

УДК 539.12

О НАБЛЮДАЕМЫХ ЭФФЕКТАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ АДРОННЫХ РЕЗОНАНСОВ С КВАРК-ГЛЮОННОЙ ($gQ\bar{Q}$) И МУЛЬТИКВАРКОВОЙ ($6q$) ВАЛЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ

С. Б. Герасимов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова

Рассмотрены некоторые экспериментально наблюдаемые следствия существования экзотических гибридных ($gQ\bar{Q}$) и шестикварковых ($6q$)-резонансов. Вычислены характеристики лептонного распада низшего векторного ($g\bar{c}c$)-чармония и двухфотонного механизма образования и распада низшего ($6q$)-резонанса, образованного в протон-протонных столкновениях и не распадающегося на пару нуклонов, которые помогают идентифицировать и затем изучать экзотическую природу этих состояний.

Some experimental signatures of exotic hybrid ($gQ\bar{Q}$) and six-quark ($6q$)-resonances are discussed. The characteristics of the lowest ($g\bar{c}c$) hybrid vector charmonium leptonic decay and the two-photon mechanism of the production and subsequent decay of the NN -decoupled ($6q$)-resonance in proton-proton collisions are indicated that facilitate the identification and further study of the exotic nature of these resonances.

Идентификация и исследование экзотических мультикварковых и гибридных $gQ\bar{Q}$ -состояний могут дать принципиально важную и существенно новую информацию о непертурбативной КХД и кварк-глюонных взаимодействиях в несинглетных цветовых состояниях. Кроме того, гибридные кварк-глюонные конфигурации, присутствующие в тяжелых кваркониях, могут заметно влиять на взаимодействия тяжелых мезонов с легкими адронами (пионами, нуклонами) в ядерной среде и, следовательно, на надежность диагностики образования кварк-глюонной плазмы по ожидаемому уменьшению сечения образования тяжелых кваркониев в ультрарелятивистских ядро-ядерных столкновениях.

Для включения в явной форме глюонных степеней свободы в спектроскопию тяжелых кваркониев мы рассмотрели в рамках предложенных нами ранее релятивистских уравнений шредингеровского типа и адиабатического подхода, аналогичного подходу Борна–Оппенгеймера, свойства низших гибридных $\bar{Q}Qg$ -мезонов ($Q = c, b$) и оценили эффекты их смешивания с низлежащими векторными состояниями $\bar{c}c$ -чармония. Полученные при этом отношения лептонных ширин J/Ψ -, Ψ' -, $\Psi(4,04)$ - и $\Psi(4,16)$ -резонансов

хорошо согласуются с экспериментом. Удивительный факт приближенного равенства лептонных ширин $\Psi(4, 04)$ - и $\Psi(4, 16)$ -резонансов объясняется в рамках нашего подхода посредством когерентного сложения по отдельности малых примесных амплитуд $(1S)$ – $(3S)$ -состояний чармония в векторе состояния $\Psi(4, 16)$ -резонанса, являющегося доминантно-гибридным состоянием. В этом состоит качественное отличие результата нашего подхода от широко обсуждавшейся в литературе гипотезы случайной близости масс «теоретически чистых» состояний 3S_1 -чармония и гибридного мезона, которая приводила бы к равным по модулю амплитудам $(3S)$ - и гибридной $\bar{c}sg$ -конфигурации в векторах состояния физических $\Psi(4, 04)$ - и $\Psi(4, 16)$ -резонансов [1].

