

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

3 (301)

МАМЫР – МАУСЫМ 2015 ж.

МАЙ – ИЮНЬ 2015 г.

MAY – JUNE 2015

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчеков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к е ң е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 20 – 27

**DETERMINATION OF THE CONSTITUENT MASS AND
THE MESON MASS VIA THE COMPLETE HAMILTONIAN**

G. Nurbakyt, S. E. Kemelzhanova, E. Makhabbat

Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: gumi-nur@mail.ru

Key words: the interaction hamiltonians, mass calibration in the field, the dimension of the space, the energy spectrum of the quantum oscillator, the optical trap.

Abstract. In this work mass spectrum of mesons consisting of light-heavy quarks was designed. The dependence of the constituent mass of the orbital quantum number was considered. Although that was not introducing of

the Cabibbo-Kobayashi-McAvoy matrix, all the characteristics have been determined by the constituent quark masses. In the calculations we took into account the singlet-octet mixing. The results coincide with the experimental data for both light and heavy quarks.

The main results of this paper are:

1. Analytically determined interaction potential with the relativistic correction. nonperturbative correction to the Hamiltonian of the interaction, which is related to the relativistic nature of the system, was determined.

2. To propose one of the alternatives accounting nonlocal nature of the interaction in determining the properties of hadrons at large constituent mass distances. The dependence on the radius of confinement was determined.

3. To determine the mass spectra of mesons consisting of light-light, heavy-heavy and light-heavy quarks in a unified manner, taking into account nonperturbative, non-local and non-potential nature of the interaction.

4. Determining the width of the lepton decay of vector mesons with the nonperturbative, relativistic and nonlocal nature of the interaction. The probability of a radiative transition mesons consisting of $(c\bar{c})$, $(b\bar{b})$ and $(c\bar{b})$ quarks, which is caused by the E1 transition.

УДК 539.12.01

ТОЛЫҚ ГАМИЛЬТОНИАНДЫ ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ МЕЗОНДАРЫҢ МАССАСЫН ЖӘНЕ КОНСТИТУЕНТТІ МАССАСЫН АНЫҚТАУ

Г. Нұрбақыт, С. Е. Кемелжанова, Е. Махаббат

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: әсерлесу гамильтонианы, келтірілген масса, калибрлік өріс, кеңістіктің өлшемділігі, энергиялық спектр, кванттық осциллятор, оптикалық тұзақ.

Аннотация. Жұмыста жеңіл-ауыр кварктардан тұратын мезондардың массалық спектрі есептеп табылды. Конституентті массаның орбиталды кванттық саннан тәуелділігі анықталды. Кабибо-Каваяшева-Макава матрицасы негізілмегенімен, сипаттамалары кварктердің конституентті массасы арқылы анықталды. Есептеулер кезінде октет синглетті араласу ескерілді. Бұл жеңілінен бастап ауырына дейінгі барлық кварктік құрылымдар үшін тәжірибелік нәтижелермен қанағаттанарлық сәйкестік тапты.

Бұл жұмыстың негізгі нәтижелері:

1. Релятивтік түзетудің әсерінен өзара әсерлесу потенциалы анықталды. Әсерлесудің релятивистік табиғаты мен гамильтонианға байланысты пертурбативті емес қосымша есептелінді.

2. Үлкен қашықтықта адрондардың қасиетін анықтау барысында әсерлесудің локальді емес сипаты есебінде альтернативті нұсқаулар ұсынылды. Конституентті массаның конфайнмент радиусына тәуелділігі анықталынды.

3. Өзара әсерлесудің локальді емес және потенциалды емес, пертурбативті емес жағдайындағы ауыр-жеңіл, аур-ауыр, жеңіл-жеңіл кварктардан тұратын мезон спектрлері анықталынды.

4. Өзара әсерлесудің релятивистік сипаты және локальді емес жағдайындағы пертурбативті емес сипатта векторлық мезондардың лептондық ыдырау ені анықталынды. E1 жүрімінің шарты арқылы $(c\bar{c})$, $(b\bar{b})$ және $(c\bar{b})$ кварктардан тұратын мезондардың радиациялық жүрімінің ықтималдылығы анықталынды.

