

NEWS

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

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 316 (2017), 67 – 77

**A.N. Issadykov^{1,2}, M.A. Ivanov¹, G.S. Nurbakova^{2,3},
G.G. Saidullaeva^{2,3}, S.B. Rustembayeva^{2,3}**⁽¹⁾Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation;⁽²⁾Scientific Research Institutes of Experimental and theoretical physics, Almaty, Republic of Kazakhstan;⁽³⁾Al -Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan)issadykov.a@gmail.com, g.nurbakova@gmail.com**CALCULATION OF B–S TRANSITION FORM FACTORS**

Abstract. In this paper we perform the straightforward calculation of the $B(B_s) \rightarrow S$ (S is a scalar meson) transition form factors in the full kinematical region within the covariant quark model. The diagram of the matrix element of $B \rightarrow S$ transition was shown. Calculation of form factors was carried out for different values of the parameter Λ_S . We varied this parameter in the interval $\Lambda_S \in [0.8, 1.5]$ GeV. Form factors are more sensitive to the choice of the parameter Λ_S at small values of the transferred momentum and less sensitive near the zero recoil. The numerical values of the obtained form factors are compared with the results of other theoretical approaches. We restrict ourselves to the scalar mesons below 1 GeV: $f_0(500)$, $f_0(980)$, $a_0(980)$ и $K_0^*(800)$ on the assumption that they are simple quark-antiquark states.

Keywords: Form factors, scalar meson, covariant quark model.

УДК 539.126.4

**А.Н. Исадыков^{1,2}, М.А. Иванов¹, Г.С. Нурбакова^{2,3},
Г.Г. Сайдуллаева^{2,3}, С.Б. Рустембаева^{2,3}**⁽¹⁾Объединенный Институт Ядерных Исследований, г. Дубна, Российская Федерация;⁽²⁾Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики,
г. Алматы, Республика Казахстан;⁽³⁾Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан)**ВЫЧИСЛЕНИЕ ФОРМФАКТОРОВ B–S ПЕРЕХОДА**

Аннотация. В данной работе в рамках ковариантной модели кварков вычислены формфакторы переходов $B(B_s) \rightarrow S$, где S есть скалярный мезон. Показана диаграмма матричного элемента $B \rightarrow S$ перехода. Поведение формфакторов получено во всей кинематической области квадрата переданного импульса. Вычисление формфакторов проводилось для разных значений параметра Λ_S . Мы варьировали этот параметр в интервале $\Lambda_S \in [0.8, 1.5]$ ГэВ. Формфакторы более чувствительны к выбору параметра Λ_S при малых значениях переданного импульса и менее чувствительны вблизи нулевой отдачи. Численные значения полученных формфакторов сравниваем с результатами других работ. Вычисления проведены для нонета скалярных мезонов с массами меньше 1 ГэВ ($f_0(500)$, $f_0(980)$, $a_0(980)$ и $K_0^*(800)$) в предположении, что они являются простейшими кварк-антикварковыми состояниями.

Ключевые слова: Формфакторы, скалярный мезон, ковариантная модель кварков.

Введение

В последнее время большое внимание было уделено изучению редкого распада B-мезона $B \rightarrow K^*(\rightarrow K\pi)\mu^+\mu^-$, происходящего за счет нейтральных токов с изменением флэйвора. Одной

из основных причин, вызвавших столь широкий интерес к данному распаду, явились экспериментальные данные по измерению угловых распределений, выполненные коллаборацией LHCb [1,2]. Оказалось, что имеется расхождение между измеренным значением для одной из наблюдаемых и соответствующим предсказанием СМ на уровне 3.7 стандартных отклонений. Много усилий было потрачено на возможное объяснение этого отклонения с помощью привлечения эффектов новой физики (НФ) [3-8].

Хорошо известно, что при описании эксклюзивных распадов тяжелых адронов, в частности таких, как редкие распады В-мезона, возможно разделить вклады малых расстояний (высоких энергий) от вкладов больших расстояний (низких энергий). Вклады малых расстояний вычисляются по теории возмущений Стандартной Модели, и поэтому погрешность вычислений находится под контролем. Оценка вкладов больших расстояний требует выхода за рамки теории возмущений или, другими словами, привлечения непертурбативных методов. Как следствие, возникает большая неопределенность при оценке теоретической погрешности при вычислении данных вкладов. Задача состоит в вычислении матричных элементов соответствующих кварковых токов в обкладках начального состояния и продуктов его распада в конечном состоянии.

Обычно матричные элементы полупертурбативных и редких распадов тяжелых адронов параметризуются с помощью скалярных функций, называемых формфакторами, которые зависят от квадрата переданного импульса лептонной пары. Вычисление формфакторов перехода $B \rightarrow K^*$ было выполнено во многих теоретических подходах и моделях. Перечислим некоторые из них: правила сумм КХД на световом конусе [9], стандартные правила сумм КХД [10], дисперсионная кварковая модель [11], простая параметризация формфакторов с помощью дипольного приближения [12], пертурбативная КХД в области больших отдач [13], релятивистская модель кварков [14], уравнения Дайсона-Швингера в КХД [15].

Формфакторы переходов B_s и D_s мезонов в скалярный мезон с большой массой $K_0^*(1430)$ были вычислены в рамках подхода, основанного на правилах сумм КХД [16], в рамках кварковой модели на световом конусе [17] и в рамках правил сумм КХД для трехточечных функций [18]. Формфакторы переходов В-мезона в скалярные мезоны были исследованы в рамках правил сумм КХД на световом конусе в работе [19] и в пертурбативной КХД в работе [20]. Используя эти формфакторы, были рассчитаны ширины распадов и брэнчинги полупертурбативных $B \rightarrow Sl\bar{\nu}$ и редких $B \rightarrow Sl^+l^-$ распадов.

Формфакторы перехода $B_s \rightarrow f_0(980)$ были вычислены в работе [21] с помощью правил сумм КХД на световом конусе в лидирующем порядке по сильной константе связи, а также была проведена оценка поправок, возникающих в следующем за лидирующим порядке. Правила сумм КХД на световом конусе были также использованы в работе [22] для вычисления формфакторов $B_s \rightarrow S$ переходов и затем для расчетов брэнчингов распадов $B \rightarrow Sl\bar{\nu}_l, \bar{l}l$ ($l = e, \mu, \tau$). Амплитуды распределения на световом конусе твиста 3 для скалярных мезонов были исследованы в работе [23] с помощью правил сумм КХД. Данные амплитуды были использованы при вычислении формфакторов $B \rightarrow S$ переходов с помощью введения соответствующих киральных токов в коррелятор. Формфакторы $B \rightarrow S$ переходов для двух нонетов скалярных мезонов, лежащих соответственно ниже и выше 1 ГэВ, были вычислены в работе [24] с учетом пертурбативных $O(\alpha_s)$ -поправок для амплитуд твиста 2 в рамках правил сумм КХД на световом конусе.

