar{D} + \pi$ .....	61
4.1.1 Матричные элементы переходов $X \rightarrow J/\psi + \rho(\omega)$ и $X \rightarrow D + \bar{D}^*$ .....	61
4.1.2 Определение ширины распадов X-мезона .....	63
4.1.3 Зависимость ширины распадов от размерного параметра X-мезона .....	65
4.2 Влияние X-мезона на поведение сечения диссоциации $J/\psi$ -мезона .....	67
4.3 Однофотонный распад $X \rightarrow \gamma + J/\psi$ .....	71
4.4 Краткие выводы .....	77
<b>5 ФОРМФАКТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЛЕПТОННЫХ, НЕЛЕПТОННЫХ И РЕДКИХ РАСПАДОВ <math>B(B_s)</math> МЕЗОНА</b> .....	79
5.1 Переходные формфакторы .....	79
5.2 Нелептонные распады $B_s$ -мезона .....	88
5.3 Краткие выводы .....	93
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЯ</b> .....	94
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	96

6D060400–Физика мамандығы бойынша философия ғылымдарының докторы  
(PhD) ғылыми дәрежесін алуға арналған диссертациясына

## **АНДАТПА**

**САЙДУЛЛАЕВА ГОЗЯЛ ГАЙНИДИНОВНА**

### **Релятивистік кварктік моделдегі ауыр және экзотикалық ядролардың қасиеттері**

**Тақырыптың өзектілігі:** Микроәлемді зерттеудегі өзекті мәселелердің бірі кванттық жүйелердің құрылымдық ерекшеліктерін зерттеу болып табылады. Микроәлемнің құрылымы бойынша және құрылымның қалыптасу механизмі бойынша ашылған әрбір жаңалық заманауи жаңа технологияның ашылуына алып келді. Қазіргі уақытта әлемдегі ірі халықаралық ғылыми орталықтарда адрондардың құрылымы, қалыптасуы мен әсерлесуіне кешенді түрде зерттеу жұмыстары жасалуда. Осы бағытта жұмыс жасайтын көптеген коллаборациялар пайда болды. Мысалы, үлкен адрондық коллайдер (ҰАК)-дәл осы адрондардың кварктік құрылымын және кварк-глюондық фазадан адрондық фазаға өтуді зерттейді.

Осы диссертациялық жұмыс адрондардың құрылымын, дәлірек айтқанда массасы 3872 МэВ болатын экзотикалық  $X(3872)$  мезонының кварктік құрылымы мен қасиеттерін зерттеуге арналған.

Қазіргі уақытта кварк-антикварктен және үш кварктен тұратын адрондардың кварктік құрылымы мен қасиеттері бойынша зерттеулер жеткілікті. Сондықтан  $X(3872)$  мезонын, алдымен “ $c$ ” кварктерінен тұратын кварк-антикварктің байланысқан күйі ретінде қарастырылды. Чармонидің спектрін релятивистік емес кварктік модельде есептеуге болатындығы белгілі. Ашық чармның пайда болу табалдырығынан төмен жататын күйлердің барлығы тәжірибе тұрғысынан анықталған. Ал табалдырықтан жоғары жататын бес күй белгілі: олардың бірі  $X(3872)$  мезоны анықталып, бірнеше коллаборациялардығы түрлі реакцияларда байқалған. Жаңа күйлер, атап айтқанда  $X(3872)$  мезон, өте тар болып табылады, ал оның массасы  $D - \bar{D}^*$  мезондарының пайда болу табалдырығына жақын. Берілген мәліметтер кварктік модельдің берген болжамдарына сәйкеспейді. Сондықтан,  $X(3872)$  мезоны  $c\bar{c}$  кварктерден тұруы мүмкін емес.

Чармонидің бірден-бір мүмкін болатын күйлері  $1D$  немесе  $2P$ . Алайда,  $1D$  күйі 3872 МэВ-тан айтарлықтай төмен жатыр, ал  $2P$  күйі аздап жоғары жатыр. Сондақтан әдебиеттерде  $X(3872)$  мезон адрондық молекула немесе тетракварк ретінде қарастырылып жүр.

**Жұмыстың мақсаты:**  $X(3872)$ -мезонның кварктік құрылымын және құрылу механизмін зерттеу, оның радиациялық ыдырауының енін және басқа да қасиеттерін анықтау.  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  өтуінің формфакторын берілетін импульстің барлық кинематикалық аймағында есептеу, келесі  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+$ ,  $D_S^{*-} D_S^{*+} + D_S^- D_S^{*+}$  және  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$  мезондардың лептондық емес ыдырауларының енін инфрақызыл конфайнментті ескере отырып, релятивистік кварктік модельде есептеу.