Мақала мәтіні

Осцилляторлық өрнек (OӨ) нолдік жуықтауында, мынадай теңдеулер жүйесін аламыз:

$$E = \frac{\omega^{2\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)}{8\rho^2 \mu \cdot \Gamma\left(\frac{d}{2} + 2\rho - 1\right)} + \frac{\sigma}{\omega^\rho} \cdot \frac{\Gamma(4\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} - \frac{4\alpha_S \omega^\rho \Gamma(2\rho + 2\rho\ell)}{3\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} +$$

$$+ \frac{16\alpha_S \ell(\vec{S}_1 \vec{S}_2) \omega^{3\rho}}{9\mu_1 \mu_2} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} + \frac{\alpha_S \ell(\ell + 1) \cdot \omega^{3\rho}}{6\mu^2 \Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right) -$$

(1) формуласының жалғасы

$$-\left(\frac{1}{\mu_1^2} + \frac{1}{\mu_2^2}\right) \cdot \frac{\sigma(\bar{L}\bar{S})}{12} \cdot \frac{\omega^\rho \Gamma(2\rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} + \frac{\alpha_S}{3} \left[\frac{S_{12}}{\mu_1\mu_2} + \frac{(\bar{L}\bar{S})}{3} \left(\frac{1}{\mu^2} + \frac{2}{\mu_1\mu_2} \right) \right] \times \frac{\omega^{3\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)},$$

және төмендегі өрнектен осциллятордың жиілігі

$$\begin{aligned} & \omega^{3\rho} - \frac{4\rho^2 \mu \Gamma\left(\frac{d}{2} + 3\rho - 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} - \frac{16\alpha_S \mu \rho^2 \omega^{2\rho}}{3} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} + \rho - 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} + \frac{64\alpha_S \mu \rho^2 \ell (\bar{S}_1 \bar{S}_2) \omega^{4\rho}}{3\mu_1\mu_2} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\left(\frac{d}{2} + 1\right)} + \\ & + \frac{2\rho^2 \alpha_S \ell (\ell + 1) \cdot \omega^{4\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\mu} - \left(\frac{1}{\mu_1^2} + \frac{1}{\mu_2^2}\right) \cdot \frac{\sigma \mu \rho^2 \omega^{2\rho} (\bar{L}\bar{S})}{3} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2} + \rho - 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} + \\ & \omega \\ & + 4\rho^2 \alpha_S \mu \left[\frac{S_{12}}{\mu_1\mu_2} + \frac{(\bar{L}\bar{S})}{3} \left(\frac{1}{\mu^2} + \frac{2}{\mu_1\mu_2} \right) \right] \times \frac{\omega^{4\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2} - \rho - 1\right)}{\Gamma\left(\frac{d}{2} + 1\right)} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

μ_1, μ_2 және μ параметрлерінің функциясы ретінде.

μ_1, μ_2 массасы бар скаляр бөлшектердің әсерлесу гамильтонианы мына түрде жазылады:

$$H = \frac{1}{2\mu_1} P_1^2 + \frac{1}{2\mu_2} P_2^2 + V(r_1 - r_2), \quad (3)$$

Мұндағы $V(r_1 - r_2) - W_{i,j}$ арқылы анықталатын әсерлесу потенциалы, онда әсерлесу гамильтонианының меншікті мәні болып табылады [6], яғни

$$H\psi(r_1, r_2) = E(\mu_1, \mu_2)\psi(r_1, r_2). \quad (4)$$

Онда $\lim_{|x| \rightarrow \infty} J(\mu_1, \mu_2) \Rightarrow \exp\{-x \cdot E(\mu_1, \mu_2)\}$ өрнегінен минимум шартынан μ_j үшін мына теңдеуді аламыз [16]:

$$\mu_j - \frac{m_j^2}{\mu_j} + 2\mu_j \frac{dE(\mu_1, \mu_2)}{d\mu_j} = 0; \quad (5)$$

μ_1, μ_2 параметрлері массаның өлшемі. Алдағы есептеулерде жаңа параметр енгіземіз:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \quad (6)$$

Онда (5) өрнек мына түрде жазылады:

$$M = \mu_1 + \mu_2 + \mu \frac{dE}{d\mu} + E(\mu), \quad E(\mu_1, \mu_2) = E(\mu), \quad (7)$$