Легкие скалярные мезоны

SU(3) нонет скалярных мезонов ниже 1 ГэВ можно записать в следующей матричной форме:

$$\hat{S} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{i=0}^8 S^i \lambda^i, \quad (1)$$

где $\lambda^0 = \sqrt{\frac{2}{3}} I$.

Физические скалярные поля связаны с декартовым базисом следующим образом:

$$S^\pm = \frac{1}{\sqrt{2}} (S^1 \mp iS^2), \quad S^0 = S^3,$$

$$\begin{aligned}
S_S^+ &= \frac{1}{\sqrt{2}}(S^4 - iS^5), S_S^0 = \frac{1}{\sqrt{2}}(S^6 - iS^7), \\
S_S^- &= \frac{1}{\sqrt{2}}(S^4 + iS^5), \bar{S}_S^0 = \frac{1}{\sqrt{2}}(S^6 + iS^7), \\
S' &= S^0 \cos \theta_S + S^8 \sin \theta_S, S = -S^0 \sin \theta_S + S^8 \cos \theta_S,
\end{aligned} \quad (2)$$

где θ_S – угол октет-синглетного смешивания.

Кварковый ток, описывающий скалярные мезоны, записывается в виде:

$$\begin{aligned}
\Box_{S\bar{q}q} &= \bar{q}\hat{S}q \\
&= S^+ \bar{u}d + S^- \bar{d}u + S^0 \frac{1}{\sqrt{2}}(\bar{u}u - \bar{d}d) + S_S^+ \bar{u}s + S_S^0 \bar{d}s + S_S^- \bar{s}u + \bar{S}_S^0 \bar{s}d \\
&\quad + S' \left(\cos \delta_S \frac{1}{\sqrt{2}}(\bar{u}u + \bar{d}d) - \sin \delta_S \bar{s}s \right) \\
&\quad - S \left(\sin \delta_S \frac{1}{\sqrt{2}}(\bar{u}u + \bar{d}d) + \cos \delta_S \bar{s}s \right),
\end{aligned} \quad (3)$$

где $\delta_S = \theta - \theta_I$ и угол идеального смешивания $\theta_I = \arctan(1/\sqrt{2})$.

Далее используются следующие обозначения для скалярных мезонов ниже 1 ГэВ из PDG [25]:

$$\begin{aligned}
S_S &\equiv K_0^*(800), I(J^P) = \frac{1}{2}(0^+), m_{K_0^*(800)} = 682 \pm 29 \text{ МэВ}; \\
S &\equiv f_0(980), I^G(J^{PC}) = 0^+(0^{++}), m_{f_0(980)} = 990 \pm 20 \text{ МэВ}; \\
S' &\equiv f_0(500), I^G(J^{PC}) = 0^+(0^{++}), m_{f_0(500)} = 400 \div 550 \text{ МэВ}; \\
S^{\pm,0} &\equiv a_0(980), I^G(J^{PC}) = 1^-(0^{++}), m_{a_0(980)} = 980 \pm 20 \text{ МэВ}.
\end{aligned} \quad (4)$$

Кроме того, предполагается, что $\delta_S = 0$, чтобы обеспечить чистое $\bar{s}s$ состояние для $f_0(980)$ мезона.

$K_0^*(800)$ мезон имеет моды распада $K_0^*(800) \rightarrow K\pi$. Полная ширина распада мезона $\Gamma = 547 \pm 24$ МэВ [26, 27];

$f_0(980)$ мезон имеет моды распада $f_0(980) \rightarrow \pi\pi$ и $f_0(980) \rightarrow K\bar{K}$. Полная ширина распада мезона $\Gamma = 40 \div 100$ МэВ [26];

$f_0(500)$ мезон распадается на $f_0(500) \rightarrow \pi\pi, \gamma\gamma$. Полная ширина распада мезона $\Gamma = 400 \div 700$ МэВ [27];

$a_0(980)$ мезон (старое название δ мезон) легкий не имеющий «аромата» ($S = C = B = 0$) [28]. Квантовые числа мезона $I^G(J^{PC}) = 1^-(0^{++})$. Мезон состоит из смешанного состояния u, d и s кварков.

Масса мезона $m_{a_0(980)} = 980 \pm 20$ МэВ. Имеет моды распада $a_0(980) \rightarrow \eta\pi$ и $a_0(980) \rightarrow K\bar{K}$. Полная ширина распада $\Gamma = 50 \div 100$ МэВ. В данной работе использовались данные из PDG [25].

Формфакторы $B \rightarrow S$ перехода в ковариантной модели кварков

Диаграмма матричного элемента $B \rightarrow S$ перехода представлена на рисунке 1.

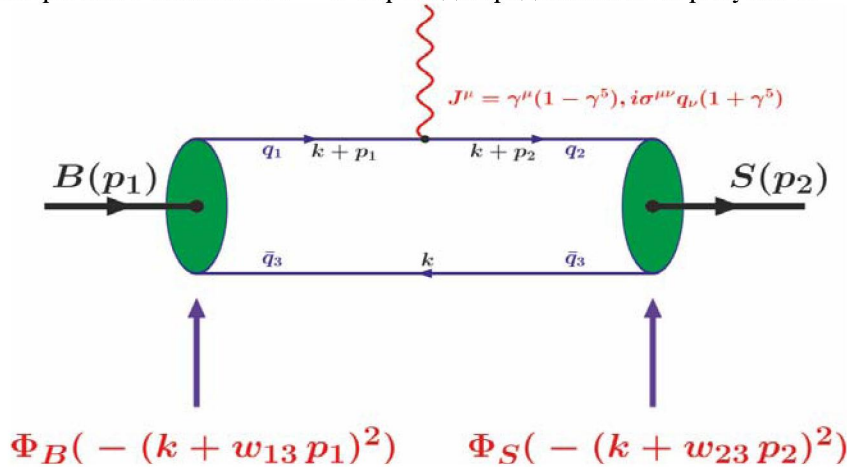


Рисунок 1 – Схематическое представление матричных элементов в уравнениях 5 и 6

Формфакторы определены как:

$$\begin{aligned} & \left\langle S_{[\bar{q}_3 q_2]}(p_2) \left| \bar{q}_2 O^\mu q_1 \right| B_{[\bar{q}_1 q_3]}(p_1) \right\rangle = \\ & = N_c g_B g_s \int \frac{d^4 k}{(2\pi)^4 i} \tilde{\Phi}_B \left(-(k + w_{13} p_1)^2 \right) \tilde{\Phi}_S \left(-(k + w_{23} p_2)^2 \right) \times \text{tr} \left[S_2(k + p_2) O^\mu S_1(k + p_1) \gamma^5 S_3(k) \right] = (5) \\ & = F_+^{BS}(q^2) P^\mu + F_-^{BS}(q^2) q^\mu, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left\langle S_{[\bar{q}_3 q_2]}(p_2) \left| \bar{q}_2 (i \sigma^{\mu\nu} q_\nu (1 + \gamma^5)) q_1 \right| B_{[\bar{q}_1 q_3]}(p_1) \right\rangle = \\ & = N_c g_B g_s \int \frac{d^4 k}{(2\pi)^4 i} \tilde{\Phi}_B \left(-(k + w_{13} p_1)^2 \right) \tilde{\Phi}_S \left(-(k + w_{23} p_2)^2 \right) \times \\ & \times \text{tr} \left[S_2(k + p_2) i \sigma^{\mu\nu} q_\nu (1 + \gamma^5) S_1(k + p_1) \gamma^5 S_3(k) \right] = \\ & = - \frac{1}{m_1 + m_2} (q^2 P^\mu - q P q^\mu) F_T^{BS}(q^2). \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь $p_i^2 = m_i^2$, $q_1 = b$, $q_2 = u, s, d$, и $q_3 = s, d$. Поскольку существуют три вида кварков, участвующих в этих процессах, введены обозначения с двумя индексами: $w_{ij} = m_{q_j} / (m_{q_i} + m_{q_j})$ m_{q_j} m_{q_j} ($i, j = 1, 2, 3$), так что $w_{ij} + w_{ji} = 1$ [29].

Численные результаты $B \rightarrow S$ перехода

На рисунках 2 и 3 приведены результаты наших численных расчетов, которые хорошо аппроксимируются следующей дипольной параметризацией:

$$F(q^2) = \frac{F(0)}{1 - as + bs^2}, \quad s = \frac{q^2}{m_1^2}. \quad (7)$$

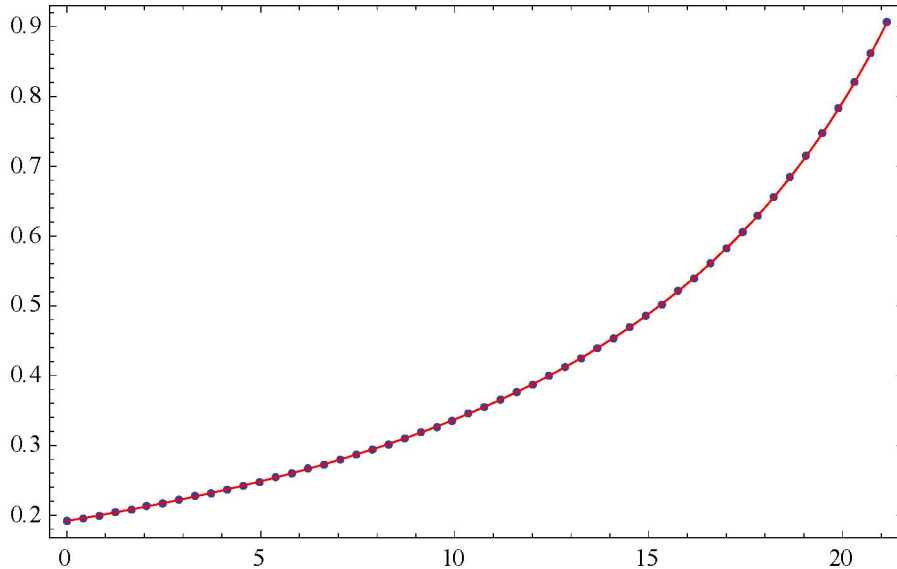


Рисунок 2 – Формфакторы, описывающие $B \rightarrow S$ переход, в зависимости от переданного импульса q^2 : точные численные результаты (синие пунктиры), аппроксимированные результаты (сплошная красная линия)

Значения $F(0)$, a и b были вычислены для разных значений параметра Λ_s . Мы варьировали этот параметр в интервале $\Lambda_s \in [0.8, 1.5]$. Результаты численных расчетов приведены в таблице 1.

На рисунках 4–8 приведены формфакторы $F_+(q^2)$, а на рисунках 9–11 показано поведение формфакторов $F_T(q^2)$ $B \rightarrow S$ переходов во всей кинематической области $0 \leq q^2 \leq q_{\max}^2$. Поведение $-F_-(q^2)$ очень похоже на $F_+(q^2)$, так что мы не приводим их графики. Можно видеть, что формфакторы более чувствительны к выбору Λ_S при малых q^2 и менее чувствительны вблизи нулевой отдачи.

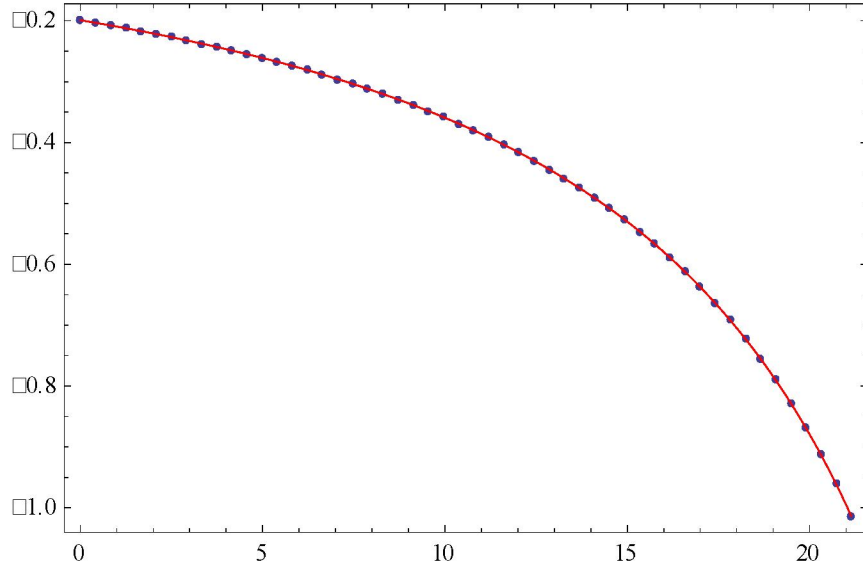


Рисунок 3 – Формфакторы, описывающие $B \rightarrow S$ переход, в зависимости от переданного импульса q^2 : точные численные результаты (синие пунктиры), аппроксимированные результаты (сплошная красная линия)