**Зерттеу нысаны:**  $X(3872)$  мезон – төрт кварктан тұратын байланысқан күй –тетракварк және  $B_S$ -мезоны.

**Зерттеу әдісі** теориялық болып табылады - ковариантты кварктік модель. Аталған модель адрондардың жоғары және төмен энергия кезіндегі қасиеттерін, әрекеттесуін сипаттауда тиімді кванттық-өрістік әдіс болып табылады. Бұл тәсілдің айрықша ерекшелігі оның көп кваркті күйлердің, яғни бариондарды, тетракварктарды және т.б. қарапайым кварк-антикварк жүйесі сияқты бір қатаңдық деңгейінде қарастыруға және сипаттауға мүмкіндік беретіндігі.

#### **Зерттеудің ғылыми жаңалығы:**

1. Алғашқы рет ковариантты кварктік модель инфрақызыл конфайнментпен төрт кваркті байланыс күйді сипаттау үшін қолданылды.

2. Алғашқы рет төрткварктік байланыс күй үшін Мандельстамның  $R$ -экспонентасы көмегімен электромагниттік әсерлесу енгізілді, ол калибрлік инварианттылықты қамтамасыз етеді. Бұл әдіс арқылы экзотикалық  $X(3872)$  мезонының бірфотондық ауысуы есептелді.

3. Алғашқы рет экзотикалық  $X \rightarrow J/\psi + 2\pi(3\pi)$  және  $X \rightarrow \bar{D}^0 + D^0 + \pi^0$  мезонының күшті ыдырау енін есептей отырып,  $X(3872)$  мезонын төрт кваркті байланысқан күй болатыны көрсетілді.

4. Алғашқы рет  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  өтуінің формфакторлары берілетін импульстің барлық кинематикалық аймағында есептелді.

$B_S \rightarrow D_S^- D_S^+$ ,  $D_S^{*-} D_S^{*+} + D_S^- D_S^{*+}$  және  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$  лептондық емес ыдырауларының ені анықталды.

#### **Диссертациялық жұмыстың нәтижелері:**

1)  $X$  мезонды тетракварк ретінде қарастыра отырып оның қасиеттеріне талдау жасалды.

2) Теориялық негіз ретінде инфрақызыл конфайнментті ескере отырып релятивистік кварктік моделі ұсынылды. Атаған модельді қысқаша ковариантты кварктік модель деп атайтын боламыз, ол модель оның мәнін түсіндіреді, себебі модель бөлшектердің пайда болуының өрістердің кванттық теориясына негізделіп жасалған.

3) Бұл моделдің шеңберінде радиациялық  $X \rightarrow \gamma + J / \psi$  ыдырауына егжей-тегжейлі талдау жасалды. Берілген өтудің матрицалық элементі есептеліп, оның калибрлік инварианттылығы дәлелденді. Кейін оның ыдырау ені анықталып, эксперимент нәтижелерімен сәйкестіктер табылды.

4) Инфрақызыл конфайнментті ескере отырып ковариантты кварктік модельде  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  өтуінің формфакторын берілетін импульстің барлық кинематикалық аймағында есептелді. Алынған нәтижелерді пайдалана отырып,  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+$ ,  $D_S^{*-} D_S^+ + D_S^- D_S^{*+}$  және  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$  лептондық емес ыдырауларының ені анықталды.

**Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы.** Қазіргі кезде үлкен адрондық коллайдер (CERN) және теватрон (Fermilab, USA) сияқты әлемнің ірі ғылыми орталықтарында адрондардың қасиетін және қалыптасу механизмін, яғни кварктан адрондық фазаға ауысуды зерттеу бағытында тәжірибелік зерттеулер қарқынды жүргізілуде. Сонымен қатар, ірі халықаралық бірлескен жобалар жүргізілуде: BaBar, Belle, CDF және DØ. Бұл тәжірибелік зерттеулерде, негізінен, ауыр В-мезондарының ыдыраулары мен экзотикалық күйлер зерттелуде. Ол зерттеулер стандартты модельден тыс жатқан жаңа физиканың пайда болуына жол ашуы мүмкін. Осы тәжірибелерде жоғары және төмен энергияда алынған нәтижелерді сипаттауға көптеген теориялық жұмыстар арналған. Дегенмен, бұл тәсіл, негізінен шектеулі ғана оқиғаларды ғана сипаттауға арналған. Сондықтан, бұл процестерді ортақ бір жолмен сипаттау үлкен теориялық қызығушылық тудырып отыр. Бұл зерттеулер микроәлемнің іргелі бөлшектерінің әрекеттесу механизмі мен құрылымын түсінуге мүмкіндік береді.