мұндағы

$$\mu_1 = \sqrt{m_1^2 - 2\mu^2 \frac{dE}{d\mu}}; \quad \mu_2 = \sqrt{m_2^2 - 2\mu^2 \frac{dE}{d\mu}}. \quad (8)$$

Біздің әдісімізде байланыс күйінің энергетикалық спектр мен толқындық функциясы Шредингер теңдеуінен μ конституенттік массасымен анықталады. Әсерлесудің релятивистік табиғатымен байланысты түзетумен емес, әсерлесу потенциалына тек түзетумен ғана емес, сонымен қатар (8) өрнекте μ_1 , μ_2 , параметрлері арқылы да ескеріледі. Сондықтан әр түрлі авторлар анықтаған атомдық және адрондық байланыс күйлерінің қасиетін сипаттау үшін стандартты потенциалдарды пайдаланып конституенттік массасы бар Шредингер теңдеуінен (ШТ) релятивистік түзету спектрін анықтаймыз [4, 5].

(5) өрнек және (6) өрнекке орай құрамға енетін массасы мен конституентті массасын анықтау үшін μ параметрі бойынша дифференциалдаймыз. Бірақ, байланыс энергиясы (БЭ) мен осциллятор жиілігі μ_1 , μ_2 және μ параметрлерінен тәуелді. Сондақтан, полярлық координаталар жүйесінде келесі түрде жазамыз:

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{\mu}}; \quad x = \frac{1}{\sqrt{\mu_1}}; \quad y = \frac{1}{\sqrt{\mu_2}}.$$

Сәйкесінше келесі түрде декарт координаталар жүйесіне өтеміз:

$$x = \rho \sin \varphi; \quad y = \rho \cos \varphi.$$

Онда, ρ бойынша дифференциалдау

$$\frac{\partial}{\partial \rho} = \frac{\partial \rho}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial \rho}{\partial y} \cdot \frac{\partial}{\partial y}$$

түрінде жазылады.

Полярлық координаталардағы бұрыш былай анықталады:

$$\sin \varphi = \frac{x}{\rho} = \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\mu_1}}; \quad \cos \varphi = \frac{y}{\rho} = \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\mu_2}}; \quad \sin^2 2\varphi = \frac{4\mu_1\mu_2}{(\mu_1 + \mu_2)^2}.$$

Онда, жоғарыдағыларды ескере отырып, μ параметрі бойынша дифференциалдауды келесі жолмен анықтаймыз:

$$\frac{d}{d\mu} = \frac{\mu_1}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \mu_1} + \frac{\mu_2}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \mu_2} \quad (9)$$

φ -ді анықтауға қажет болатын μ_1 , μ_2 параметрлерінің мәндерін бірдей кварктерден тұратын мезондардың массалық спектрін зерттеу кезінде анықтауға болады [7, 8]. Әр түрлі күйлер үшін $\sin^2(2\varphi)$ -функцияның мәні 1-кестесінде көрсетілген:

1-кесте – Әр түрлі күйлер үшін $\sin^2(2\varphi)$ -функцияның мәні

	ℓ	0	1	2	3
$(s\bar{u})$	$s = 0$	0,992875	0,999666	0,999774	0,999837
	$s = 1$	0,997759	0,999698	0,999736	0,999942
$(s\bar{c})$	$s = 0$	0,807754	0,808331	0,823756	0,840549
	$s = 1$	0,888376	0,820645	0,820192	0,832748
$(s\bar{b})$	$s = 0$	0,391901	0,403142	0,425912	0,45012
	$s = 1$	0,476458	0,414885	0,422155	0,441368
$(u\bar{c})$	$s = 0$	0,745768	0,79529	0,813268	0,831916
	$s = 1$	0,858996	0,808458	0,808788	0,827522
$(u\bar{b})$	$s = 0$	0,342526	0,395436	0,416274	0,441653
	$s = 1$	0,444421	0,403954	0,411805	0,436346
$(b\bar{s})$	$s = 0$	0,730952	0,744102	0,754503	0,76362
	$s = 1$	0,736189	0,744947	0,75398	0,762392

