

## СПЕКТР МАСС И ТРАЕКТОРИИ РЕДЖЕ ЛЕГКИХ ВЕКТОРНЫХ МЕЗОНОВ В РЕЛЯТИВИСТСКОЙ КВАРКОВОЙ МОДЕЛИ

Н. Б. Скачков, И. Л. Соловцов

На основе релятивистского двухчастичного квазипотенциального уравнения с линейно растущим с расстоянием запирающим потенциалом вычислены спектр масс и траектории Редже векторных мезонов.

Проведенный в [1] анализ показал, что успешно используемая для описания спектра чармония модель, основанная на уравнении Шредингера с линейно растущим потенциалом  $V(r) = \sigma r$ , в применении к описанию спектра легких векторных мезонов типа  $\rho$ -,  $\omega$ - и  $\phi$ -мезонов, не является самосогласованной. Оказалось, что вклад релятивистских поправок с вкладом выбираемого в качестве основного нерелятивистского гамильтониана.

В данной работе мы воспользуемся релятивистским двухчастичным квазипотенциальным уравнением Кадышевского, которое в релятивистском конфигурационном представлении введено в [2], для волновой функции относительного движения двух кварков имеет вид

$$\left[ \text{ch} \left( i\chi \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{i\chi}{r} \text{sh} \left( i\chi \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\chi^2 l(l+1)}{r^2} \exp \left( i\chi \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{V(r) - W}{2mc^2} \right] \Psi_l(r) = 0. \quad (1)$$

Здесь  $\chi = \hbar/mc$ ,  $m$  – масса кварка,  $W$  – полная энергия системы двух частиц, т. е. масса мезона, квазипотенциал  $V(r)$  выберем в виде  $V(r) = \sigma r^s$ ,  $s > 0$ . В данном потенциале выполняется условие применимости развитого в [3] квазиклассического метода решения уравнения. В нерелятивистской квантовой механике существует "модифицированный" квазиклассический метод [4], позволяющий для потенциалов вида  $V(r) = \sigma r^s$  отделять вклад центробежного члена [5]. Повторяя аналогичные преобразования в релятивистском случае мы приходим к "модифицированному" условию квантования

$$\int_{r_-}^{r_+} dr \ln \left[ \frac{W - V(r)}{2mc^2} + \sqrt{\left( \frac{W - V(r)}{2mc^2} \right)^2 - 1} \right] = \chi \pi \left( n + \frac{l}{2} + \frac{3}{4} \right), \quad (2)$$

которое позволяет простым образом получать спектр масс и траектории Редже релятивистских связанных систем. Для потенциалов вида  $V(r) = \sigma r^s$  из (2) получаем

$$\sqrt{\frac{\pi}{2}} \left( \frac{2mc^2}{\sigma} \right)^{1/s} (\text{sh } \chi)^{1/2 + 1/s} \Gamma \left( 1 + \frac{1}{s} \right) P_{-1/2}^{-1/2 - 1/s} (\text{ch } \chi) = \chi \pi \left( n + \frac{l}{2} + \frac{3}{4} \right), \quad (3)$$

где  $\chi = \text{Ar ch}(W/2mc^2)$ , а  $P_{\nu}^{\mu}(z)$  – функции Лежандра.

Рассмотрим теперь семейство  $\rho(\omega)$ -мезонов<sup>1)</sup>. Обычно принято считать, что первым радиальным возбуждением  $\rho(0,773)$  является наблюдавшаяся в некоторых экспериментах резонансная структура в области 1,25 ГэВ. Соответствующие массы частиц, полученные для  $s = 1$  с помощью (3) незначительно отличаются от значений масс, найденных в [6] путем решения уравнения (1) для  $l = 0$  численным методом.

Поэтому другой интересной возможностью является выбор в качестве первого радиального возбуждения  $\rho(\omega)$ -мезона обнаруженного в DESY векторного мезона с массой 1,110 ГэВ [7] и предсказанного ранее на основе теоретико-группового метода построения потенциалов запираия в [8]. Результаты, даваемые (3) для этого случая приведены в таблице.