Таблица 1 – Параметры установленных переходных формфакторов $F(q^2)$ при $\Lambda_S = 0.8$ ГэВ и $\Lambda_S = 1.5$ ГэВ

		$\Lambda_S = 0.8$			$\Lambda_S = 1.5$		
$q_1 = q_2$	$B-S$	$F_+(0)$	a_+	b_+	$F_+(0)$	a_+	b_+
$b \rightarrow u$	$B_d^0 - a_0^+(980)$	0.144	1.624	0.585	0.192	1.433	0.381
$b \rightarrow u$	$B_s^0 - K_0^{*+}(800)$	0.138	1.667	0.674	0.274	1.258	0.292
$b \rightarrow s$	$B_s^0 - f_0(980)$	0.141	1.663	0.651	0.254	1.269	0.262
$b \rightarrow s$	$B_d^0 - K_0^{*0}(800)$	0.191	1.348	0.407	0.306	0.988	0.108
$b \rightarrow d$	$B_d^0 - f_0(500)$	0.120	1.448	0.485	0.210	1.067	0.155
		$\Lambda_S = 0.8$			$\Lambda_S = 1.5$		
$q_1 = q_2$	$B-S$	$-F_-(0)$	a_-	b_-	$-F_-(0)$	a_-	b_-
$b \rightarrow u$	$B_d^0 - a_0^+(980)$	0.049	2.144	1.196	0.089	1.723	0.688
$b \rightarrow u$	$B_s^0 - K_0^{*+}(800)$	0.138	1.727	0.734	0.268	1.291	0.310
$b \rightarrow s$	$B_s^0 - f_0(980)$	0.140	1.761	0.755	0.253	1.320	0.295
$b \rightarrow s$	$B_d^0 - K_0^{*0}(800)$	0.199	1.406	0.457	0.296	1.032	0.129
$b \rightarrow d$	$B_d^0 - f_0(500)$	0.116	1.504	0.536	0.191	1.110	0.180
		$\Lambda_S = 0.8$			$\Lambda_S = 1.5$		
$q_1 = q_2$	$B-S$	$F_T(0)$	a_T	b_T	$F_T(0)$	a_T	b_T
$b-s$	$B_s^0 - f_0(980)$	0.165	1.680	0.667	0.285	1.276	0.257
$b-s$	$B_d^0 - K_0^{*0}(800)$	0.206	1.367	0.423	0.306	1.005	0.113
$b \rightarrow d$	$B_d^0 - f_0(500)$	0.124	1.460	0.496	0.203	1.080	0.159

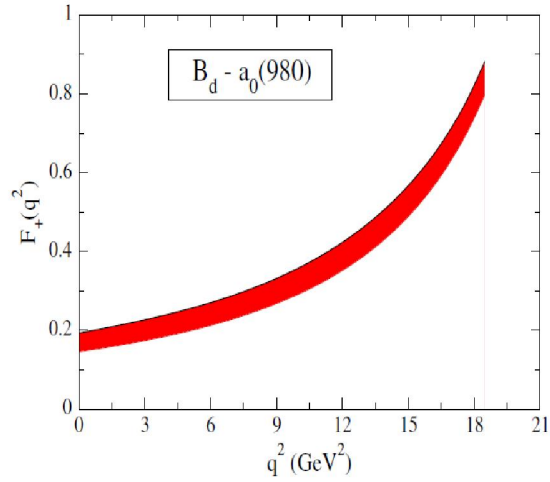


Рисунок 4 – $F_+(q^2)$ формфакторы для перехода $B_d^0 \rightarrow a_0^+(980)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_s = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_s = 0.8$ ГэВ соответственно

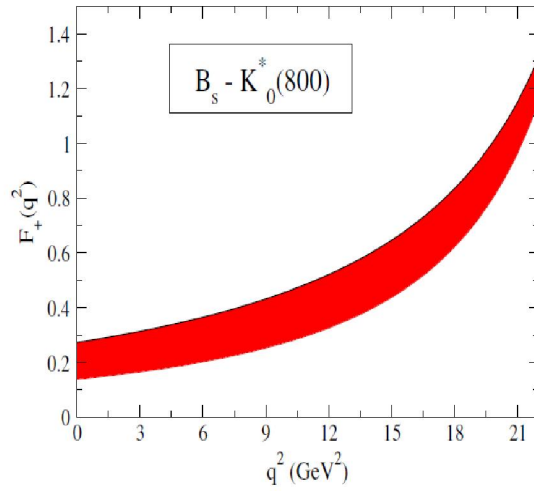


Рисунок 5 – $F_+(q^2)$ формфакторы для перехода $B_s^0 \rightarrow K_0^{*+}(800)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_s = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_s = 0.8$ ГэВ соответственно

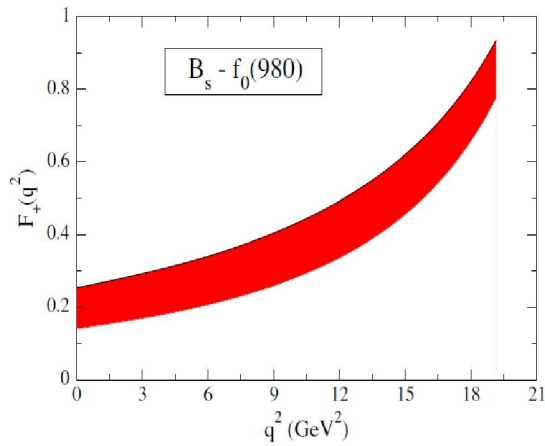


Рисунок 6 – $F_+(q^2)$ формфакторы для перехода $B_s^0 \rightarrow f_0(980)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_s = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_s = 0.8$ ГэВ соответственно