(9) өрнекті ескере отырып (1) өрнектен, азғантай ықшамдаулар жасағаннан кейін $\frac{dE}{d\mu}$ үшін төмендегі өрнекті аламыз:

$$\begin{aligned} \frac{dE}{d\mu} = & \frac{\omega^{2\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2}+1\right)}{8\rho^2 \mu \cdot \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \frac{32\alpha_S \ell (\bar{S}_1 \bar{S}_2) \omega^{3\rho}}{9\mu_1 \mu_2} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{d}{2}-\rho-1\right)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \frac{2\alpha_S}{6\mu^3} \times \\ & \times \frac{\ell(\ell+1) \cdot \omega^{3\rho}}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \Gamma(2\rho\ell) + \frac{2}{\mu} \left(\frac{1}{\mu_1^2} + \frac{1}{\mu_2^2} \right) \cdot \frac{\sigma(\bar{L}\bar{S})}{12} \cdot \frac{\omega^\rho \Gamma(2\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \\ & - \frac{\alpha_S}{3} \left[\frac{S_{12}}{\mu_1 \mu_2} + \frac{(\bar{L}\bar{S})}{3} \left(\frac{1}{\mu^2} + \frac{2}{\mu_1 \mu_2} \right) \right] \times \frac{2\omega^{3\rho} \Gamma\left(\frac{d}{2}-\rho-1\right)}{\mu \Gamma(3\rho+2\rho\ell)}. \end{aligned} \quad (10)$$

Ыңғайлы болу үшін ары қарай жасалатын есептеулер кезінде келесі параметризацияны енгіземіз, яғни өлшемсіз параметрлерге өтеміз

$$\omega^\rho = Z \cdot \sqrt{\sigma}; \quad \mu = x \cdot \sqrt{\sigma}; \quad x = Z \cdot u. \quad (11)$$

Спиндік әсерлесуді ескере отырып, синглеттік және триплеттік күйлер үшін аналитикалық нәтижелерді келтіреміз. Синглет күй үшін БЭ:

$$\begin{aligned} \frac{E_S}{\sqrt{\sigma}} = & \frac{Z_S^2 \Gamma(2+\rho+2\rho\ell)}{8\rho^2 x_S \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \frac{1}{Z_S} \frac{\Gamma(4\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \frac{4\alpha_S Z_S \Gamma(2\rho+2\rho\ell)}{3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \\ & - \frac{\alpha_S Z_S^3}{6x_S^2 \rho} \frac{\Gamma(1+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \cdot \sin^2(2\varphi_S) + \frac{\alpha_S Z_S^3 (1+\ell)}{12x_S^2 \rho} \frac{\Gamma(1+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)}, \end{aligned} \quad (12)$$

және триплет күй үшін:

$$\begin{aligned} \frac{E_t}{\sqrt{\sigma}} = & \frac{Z_t^2 \Gamma(2+\rho+2\rho\ell)}{8\rho^2 x_t \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \frac{1}{Z_t} \frac{\Gamma(4\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \frac{4\alpha_S Z_t \Gamma(2\rho+2\rho\ell)}{3 \Gamma(3\rho+2\rho\ell)} + \\ & + \frac{\alpha_S Z_t^3}{18x_t^2 \rho} \frac{\Gamma(1+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \sin^2(2\varphi_t) + \frac{\alpha_S Z_t^3 (1+\ell)}{12x_t^2 \rho} \frac{\Gamma(1+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} - \\ & - \frac{Z_t \ell}{24x_t^2} \frac{\Gamma(2\rho+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)} \left(1 - \frac{1}{2} \sin^2(2\varphi_t) \right) + \frac{\alpha_S Z_t^3}{18x_t^2 \rho} \left[\frac{\ell}{2\ell+3} \cdot \sin^2(2\varphi_t) + 1 \right] \times \frac{\Gamma(1+2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho+2\rho\ell)}. \end{aligned} \quad (13)$$

(1) өрнектен u параметрі үшін өрнек аламыз. Бұл теңдеу синглет күй үшін де, триплет күй үшін де былай жазылады:

$$1 - \frac{u\sqrt{u}}{\sqrt{\frac{m_1^2 u}{\sigma Z^2} + W}} - \frac{u\sqrt{u}}{\sqrt{\frac{m_2^2 u}{\sigma Z^2} + W}} = 0, \quad (14)$$

мұндағы параметрлер синглет күй үшін және триплет күй үшін сәйкесінше $u = u_S, u_t$, $Z = Z_S, Z_t$, $W = W_S, W_t$ түрінде жазылады.