$X(3872)$ -мезоны экзотикалық күйлердің арасында бірегей орын алады. Қазіргі кезде  $X(3872)$  мезоны жан-жақты зерттелуде және анағұрлым көлемді тәжірибелік зерттеулерді күтуде. Чармонийдің қасиетіне ұқсас, жіңішке резонанс  $X(3872)$ , 2003 жылы Belle коллаборациясында  $B^\pm \rightarrow K^\pm \pi^+ \pi^- J / \psi$  реакциясы кезінде ашылды. Бұл резонанс  $\pi^+ \pi^- J / \psi$  ыдырауына ұшырайды және массасы  $m_X = 3872.0 \pm 0.6(\text{stat}) \pm 0.5(\text{syst}) \text{ МэВ}$  болып табылады, яғни бұл мән  $D$  және  $D^*$  мезондардың пайда болу табалдырығына өте жақын:  $M_{D^0} + M_{D^{*0}} = 3871.81 \pm 0.25 \text{ МэВ}$ . Оның ыдырау ені 2.3 МэВ 90% - тік сенімділік дәрежесінде. Бұл күй көп кешікпей BaBar коллаборациясында және Ферми лабораториясының CDF мен DØ тәжірибелерінде  $p\bar{p}$ -әрекеттесу кезінде расталды.

Қазақстандық теоретиктер осы бағыттар бойынша қарқынды түрде зерттеулер жүргізуде және ірі ғылыми орталықтардың ғалымдарымен тығыз жұмыс жасауда, ал алынған нәтижелер халықаралық деңгейде бәсекеге қабілетті болып табылады. Оған халықаралық импакт-факторы жоғары журналдарда жарияланған ғылыми мақалалар дәлел бола алады, және де

берілген диссертациялық жұмыстың жоғары ғылыми-техникалық деңгейін көрсетеді.

**Енгізілу деңгейі:** диссертация материалдары бойынша 22 баспа жұмыстары жарияланды (14 мақала және 8 тезис), оның ішінде 3 мақала Thomson Reuters мәліметтер базасына кіретін басылымдарда, 10 мақала ҚРБҒМ Білім және ғылым саласын бақылау бойынша комитеті ұсынған журналдарда, 7 тезис - халықаралық, соның ішінде 1-і алыс шетелдердегі конференциялардың материалдарында жарияланды.

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060400 – Физика

САЙДУЛЛАЕВА ГОЗЯЛ ГАЙНИДИНОВНА

### **Свойства тяжёлых и экзотических мезонов в релятивистской модели кварков**

**Актуальность темы.** Одной из актуальных проблем современных исследований микромира является изучение структурной особенности квантовых систем. Каждое открытие о структурных составляющих и знание механизма формирования микромира дали возможность создания современных высоких технологий. В настоящий момент в международных крупных научных центрах мира, интенсивно изучают структуру, образование и взаимодействие адронов. Появились многочисленные международные коллаборации по этим направлениям. В частности Большой адронный коллайдер (БАК) – работает именно над изучением кварковой структуры адронов и механизма перехода от кварк-глюонной фазы к адронной фазе.

Данная диссертационная работа посвящена изучению структуры адронов, а именно, изучению кварковой структуры и свойств экзотического  $X(3872)$  мезона, с массой 3872 МэВ.

В настоящий момент кварковая структура и свойства адронов, состоящих из кварк – антикварка и трех кварков, хорошо изучены. Поэтому, прежде всего, экзотический  $X(3872)$  – мезон рассматривали как кварк-антикварковое состояние, состоящего из “ $c$ ” кварков. Известно, что спектр чармония может быть вычислен в рамках нерелятивистской кварковой модели. Все предсказанные состояния чармония ниже порога рождения частиц с открытым чармом установлены экспериментально. Выше порога найдено только пять состояний: одно из них, названное  $X(3872)$ - мезоном, достаточно хорошо установлено и наблюдается в нескольких различных реакциях несколькими независимыми коллаборациями. Новые состояния, в частности  $X(3872)$ -мезон, являются очень узкими, а их массы близки к порогам рождения  $D - \bar{D}^*$  мезонов. Данные факты не согласуются с

предсказаниями кварковой модели. Таким образом,  $X(3872)$  – мезон не может состоять из  $c\bar{c}$  кварков.