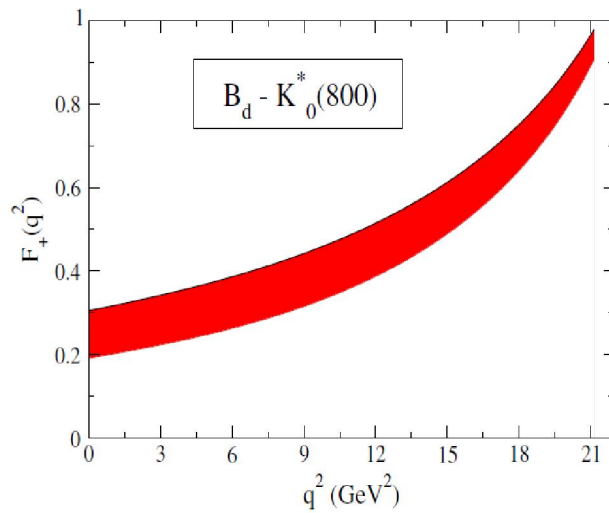


Рисунок 7 – $F_+(q^2)$ формфакторы для перехода $B_d^0 \rightarrow K_0^{*}(800)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_s = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_s = 0.8$ ГэВ соответственно

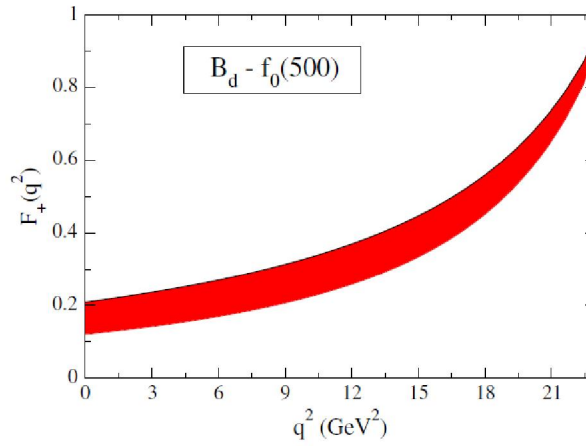


Рисунок 8 – $F_+(q^2)$ формфакторы для перехода $B_d^0 \rightarrow f_0(500)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_s = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_s = 0.8$ ГэВ соответственно

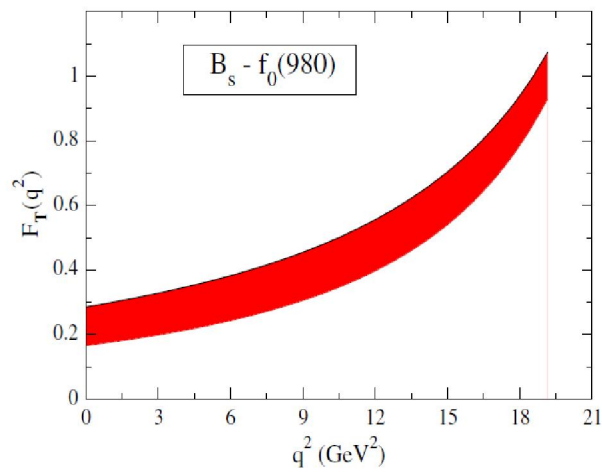


Рисунок 9 – $F_T(q^2)$ формфакторы для перехода $B_s^0 \rightarrow f_0(980)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_s = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_s = 0.8$ ГэВ соответственно

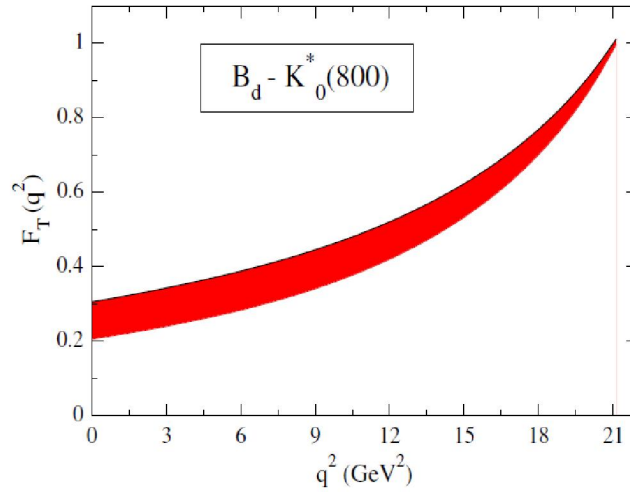


Рисунок 10 – $F_T(q^2)$ формфакторы для перехода $B_d^0 \rightarrow K_0^*(800)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_S = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_S = 0.8$ ГэВ соответственно

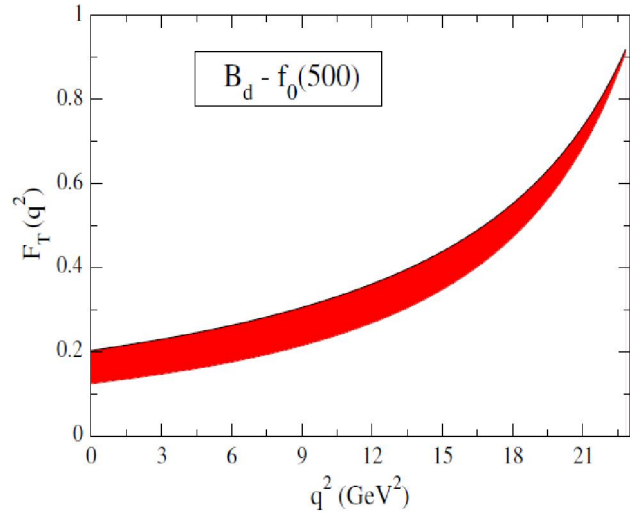


Рисунок 11 – $F_T(q^2)$ формфакторы для перехода $B_d^0 \rightarrow f_0(500)$.

Верхние и нижние края соответствуют значениям $\Lambda_S = 1.5$ ГэВ и $\Lambda_S = 0.8$ ГэВ соответственно

На сегодняшний день опубликовано несколько работ, посвященных $B \rightarrow S$ переходам [22, 24]. Мы приводим максимальные значения формфакторов в нашей модели и сравниваем их с результатами других работ в таблице 2.