Z_S және Z_t параметрлері мыаған тең болады

$$Z_S^2 = \frac{4\rho^2 \Gamma(4\rho + 2\rho\ell) u_S}{Z_{0S}};$$

$$Z_t^2 = \frac{4\rho^2 \Gamma(4\rho + 2\rho\ell) u_t + \frac{\rho^2 \ell}{3u_t} (\sin^4 \varphi_t + \cos^4 \varphi_t) \cdot \Gamma(2\rho + 2\rho\ell)}{\left[Z_{0t} + \frac{2\alpha_S \rho}{3u_t} \left[\frac{\ell}{2\ell + 3} \cdot \sin^2(2\varphi_t) + 1 \right] \Gamma(1 + 2\rho\ell) \right]}; \quad (15)$$

мұнда келесі белгілеулер қолданылған:

$$Z_{0S} = \Gamma(2 + \rho + 2\rho\ell) - \frac{16}{3} \alpha_S u_S \rho^2 \Gamma(2\rho + 2\rho\ell) - \frac{2\alpha_S \rho}{u_S} \Gamma(1 + 2\rho\ell) \cdot \sin^2 2\varphi_S + \frac{\alpha_S \rho(1 + \ell)}{u_S} \Gamma(1 + 2\rho\ell);$$

$$Z_{0t} = \Gamma(2 + \rho + 2\rho\ell) - \frac{16}{3} \alpha_S u_t \rho^2 \Gamma(2\rho + 2\rho\ell) - \frac{2\alpha_S \rho}{3u_t} \Gamma(1 + 2\rho\ell) \cdot \sin^2 2\varphi_t + \frac{\alpha_S \rho(1 + \ell)}{u_t} \Gamma(1 + 2\rho\ell).$$

W_S, W_t параметтері келесі жолмен анықталады:

$$W_S = \frac{u_S}{4\rho^2} \frac{\Gamma(2 + \rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} + \frac{2\alpha_S}{3\rho} \frac{\Gamma(1 + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} \cdot \sin^2(2\varphi_S) + \frac{\alpha_S(1 + \ell)}{3\rho} \frac{\Gamma(1 + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)},$$

$$W_t = \frac{u_t}{4\rho^2} \frac{\Gamma(2 + \rho + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} - \frac{2\alpha_S}{3\rho} \frac{\Gamma(1 + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} \sin^2(2\varphi_t) +$$

$$+ \frac{\alpha_S(1 + \ell)}{3\rho} \frac{\Gamma(1 + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)} + \frac{2\alpha_S}{9\rho} \left[\frac{\ell}{2\ell + 3} \cdot \sin^2(2\varphi_t) + 1 \right] \times \frac{\Gamma(1 + 2\rho\ell)}{\Gamma(3\rho + 2\rho\ell)}. \quad (16)$$

(12) және (13) көрсетілген теңдеулер элементар жолмен есептеледі, және біз құрамдас бөлшектедің массасын, конституентті массасын анықтай аламыз. Мұндай жағдайда, БЭ үшін жазылған өрнекті ескере отырып (6) өрнектен мезонның массасын анықтай аламыз [4, 5].

Мезондардың массасына меншікті энергияның қосатын үлесі

Құрамға енетін бөлшектердің әсерлесуі калибрлік өрістерді алмасу арқылы жүзеге асады, яғни біз қолданған әсерлесу потенциалы барлық мүмкін болатын Фейнман диаграммалары арқылы анықталады. Әсерлесудің екі түрі бар: біріншісі – құрамға енетін бөлшектердің калибрлік өріс арқылы әсерлесуі, ал ол алмасу диаграммалары арқылы жүзеге асады, екіншісі – құрамға енетін бөлшектердің өзара әсерлесуі, яғни меншікті энергия диаграммасы. Алмасу диаграммасы релятивистік емес жағдайда потенциалды әсерлесуге сәйкес келеді, ал меншікті энергия диаграммасы бөлшек массасының қайта нормалануын анықтайтын потенциалды емес әсерлесуге сәйкес келеді. Меншікті энергия диаграммасының енгізілуі [9] жұмыста егжей-тегжейлі қарастырылған және былай жазылады

$$\Delta H_{SE} = -\frac{6\sigma}{\pi} \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) \quad (17)$$

мұндағы μ_1 және μ_2 – құрамға енетін бөлшектердің конституентті массы, σ – струнаның созылуы. Меншікті энергия диаграммасын ескерген кездегі байланысқан күйдің массасы:

$$\frac{M}{\sqrt{\sigma}} = \frac{\mu_1}{\sqrt{\sigma}} + \frac{\mu_2}{\sqrt{\sigma}} + x \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{E}{\sqrt{\sigma}} \right) + \frac{E}{\sqrt{\sigma}} - \frac{6\sqrt{\sigma}}{\mu\pi}. \quad (18)$$

Алынған сандық есептеулер 2 және 3-кестеде көрсетілген.