Наиболее вероятными кандидатами могли бы быть  $1D$  или  $2P$  состояния чармония. Однако,  $1D$ -состояние лежит существенно ниже 3872 МэВ, а  $2P$  - состояние несколько выше. Поэтому в литературе интенсивно обсуждаются интерпретации  $X(3872)$  - мезона, либо как адронной молекулы, либо как тетракварка.

**Целью диссертации является** исследование кварковой структуры и механизма формирования связанного состояния  $X(3872)$  мезона, определение ширины его радиационного распада и других характеристик. Расчёт формфакторов  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  переходов во всей кинетической области квадрата переданного импульса, вычисление ширин нелептонных распадов следующих мезонов  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+$ ,  $D_S^{*-} D_S^+ + D_S^- D_S^{*+}$  и  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$  в рамках релятивистской кварковой модели с инфракрасным конфайнментом.

**Объект исследования:**  $X(3872)$  – мезон как связанное состояние четырех кварков – тетракварков и  $B_S$  - мезон.

**Методы исследования** являются теоретическими - ковариантная модель кварков. Эта модель является эффективным квантовополевым подходом к описанию свойств и взаимодействия адронов, как при высоких, так и при низких энергиях. Отличительной особенностью данного подхода является то, что многокварковые состояния, такие как барионы, тетракварки и т.д., могут быть рассмотрены и описаны на том же уровне строгости, как и простейшие кварк-антикварковые системы.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

5. Впервые ковариантная кварковая модель с инфракрасным конфайнментом была применена для описания четырехкваркового связанного состояния.

6. Впервые для четырехкваркового связанного состояния введено электромагнитное взаимодействие с помощью  $P$ - экспоненты Мандельстама обеспечивающей калибровочную инвариантность. В рамках данного подхода вычислен однофотонный переход экзотического  $X(3872)$  – мезона.

7. Впервые на основе вычисления ширины сильных распадов экзотического мезона  $X \rightarrow J/\psi + 2\pi(3\pi)$  и  $X \rightarrow \bar{D}^0 + D^0 + \pi^0$  показано, что  $X(3872)$  – мезон может являться четырехкварковым связанным состоянием.

8. Впервые были вычислены формфакторы  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  переходов во всей кинематической области квадрата переданного импульса. Были вычислены ширины нелептонных распадов  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+$ ,  $D_S^{*-} D_S^+ + D_S^- D_S^{*+}$ , и  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$ .

**Основные положения, выносимые на защиту**

1) Выполнен независимый анализ свойств  $X$ -мезона в предположении, что данное состояние является тетракварком.

2) В качестве теоретической основы предложена релятивистская модель конституэнтных кварков с учётом их конфайнмента. В дальнейшем используется более короткое название для этого подхода – ковариантная кварковая модель, которая больше отражает её суть, поскольку данная модель построена на основе квантовой теории поля с рождением частиц.

3) В рамках этого подхода был детально проанализирован радиационный распад  $X \rightarrow \gamma + J/\psi$ . Был вычислен матричный элемент данного перехода и доказана его калибровочная инвариантность. Затем была вычислена ширина данного распада и найдено согласие с существующими экспериментальными данными.

4) В рамках ковариантной кварковой модели с инфракрасным конфайнментом вычислены формфакторы  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  переходов во всей кинематической области квадрата переданного импульса. В качестве применения полученных результатов, вычислены ширины нелептонных распадов  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+$ ,  $D_S^{*-} D_S^+ + D_S^- D_S^{*+}$ , и  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$ .

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В настоящий момент в большом адронном коллайдере (CERN) и в теватроне (Fermilab, USA) экспериментально изучены механизм образования и распады адронов, т.е. переход от кварковой к адронной фазе. Также функционируют крупные международные совместные научные проекты как: BaBar, Belle, CDF и DØ. В этих экспериментах, в основном, изучаются распады тяжелых В-мезонов и экзотических состояний. Их изучение может привести к открытию новой физики, лежащей за пределами стандартной модели. Для описания экспериментальных результатов полученных, как при высоких, так и при низких энергиях используются многочисленные теоретические подходы. Однако, эти подходы, в основном, посвящены описанию лишь узкого круга событий. Описание единым образом этих процессов представляет большой теоретический интерес. Такого рода исследования дают возможность глубже понять структуру и механизм взаимодействия фундаментальных составляющих частиц микромира.