В качестве предпосылки к расчетам амплитуд каскадных адронных распадов тяжелых кваркониев и их взаимодействий с легкими адронами (пионами, нуклонами), был выполнен расчет коэффициентов цветовой поляризуемости пионов глюонным полем, которое формируется примесью умеренно-жестких «валентных» глюонов в низших по массе связанных состояниях чармониев. Амплитуда $\pi\pi gg$ -взаимодействия, пропорциональная коэффициентам глюонной поляризуемости пионов, дает, таким образом, определенный вклад в полную амплитуду взаимодействия пионов с тяжелыми кваркониями. В линейной σ -модели, включающей пионы, легкий (изо)скалярный σ (~ 600 МэВ)-мезон и конститuentные u - и d -кварки, были вычислены хромозлектрическая (α_g) и хромагнитная (β_g) поляризуемости пиона, и в пределе нулевых энергий (т. е. в приближении эффективного радиуса) сечение $\pi J/\Psi$ -взаимодействия найдено равным $\sigma(\pi J/\Psi) \simeq 1,9$ [1]. Отметим, что реакция пионов на приложенное хромозлектрическое и хромагнитное поле подобна реакции среды с «диэлектрическими» ($\alpha_g \leq 0$) и «парамагнитными» ($\beta_g \geq 0$) свойствами. При этом амплитуда пион-кваркониевого (например, пион-чармониевого) взаимодействия, обусловленная присутствием гибридной примеси, в области малых энергий имеет гладкое поведение и не проявляет быстрого падения при стремлении энергии к нулю, в отличие от механизма обмена мягкими глюонами, ответственного за взаимодействие ван-дер-ваальсовского типа.

В ряде работ, посвященных построению моделей киральных солитонов в секторе с барионным квантовым числом $B \geq 2$, была отмечена возможность существования нестранных дибарионов с массами ниже порога образования пионов и со строгим или приближенным запретом распадов на пару нуклонов. Доминирующей модой их распада тогда должны быть радиационные распады. Вычисление масс и ширин этих теоретически чрезвычайно интересных состояний на основе релятивистских волновых уравнений выглядит, однако, крайне ненадежным из-за отсутствия в настоящее время сколько-нибудь разработанных и обоснованных способов аналитического представления кваркового взаимодействия в b -кварковых системах. Поэтому основной акцент в разработке этой темы на данном этапе был нами сделан на феноменологическом рассмотрении и обосновании наиболее адекватного имеющимся

экспериментальным возможностям и условию надежной интерпретации метода поисков такого рода дибарионов. В этой связи нами был предложен новый способ поиска экзотически-узких низколежащих дибарионов в реакциях с испусканием двух фотонов при взаимодействии нуклонов промежуточных энергий [2, 3], который свободен от внутренне присущих трудностей всех использовавшихся ранее реакций с участием или образованием мультиадронных состояний. На основе этого метода сотрудничеством ДИБ2 γ (ОИЯИ) был выполнен эксперимент, обнаруживший характерную структуру в энергетическом спектре фотонов и свидетельствующий о существовании экзотического узкого дибариона с массой $\simeq 1950$ МэВ [4]. Этот результат демонстрирует новые возможности исследования ранее неизвестных мультикварковых состояний в физике адронов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gerasimov S. B.* On Valence Gluons in Heavy Quarkonia // Proc. of XI Intern. Conf. «Problems of Quantum Field Theory», Dubna, July, 13–17, 1998 / Ed. by B. M. Barbashov, G. V. Efimov, A. V. Efremov. 1999. P. 487–491; Proc. of Intern. Workshop on Hadron Physics: Effective Theories of Low Energy QCD, Coimbra, Portugal, Sept. 10–15, 1999 / Ed. by A. H. Blin et al. AIP, 2000. P. 265–272.
2. *Gerasimov S. B.* Two-Photon Processes in Two-Nucleon Systems as a Tool of Searching for Exotic Six-Quark Resonances // Proc. of the 14th Intern. Seminar on HEP Problems: Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics / Ed. by A. M. Baldin, V. V. Burov. Dubna, 2000. V. 1. P. 98–106.
3. *Gerasimov S. B.* Possible Exotic Resonance Effects in Two-Photon — Two-Nucleon Processes // Czech. J. Phys. 2001. V. 51.
4. *Boreiko V. F. et al.* Search for NN -Decoupled Dibaryons in the $pp \rightarrow \gamma\gamma X$ Reaction Below the Pion Production Threshold // Subm. to «Phys. Rev. C»; e-Print Archive: nucl-ex/0012011.