Таблица 2 – Значения формфакторов при $q^2 = 0$ в ковариантной модели кварков (при $\Lambda_S = 1.5$ ГэВ) и других подходах

$B - S$	$F(0)$	Наша модель	[22]	[24]	[10]	[20]	[30]	[31]
$B_d^0 - a_0^+(980)$	$F_+(0)$	0.192	0.58	0.56				
$B_s^0 - K_0^{*+}(800)$	$F_+(0)$	0.274	0.44	0.53				
$B_s^0 - f_0(980)$	$F_+(0)$	0.254	0.45	0.44	0.19	0.35	0.12	0.40
	$F_T(0)$	0.285	0.60	0.58	0.23	0.40	-0.08	
$B_d^0 - K_0^{*0}(800)$	$F_+(0)$	0.306	0.50	0.46				
	$F_T(0)$	0.306	0.67	0.58				
$B_d^0 - f_0(500)$	$F_+(0)$	0.210						
	$F_T(0)$	0.203						

Выводы

В свете изучения неопределенности в полном угловом распределении распада $B \rightarrow K^*(\rightarrow K\pi)\mu^+\mu^-$, которая вызвана вкладом от промежуточного скалярного K_0^* резонанса, в данной работе в рамках ковариантной модели кварков вычислены формфакторы переходов $B(B_S) \rightarrow S$, где S есть скалярный мезон. Поведение формфакторов получено во всей кинематической области квадрата переданного импульса. Вычисления проведены для нонета скалярных мезонов с массами меньше 1 ГэВ ($f_0(500)$, $f_0(980)$, $a_0(980)$ и $K_0^*(800)$) в предположении, что они являются простейшими кварк-антикварковыми состояниями.

Благодарность

Данная статья выполнена в рамках грантового финансирования научных проектов Министерства образования и науки Республики Казахстан по теме 3092/ГФ4, номер государственной регистрации №0115РК01040, а также гранта «ЛП ВУЗа-2016».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] LHCb Collaboration, Aaij R. et. al. Measurement of Form-Factor-Independent Observables in the Decay" // Phys.Rev.Lett. – 2013.–Vol.111, №19. –P.191801 // arXiv: 1308.1707 [hep-ex] Godfrey S. and Napolitano J. // Rev. Mod. Phys. 71, 1411 (1999), [arXiv:hep-ph/9811410].
- [2] Aaij R. et. al. Differential branching fraction and angular analysis of the decay // Journal of High Energy Physics – 2013. –Vol.1308. –P.131 // arXiv: 1304.6325 [hep-ex].
- [3] Altmannshofer W., Straub D.M. New physics in $b \rightarrow s$ transitions after LHC run 1 //Eur.Phys.J. C – 2015. –Vol.75, №8. –P.382 // arXiv: 1411.3161 [hep-ph].
- [4] Descotes-Genon S. et. al. Implications from clean observables for the binned analysis of $B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$ at large recoil // Journal of High Energy Physics – 2013. –Vol. 1301. –P.048 // arXiv: 1207.2753 [hep-ph].
- [5] Hurth T. and Mahmoudi F. On the LHCb anomaly in $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ // J. High Energy Phys. – 2014. –Vol. 1404. –P.097 // arXiv: 1312.5267 [hep-ph].
- [6] Datta A., Duraisamy M. and Ghosh D. Explaining the $B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$ data with scalar interactions // Phys.Rev. D – 2014. –Vol. 89, №7. –P.071501 // arXiv: 1310.1937 [hep-ph].
- [7] Bobeth C., Hiller G. and van Dyk D. General analysis of $B^- \rightarrow K^-(*) \ell^+ \ell^-$ decays at low recoil // Phys.Rev. D – 2013. –Vol. 87, №3. –P.034016 // arXiv: 1212.2321 [hep-ph].
- [8] Mandal R., Sinha R. and Das D. Testing New Physics Effects in $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ // Phys.Rev. D – 2014. –Vol. 90, №9. –P.096006 // arXiv:1409.3088 [hep-ph].
- [9] Ali A. et. al. A Comparative study of the decays $B \rightarrow (K, K^*) \ell^+ \ell^-$ in standard model and supersymmetric theories // Phys. Rev. D – 2000. –Vol. 61. –P.074024.
- [10] Colangelo P. et. al. QCD sum rule analysis of the decays $B \rightarrow K \ell^+ \ell^-$ and $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ // Phys.Rev. D – 1996. –Vol. 53. –P.3672-3686 // Erratum: Phys.Rev. D – 1998. –Vol. 57. –P.3186.
- [11] Melikhov D., Nikitin N. and Simula S. Rare exclusive semileptonic $b \rightarrow s$ transitions in the standard model // Phys.Rev. D – 1998. –Vol. 57. –P.6814-6828.
- [12] Aliev T. M., Ozpineci A. and Savci M. Exclusive $B \rightarrow K^* \text{ lepton}^+ \text{ lepton}^-$ decay with polarized K^* and new physics effects // Phys.Lett. B – 2001. –Vol. 511. –P.49-58.
- [13] Chen C.H. and Geng C.Q. Analysis of $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ decays at large recoil region // Nucl.Phys. B – 2002. –Vol. 636. –P.338-364.
- [14] Ebert D., Faustov R.N. and Galkin V.O. Rare Semileptonic Decays of B and Bc Mesons in the Relativistic Quark Model // Phys.Rev. D – 2010. –Vol. 82. –P.034032 // arXiv: 1006.4231 [hep-ph].
- [15] Ivanov M.A. et. al. B- to light-meson transition form-factors // Phys.Rev. D – 2007. –Vol. 76. –P.034018.
- [16] Yang M.Z. Semileptonic decay of B and D $\rightarrow K^* 0 (1430) \text{ anti-} \ell^+ \ell^-$ from QCD sum rule // Phys.Rev. D – 2006. –Vol. 73. –P.034027 // Erratum: Phys.Rev. D – 2006. –Vol. 73. –P.079901.
- [17] Chen C.H. et. al. Study of $B \rightarrow K^*(0)(1430) \ell^+ \ell^-$ decays // Phys.Rev. D – 2007. –Vol. 75. –P.074010.
- [18] Aliev T.M., Azizi K. and Savci M. Analysis of rare $B \rightarrow K^*(0)(1430) \ell^+ \ell^-$ decay within QCD sum rules // Phys.Rev. D – 2007. –Vol. 76. –P.074017 // arXiv:0710.1508 [hep-ph].
- [19] Wang Y.M., Aslam M.J. and Lu C.D. Scalar mesons in weak semileptonic decays of B(s) // Phys.Rev. D – 2008. –Vol. 78. –P.014006 // arXiv:0804.2204 [hep-ph].
- [20] Li R.H. et. al. B $\rightarrow S$ Transition Form Factors in the PQCD approach // Phys.Rev. D – 2009. –Vol. 79. –P.014013 // arXiv:0811.2648 [hep-ph].
- [21] Colangelo P., De Fazio F. and Wang W. $B_s \rightarrow f_0(980)$ form factors and B_s decays into $f_0(980)$ // Phys.Rev. D – 2010. –Vol. 81. –P.074001 // arXiv:1002.2880 [hep-ph].
- [22] Sun Y.J. et. al. B(s) $\rightarrow S$ transitions in the light cone sum rules with the chiral current // Phys.Rev. D – 2011. –Vol. 83. –P.025024 // arXiv:1011.3901 [hep-ph].