X(3872) мезон занимает уникальное место среди экзотических состояний. На данный момент X(3872) мезон широко изучается и требует всё более глубоких экспериментальных исследований. Узкий резонанс X(3872), схожий по свойствам с чармонием, был открыт в 2003 году коллаборацией Belle в реакции  $B^\pm \rightarrow K^\pm \pi^+ \pi^- J/\psi$ . Данный резонанс распадается на  $\pi^+ \pi^- J/\psi$  и имеет массу  $m_X = 3872.0 \pm 0.6(\text{стат}) \pm 0.5(\text{сист})$  МэВ, которая близка к порогу рождения  $D$  и  $D^*$  мезонов:  $M_{D^0} + M_{D^{*0}} = 3871.81 \pm 0.25$  МэВ. Было найдено, что его ширина меньше 2.3 МэВ на 90% уровне достоверности. Это состояние вскоре было подтверждено коллаборацией BaBar и в  $p\bar{p}$ -столкновениях в лаборатории Ферми на теватроне в экспериментах CDF и DØ.



Казахстанские теоретики также проводят интенсивные исследования по этим направлениям и тесно сотрудничают с учеными крупных научных центров, а полученные результаты вполне конкурентно способны на международном уровне. Об этом свидетельствуют научные публикации в международных журналах с высокими импакт-факторами, и, тем самым, подтверждают высокий научно-технический уровень данной диссертационной работы.

**Степень внедрения:** По материалам диссертации опубликованы 22 печатных работ (14 статей и 8 тезисов), из них 3 статьи опубликованы в изданиях, входящих в базу данных Thomson Reuters, 10- в журнале входящим в перечень, рекомендуемый ККСОН МОН РК, 7 тезисов опубликованы в материалах международных конференций, в том числе 1 дальнего зарубежья.

## ANNOTATION

of thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the  
“6D060400–Physics”

**SAIDULLAEVA GOZYAL GAINIDINOVNA**

Properties of the heavy and exotic mesons in a relativistic quark model

Actuality of the theme. One of the actual problems of modern research of micro worlds to study the structural features of quantum systems. Each discovery of structural composes and knowledge of the mechanism of formation of the microworld enabled the creation of modern high-tech. Now days in the large international research centers of the world are intensive studying the structure, formation and interaction of hadrons. There are numerous international collaborations in these areas. In particular, the Large Hadron Collider (LHC) –it works on the study of the quark structure of hadrons and the mechanism of the transition from the quark-gluon phase to the hadrons phases.

This dissertation devoted to the study of the structure of hadrons, namely, to study the quark structure and properties of exotic  $X(3872)$  meson, with a mass of 3872MeV.

Currently quark structure and properties of hadrons consisting of a quark-antiquark and three- quark are well understood. So first of all exotic  $X(3872)$  meson is treated as a quark- antiquark state, which consists of "c" of quarks. It is known that the spectrum of charmonium can be calculated within the framework of the non-relativistic quark model. All predicted charmonium below the threshold of production of particles with open charms at experimentally. Above the thresh old found only five states: one of them, called  $X(3872)$ -meson, quite well established and is observable in several different reactions by several independent collaborations. New states in particular  $X(3872)$ meson, is very narrow, and its

masses close to the thresholds of  $D - \bar{D}^*$  meson. These facts are not consistent with the predictions of the quark model. Thus,  $X(3872)$  -meson can not be composed of  $c\bar{c}$  quarks. The most likely candidates would be  $1D$  either  $2P$  charmonium states. However, the  $1D$  state is significantly below 3872 MeV, and the  $2P$  state is slightly higher. Therefore, in literature extensively discusses the interpretation of  $X(3872)$  meson as hadron molecules or as tetraquarks.

**The aim of the dissertation:** study the quark structure and mechanism of formation of a bound state of  $X(3872)$ -meson, definition of the width of its radiative decay and other characteristics, Calculation of the transition form factor of  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  transitions in a full kinetically region of the momentum transfer, the calculation of the width of the nonleptonic decays of mesons such as:  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+, D_S^{*-} D_S^+ + D_S^- D_S^{*+}$  and  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$  in the relativistic quark model with infrared confinement.