### Спектр масс векторных мезонов при параметрах модели

$$\sigma = 0,031 \text{ ГэВ}^2, \quad m = 0,18 \text{ ГэВ}$$

$n$	$l = 0$		$l = 1$	
	$M^{\text{теор}}, \text{ ГэВ}$	$M^{\text{экспер}}, \text{ ГэВ}$	$M^{\text{теор}}, \text{ ГэВ}$	$M^{\text{эксп}}, \text{ ГэВ}$ $I^G(J^P) = 1^+(1^-)$
0	0,773	$\rho(\omega)$ (0,773)	0,951	$\delta$ (9,97)
1	1,110	[7] (1,110)	1,256	не наблюдался
2	1,394	[9] (1,384)	1,525	$F_1$ (1,54)
3	1,651	$\rho''$ (1,60) $\omega''$ (1,667)	1,773	$x$ (1,795)
4	1,891	не наблюдался	2,228	$u$ (2,36)
5	2,118	$\rho$ (2,1)	—	—

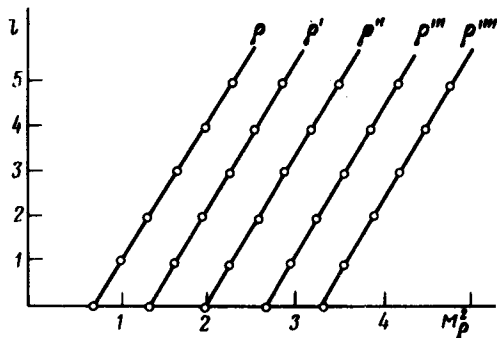
Параметры модели таковы:  $\sigma = 0,031 \text{ ГэВ}^2$ ,  $m = 0,18 \text{ ГэВ}$ . Фактор  $\chi / \text{sh } \chi$  служит мерой "релятивизма" системы и для уровней, приведенных в таблице, изменяется от 0,7 (для  $n = 0,1$ ) до 0,4<sup>2)</sup> (для  $n = 4,5$ ).

Привлекательной чертой такой модели с первым радиальным возбуждением 1,110 ГэВ является близость массы 1,394 (второе радиальное возбуждение) к значению массы наблюдавшейся векторной резонансной структуры в области  $1384 \pm 8 \text{ МэВ}$  [9]. В обычной схеме с  $\rho'(1,250)$  это-

<sup>1)</sup> Поскольку массы  $\rho$  и  $\omega$ -мезонов близки, то для семейства мезонов мы получаем близкие результаты. Они будут приведены в более подробной публикации, вместе с описанием спектров, траекторий и лептонных ширин  $\Psi$ - и  $\gamma$ -мезонов.

<sup>2)</sup> Для систем с почти нерелятивистским внутренним движением этот фактор близок к единице.

го уровня не возникает, а следующим за  $\rho'(1,250)$  появляется уровень, близкий к массе  $\rho''(1,6)$ -мезона. В рассматриваемой схеме с  $\rho'(1,110)$ -мезон  $\rho''(1,6)$  возникает как третье радиальное возбуждение  $\rho$ -мезона.



Траектории Редже  $\rho$ -мезонов для потенциала  $V(r) = \sigma r$

Существенным результатом применения релятивистского аппарата к описанию легких векторных мезонов является тот факт, что в потенциале  $V(r) = \sigma r$  траектории Редже в рассматриваемом интервале масс с хорошей точностью являются прямолинейными (см. рисунок). Напомним, что в нерелятивистской теории прямолинейные траектории возникают лишь в осцилляторном потенциале.

Авторы выражают благодарность В.Г.Кадышевскому и Р.М.Мир-Касимову за интерес к работе и полезные обсуждения.

### Литература

- [1] R.Barbieri, et. al. Ref. TH CERN-2036, 1975.
- [2] V.G.Kadyshevsky, R.M.Mir-Kasimov, N.B.Skachkov. Nuovo Cim., 55A, 233, 1968.
- [3] А.Д.Донков, В.Г.Кадышевский, М.Д.Матвеев, Р.М.Мир-Касимов. Междунар. конф. взаимодействие адронов при высоких энергиях. Сб. аннотаций, Баку, 1971 г.
- [4] Н.Фреман, П.У.Фреман. ВКБ-приближение. М., изд. Мир, 1967.
- [5] H.J.F.Muller-Kirsten. Phys. Rev., D12, 1103, 1975.
- [6] K.S.Jhung, K.H.Chung, R.S.Willey. Phys. Rev., D12, 1999, 1975.
- [7] S.Bartalucci et al. Preprint DESY-76/43; Труды 18 Междунар. конф. по физике высоких энергий. Тбилиси, 1976, т. 2, - 28, Д1, 2 - 10400, Дубна 1977; Nuovo Cim., 39A, 233, 1977.
- [8] Н.Б.Скачков. Письма в ЖЭТФ, 23, 713, 1976, Труды 18 Междунар. конф. по физике высоких энергий, Тбилиси, 1976, т. 1, С-114, Д1, 2 - 10400, Дубна, 1977.
- [9] S.Bartalucci et al. Preprint DESY-77/60, August 1977.