- [23] Han H. Y. et. al. Twist-3 Distribution Amplitudes of Scalar Mesons within the QCD Sum Rules and Its Application to the $B \rightarrow S$ Transition Form Factors // *Eur.Phys.J. A* – 2013. –Vol. 49. –P.78 // arXiv:1301.3978 [hep-ph].
- [24] Wang Z.G. $B \rightarrow S$ transition form-factors with the light-cone QCD sum rules // *Eur.Phys.J. C* – 2015. –Vol. 75, №2. –P.50 // arXiv:1409.6449 [hep-ph].
- [25] G-fitter, A Generic Fitter Project for HEP Model Testing // *Chin.Phys.* – 2014. №38. –P.090001.
- [26] Исадыков А.Н. и др. // Известия НАН РК серия физ. - мат. – 2015. –Т.303, №5.
- [27] Исадыков А.Н., Иванов М.А., Сахиев С.К. // Вестник ЕНУ серия естественно-технических наук – 2015. –Т.107, №4.
- [28] Исадыков А.Н. и др. // Вестник КазНУ серия физическая – 2015. –Т.54.
- [29] Kruger F. and Matias J. Probing new physics via the transverse amplitudes of $B_0 \rightarrow K^* (\rightarrow K^- \pi^+) l^+ l^-$ at large recoil // *Phys.Rev. D* – 2005. –Vol. 71. –P.094009.
- [30] Ghahramany N. and Khosravi R. Analysis of the rare semileptonic decays of B_s to $f_0(980)$ and $K^* (1430)$ scalar mesons in QCD sum rules // *Phys.Rev. D* – 2009. –Vol. 80. –P.016009.
- [31] El-Bennich B. et. al. The Scalar Meson $f_0(980)$ in Heavy-Meson Decays // *Phys.Rev. D* – 2009. –Vol. 79. –P.076004 // arXiv:0810.5771 [hep-ph].

REFERENCES

- [1] LHCb Collaboration, Aaij R. et. al. Measurement of Form-Factor-Independent Observables in the Decay" // *Phys.Rev.Lett.* 2013. Vol.111, №19. P.191801 // arXiv: 1308.1707 [hep-ex] Godfrey S. and Napolitano J. // *Rev. Mod. Phys.* 71, 1411 (1999), [arXiv:hep-ph/9811410].
- [2] Aaij R. et. al. Differential branching fraction and angular analysis of the decay // *Journal of High Energy Physics.* 2013. Vol.1308. P.131 // arXiv: 1304.6325 [hep-ex].
- [3] Altmannshofer W., Straub D.M. New physics in $b \rightarrow s$ transitions after LHC run 1 // *Eur.Phys.J. C* 2015. Vol.75, №8. P.382 // arXiv: 1411.3161 [hep-ph].
- [4] Descotes-Genon S. et. al. Implications from clean observables for the binned analysis of $B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$ at large recoil // *Journal of High Energy Physics.* 2013. Vol. 1301. P.048 // arXiv: 1207.2753 [hep-ph].
- [5] Hurth T. and Mahmoudi F. On the LHCb anomaly in $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ // *J. High Energy Phys.* 2014. Vol. 1404. P.097 // arXiv: 1312.5267 [hep-ph].
- [6] Datta A., Duraisamy M. and Ghosh D. Explaining the $B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$ data with scalar interactions // *Phys.Rev. D.* 2014. –Vol. 89, №7. –P.071501 // arXiv: 1310.1937 [hep-ph].
- [7] Bobeth C., Hiller G. and van Dyk D. General analysis of $B^- \rightarrow K^* (\ell^+ \ell^-) \ell^+ \ell^-$ decays at low recoil // *Phys.Rev. D* – 2013. –Vol. 87, №3. –P.034016 // arXiv: 1212.2321 [hep-ph].
- [8] Mandal R., Sinha R. and Das D. Testing New Physics Effects in $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ // *Phys.Rev. D* – 2014. –Vol. 90, №9. –P.096006 // arXiv:1409.3088 [hep-ph].
- [9] Ali A. et. al. A Comparative study of the decays $B \rightarrow (K, K^*) \ell^+ \ell^-$ in standard model and supersymmetric theories // *Phys. Rev. D* – 2000. Vol. 61. P.074024.
- [10] Colangelo P. et. al. QCD sum rule analysis of the decays $B \rightarrow K \ell^+ \ell^-$ and $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ // *Phys.Rev. D* – 1996. –Vol. 53. –P.3672-3686 // Erratum: *Phys.Rev. D* – 1998. Vol. 57. P.3186.
- [11] Melikhov D., Nikitin N. and Simula S. Rare exclusive semileptonic $b \rightarrow s$ transitions in the standard model // *Phys.Rev. D* – 1998. Vol. 57. P.6814-6828.
- [12] Aliev T. M., Ozipineci A. and Savci M. Exclusive $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ decay with polarized K^* and new physics effects // *Phys.Lett. B* – 2001. Vol. 511. P.49-58.
- [13] Chen C.H. and Geng C.Q. Analysis of $B \rightarrow K^* l^+ l^-$ decays at large recoil region // *Nucl.Phys. B* – 2002. Vol. 636. P.338-364.
- [14] Ebert D., Faustov R.N. and Galkin V.O. Rare Semileptonic Decays of B and Bc Mesons in the Relativistic Quark Model // *Phys.Rev. D* – 2010. Vol. 82. P.034032 // arXiv: 1006.4231 [hep-ph].
- [15] Ivanov M.A. et. al. B- to light-meson transition form-factors // *Phys.Rev. D* – 2007. Vol. 76. P.034018.
- [16] Yang M.Z. Semileptonic decay of B and D $\rightarrow K^* (1430) \ell^+ \ell^-$ from QCD sum rule // *Phys.Rev. D* – 2006. Vol. 73. P.034027 // Erratum: *Phys.Rev. D* – 2006. Vol. 73. P.079901.
- [17] Chen C.H. et. al. Study of $B \rightarrow K^* (0)(1430) l^+ l^-$ decays // *Phys.Rev. D* – 2007. –Vol. 75. –P.074010.
- [18] Aliev T.M., Azizi K. and Savci M. Analysis of rare $B \rightarrow K^* (0)(1430) l^+ l^-$ decay within QCD sum rules // *Phys.Rev. D* – 2007. –Vol. 76. –P.074017 // arXiv:0710.1508 [hep-ph].
- [19] Wang Y.M., Aslam M.J. and Lu C.D. Scalar mesons in weak semileptonic decays of B(s) // *Phys.Rev. D* – 2008. Vol. 78 –P.014006 // arXiv:0804.2204 [hep-ph].
- [20] Li R.H. et. al. B $\rightarrow S$ Transition Form Factors in the PQCD approach // *Phys.Rev. D* – 2009. Vol. 79. P.014013 // arXiv:0811.2648 [hep-ph].
- [21] Colangelo P., De Fazio F. and Wang W. $B_s \rightarrow f_0(980)$ form factors and B_s decays into $f_0(980)$ // *Phys.Rev. D* – 2010. Vol. 81. P.074001 // arXiv:1002.2880 [hep-ph].
- [22] Sun Y.J. et. al. B(s) $\rightarrow S$ transitions in the light cone sum rules with the chiral current // *Phys.Rev. D* – 2011. Vol. 83. P.025024 // arXiv:1011.3901 [hep-ph].
- [23] Han H. Y. et. al. Twist-3 Distribution Amplitudes of Scalar Mesons within the QCD Sum Rules and Its Application to the $B \rightarrow S$ Transition Form Factors // *Eur.Phys.J. A* – 2013. –Vol. 49. –P.78 // arXiv:1301.3978 [hep-ph].
- [24] Wang Z.G. $B \rightarrow S$ transition form-factors with the light-cone QCD sum rules // *Eur.Phys.J. C* – 2015. Vol. 75, №2. P.50 // arXiv:1409.6449 [hep-ph].