**The object of investigation:**  $X(3872)$ -meson as tetraquark bound state and  $B_S$  - meson.

**Methods of investigation** are theoretical - a covariant quark model. The covariant quark model is an effective quantum-field approach in description of the properties and interactions of hadrons, both at high and at low energies. A distinctive feature of this approach is that the multiquark states such as baryons tetraquark, etc., may be considered and described in the same level of rigor as simple quark-antiquark systems.

**Scientific novelty** including:

9. For the first time covariant quark model with infrared confinement was used to describe the four-quark bound state.

10. For the first time for four quark bound state introduced the electromagnetic interaction with the P-exponent Mandelstam ensures gauge invariance. As part of this approach is calculated one photon transition exotic  $X(3872)$  meson.

11. For the first time on the basis of calculating the width of the strong decays of the exotic meson  $X \rightarrow J/\psi + 2\pi(3\pi)$  and  $X \rightarrow \bar{D}^0 + D^0 + \pi^0$  showed that  $D$  meson can be a four-quark bound state.

12. For the first time we calculated the form factors  $B(B_S) \rightarrow P(V)$  transitions throughout the kinematic region of the square of the momentum transfer.

We calculated the width of the non-leptonic  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+, D_S^{*-} D_S^+ + D_S^- D_S^{*+}$ , и  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$  decays.

**The main results are including:**

1) Performed an independent analysis of the properties of the  $X$  meson assuming that the state is tetraquarks.

2) As a theoretical basis is used relativistic model of constituent quark staking into account their confinement. Further is used a shorter name for this approach-a covariant quark model, which reflects more of its essence, as this model is based on quantum field theory with particle production

3) In the framework of this approach has been analyzed in detail the radioactive decay  $X \rightarrow \gamma + J / \psi$ . Was calculated matrix element of this transition and it is proved its gauge invariance. Then we calculated the width of this decay and found an agreement with the experimental data.

4) In the framework of the covariant quark model with infrared confinement transition form factors are calculated in the whole kinematic region of the square of the momentum transfer. As an application of the results obtained, the widths of the non-leptonic  $B_S \rightarrow D_S^- D_S^+$ ,  $D_S^{*-} D_S^+ + D_S^- D_S^{*+}$ , and  $B_S \rightarrow D_S^{*-} D_S^{*+}$  decays are calculated.

Theoretical and practical meaningfulness of the work: At the present time, the major research centers in the world, such as LHC and Tevatron, intensively conduct experimental studies on the properties and mechanisms of formation of hadrons, i.e. the transition from quark to hadrons phases. There are also large international collaborations, such as BaBar, Belle, CDF and DØ. In these experiments are mainly studied exotic and rare decays of B-mesons, in which may be opened new laws of the micro world, in particular, chiral symmetry violation. To describe these experimental results obtained, both at high and at low energies it is devoted a lot of theoretical papers. However, these works are mainly devoted for describing only a narrow circle of events. Thereby, the description of in a unified way of these processes is of great theoretical interest. These studies provide an opportunity to understand the structure and mechanism of the interaction of the fundamental constituents of the micro particles.

X (3872) meson is unique among the exotic states. At the moment, the X(3872) meson is widely studied and requires more experimental researches. A narrow resonance X(3872), similar in properties to the charmonium, was opened in 2003 by Belle collaboration in the  $B^\pm \rightarrow K^\pm \pi^+ \pi^- J / \psi$  reaction. This resonance decays into  $\pi^+ \pi^- J / \psi$  and has a mass  $m_x = 3872.0 \pm 0.6(stat) \pm 0.5(syst) MeV$ , which is close to the threshold of production of  $D$  and  $D^*$  mesons. It has been found that its width is less than 2.3 MeV to 90% confidence level. This condition was soon confirmed by BaBar collaboration in  $p\bar{p}$ -collisions at the Tevatron at Fermilab in the CDF and DØ.

Kazakh theorists also conduct intensive research in these areas and work closely with scientists from major research centers, and the results are quite competitive on the international level. This is evidenced by scientific publications in international journals with high impact-factors, and thus shows a high technological level of this dissertation.

**Implementation degree:** the basic results of the dissertation are published in 22 papers (14 articles and 8 abstracts) 3 articles of them are published in the journals included in Thomson Reuters data base, 10 articles are published in the journals recommended by the Committee of control in the region of education and science of the DES of the Republic of Kazakhstan, 7 theses are published in the collected papers of international conferences including the distant abroad.