2-кестеде – орбиталды қозған, $(s\bar{u})$ кварктерінен тұратын мезонның энергетикалық және массалық спектрі. БЭ мен массалары $\alpha_S = 0.39$ мәнінде GeV бірлігінде анықталған.

	ℓ	0 $\sigma=0.45 GeV^2$	1 $\sigma=0.225 GeV^2$	2 $\sigma=0.215 GeV^2$	3 $\sigma=0.2 GeV^2$
$S=0$	ρ_S	0.520	0.626	0.594	0.59
	u_S	0.4416	0.6049	0.7647	0.8604
	E_S	1.2826	1.4648	1.6761	1.8783
	μ_1	0.51403	0.58997	0.6416	0.6983
	μ_2	.05302	0.6041	0.6546	0.7103
	$M_{sp} (our)$	0.1684	1.2549	1.6988	2.0477
	$M_{sp} (exp)$		1.272±0.007		
$S=1$	ρ_S	0.522	0.563	0.569	0.573
	u_S	0.7536	0.7986	0.8727	0.9404
	E_S	1.0373	1.4813	1.6725	1.8681
	μ_1	0.7444	0.6573	0.6829	0.7287
	μ_2	0.7557	0.670	0.6952	0.7402
	$M_{sp} (our)$	0.9878	1.4189	1.7732	2.0896
	$M_{sp} (exp)$				

3-кестеде – орбиталды қозған, $(c\bar{u})$ кварктерінен тұратын мезонның энергетикалық және массалық спектрі. БЭ мен массалары $\alpha_S = 0.2$, $\sigma = 0.26 GeV^2$ мәндерінде GeV бірлігінде анықталған.

	ℓ	0	1	2	3
$S=0$	ρ_S	0.665	0.595	0.582	0.582
	u_S	0.5454	0.7715	0.8936	0.9742
	E_S	0.9688	1.4322	1.7775	2.0686
	μ_1	1.4201	1.4731	1.520	1.5645
	μ_2	0.4977	0.63336	0.736	0.8238
	$M_{sp} (our)$	1.815	2.443	2.8917	3.2644
	$M_{sp} (exp)$	1.8696±0.0002	2.422±0.0013		
$S=1$	ρ_S	0.533	0.562	0.571	0.574
	u_S	0.8005	0.8696	0.941	1.0104
	E_S	1.0185	1.4396	1.7744	2.0615
	μ_1	1.4395	1.4869	1.5318	1.575
	μ_2	0.55078	0.6649	0.76003	0.84368
	$M_{sp} (our)$	1.9346	2.4836	2.9115	3.2751
	$M_{sp} (exp)$	2.00697±0.0019	2.460		

ӘДЕБИЕТ

- [1] Berestetskii V.B., Lifshitz E.M., Pitaevskii L.P. // Quantum Electrodynamics, 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford, 1982.
- [2] Weinberg S.; The quantum theory of fields, Cambridge University Press, Cambridge. 1995.
- [3] Artega G.A., Fernandez F.M., Castro E.A. Large orderperturbation theory and summation method sinquantum mechanics // Lecture Notes in Physics. – 1990, Vol.53. – P.78.