- [25] G-fitter, A Generic Fitter Project for HEP Model Testing // Chin.Phys. 2014. №38. P.090001.
 [26] Issadykov A.N. i dr. // Izvestiya NAN RK seriya fiz. - mat. 2015. V.303, №5.
 [27] Issadykov A.N., Ivanov M.A., Sakhiyev S.K. // Vestnik ENU seriya estestvenno-tekhnicheskikh nauk – 2015. V.107, №4.
 [28] Issadykov A.N. i dr. // Vestnik KazNU seriya fizicheskaya – 2015. V.54.
 [29] Kruger F. and Matias J. Probing new physics via the transverse amplitudes of $B^0 \rightarrow K^*0 (-> K^- \pi^+) l^+ l^-$ at large recoil // Phys.Rev. D – 2005. Vol. 71. P.094009.
 [30] Ghahramany N. and Khosravi R. Analysis of the rare semileptonic decays of B_s to $f_0(980)$ and $K^*0(1430)$ scalar mesons in QCD sum rules // Phys.Rev. D – 2009. –Vol. 80. –P.016009.
 [31] El-Bennich B. et. al. The Scalar Meson $f_0(980)$ in Heavy-Meson Decays // Phys.Rev. D – 2009.Vol. 79. P.076004 // arXiv:0810.5771 [hep-ph].

А.Н. Исадыков^{1,2}, М.А. Иванов¹, Г.С. Нурбакова^{2,3}, Г.Г. Сайдуллаева^{2,3}, С.Б. Рустембаева^{2,3}

(¹Біріккен ядролық зерттеулер институты, Дубна қ-сы, Ресей Федерациясы;

²Эксперименттік және теориялық физика ғылыми-зерттеу институты, Алматы қ-сы, Қазақстан Республикасы;

³Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ-сы, Қазақстан Республикасы)

B-S АУЫСУЫНЫҢ ФОРМФАКТОРЛАРЫН ЕСЕПТЕУ

Аннотация. Бұл жұмыста кварктардың коварианттық моделінің аясында $B(B_s) \rightarrow S$ (мұндағы S - скаляр мезон) ауысуының формфакторлары есептелінген. $B \rightarrow S$ ауысуының матрицалық элементінің диаграммасы келтірілген. Формфакторлардың өзгеру тәртібі берілген импульстің квадратының дерлік кинематикалық аймағында есептелінді. Формфакторларды есептеу Λ_S параметрінің әр түрлі мәндері үшін жүргізілді. Біз бұл параметрді $\Lambda_S \in [0.8, 1.5]$ ГэВ интервалы аралығында өзгерттік. Берілген импульстің аздаған мәндерінде формфакторлардың Λ_S параметрін таңдауға қатысты сезімталдығы айқынырақ және де нольдік қайтарым маңында сезімталдығы аздау. Алынған формфакторлардың сандық мәндерін басқа жұмыстардың нәтижелерімен салыстырдық. Мезондарды қарапайым кварк-антикварктық күйлер ретінде қарастыруға болады деген болжаммен, есептеулер массалары 1 ГэВ-тен аз болатын скаляр мезондар нонетіне ($f_0(500)$, $f_0(980)$, $a_0(980)$ және $K_0^*(800)$) жүргізілді.

Тірек сөздер: Формфакторлар, скалярлық мезон, кварктардың коварианттық моделі.

Сведения об авторах:

Исадыков А. Н. – PhD доктор, научный сотрудник в ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова, ОИЯИ, Дубна, Российская Федерация, научный сотрудник НИИЭТФ, Алматы, Республика Казахстан тел: + 7 701 4000 674, email: issadykov.a@gmail.com;

Иванов М. А. – д.ф.-м.н., профессор, начальник сектора в ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова, ОИЯИ, Дубна, Российская Федерация, email: ivanovm@theor.jinr.ru;

Нурбакова Г. С. – к.ф.-м.н., доцент Казахского национального университета им. аль-Фараби, ведущий научный сотрудник НИИЭТФ, Алматы, Республика Казахстан Алматы, тел: + 7 707 724 67 80, email: g.nurbakova@gmail.com;

Сайдуллаева Г.Г. - PhD доктор, ст.преподаватель Казахского национального университета им. аль-Фараби, научный сотрудник НИИЭТФ, Алматы, Республика Казахстан Алматы, email: guzch_08@gmail.com;

Рустембаева С.Б. – магистрант Казахского национального университета им. аль-Фараби, научный сотрудник НИИЭТФ, Алматы, Республика Казахстан, тел: +7 707 332 61 62.