- [4] Shifman M.A., Vainshtain A.I., Zakharov V.I. *Nucl. Phys. B.* 1979. V. 147.
 [5] Dosch H.G. *Phys. Lett. B.* 1987.V.190.P. 177; Dosch H.G. and Simonov Yu.A. *Phys. Lett. B.* 1988. V.205. P. 393. – P. 340-350(2005)
 [6] Adler S.L., Davis A.C. // *Nucl. Phys. B*244 (1984) 469.
 [7] Dineykhan M., Zhaugasheva S.A., Nurbakova G.S. Definition of mass spectrum of mesons whit spin-orbit. // International Bogolyubov Conference Problems of Theoretical and Mathematical Physics dedicated to the 100th anniversary of the birth of N.N. Bogolyubov (1909 - 1992), which will be held from 21 to 27 August 2009, at Moscow – Dubna. - P.123. M. Dineykhan, G.V. Efimov and Kh. Namsrai, Fortschr. Determination of the constituent masses and masses of mesons consisting of light quarks. *Phys.* 39, 259(1991).
 [8] Simonov Yu.A. // *Phys. Lett.B.* - 2001 .Vol.515. - P.137.

REFERENCES

- [1] Berestetskii V.B., Lifshitz E.M., Pitaevskii L.P. *Quantum Electrodynamics*, 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford, - 1982.
 [2] Weinberg S. *The quantum theory of fields*, Cambridge University Press, Cambridge. - 1995.
 [3] Artega G.A., Fernandez F.M., Castro E.A. *Large orderperturbation theory and summation method sinquantum mechanics*. Lecture Notes in Physics. – 1990, Vol.53. – P.78.
 [4] Shifman M.A., Vainshtain A.I., Zakharov V.I. *Nucl. Phys. B.* 1979. V.147.
 [5] Dosch H.G. *Phys. Lett. B.* 1987. V.190. P. 177.
 [6] Dosch H.G., Simonov Yu.A. *Phys. Lett. B.* 1988.V.205.P. 393.~с.340-350(2005).
 [7] Adler S.L., Davis A.C. *Nucl. Phys. B* 244 (1984) 469.
 [8] Dineykhan M., Zhaugasheva S.A., Nurbakova G.S. *Definition of mass spectrum of mesons whit spin-orbit*. International Bogolyubov Conference Problems of Theoretical and Mathematical Physics dedicated to the 100th anniversary of the birth of N.N. Bogolyubov (1909 - 1992), which will be held from 21 to 27 August 2009, at Moscow – Dubna. - P.123.
 [9] Dineykhan M., Efimov G.V., Namsrai Kh., Fortschr. *Determination of the constituent masses and masses of mesons consisting of light quarks*. *Phys.* 39, 259(1991).
 [10] Simonov Yu.A. *Phys. Lett. B.* - 2001 .Vol.515. - P.137.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТИТУЕНТНЫХ МАСС И МАСС МЕЗОНОВ С ПОМОЩЬЮ ПОЛНОГО ГАМИЛЬТониАНА

Г. Нурбакыт, С.Е. Кемелжанова, Е. Махаббат

Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: гамильтониан взаимодействия, приведенная масса, калибровочные поля, энергетический спектр, квантовый осциллятор, оптическая ловушка.

Аннотация. В работе был рассчитан массовый спектр мезонов состоящих из легких-тяжелых кварков. Определена зависимость конститuentной массы от орбитального квантового числа. Несмотря на то, что не была введена матрица кабиббо-кобаяши-макавы, все характеристики были определены посредством конститuentных масс кварков. При вычислениях мы учитывали октет-синглетное перемешивание. Результаты согласуются с экспериментальными данными как для легких, так и для тяжелых кварков.

Основными результатами данной работы являются:

1. Аналитически определен потенциал взаимодействия с учетом релятивистской поправки. Определена непертурбативная добавка к гамильтониану взаимодействия, которая связана с релятивистской природой системы.

2. Предложен один из альтернативных вариантов учета нелокального характера взаимодействия при определении свойств адронов на больших расстояниях. Определена зависимость конститuentной массы от радиуса конфинмента.

3. Определены массовые спектры мезонов, состоящих из легко-легких, тяжело-тяжелых и легко-тяжелых кварков единым образом, учитывая непертурбативный, нелокальный и непотенциальный характер взаимодействия.

4. Определена ширина лептонного распада векторных мезонов с учетом непертурбативного, нелокального и релятивистского характеров взаимодействия. Определена вероятность радиационного перехода мезонов, состоящего из $(c\bar{c})$, $(b\bar{b})$ и $(c\bar{b})$ кварков, которая обусловлена E1 переходом.

Поступила 25.02.2015 г.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

physics-mathematics.kz

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 9.06.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

15,7 п.л. Тираж 300. Заказ 3.