

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P2-86-35

Ю.А.Троян

**МОДЕЛЬ ВРАЩАЮЩИХСЯ СОЕДИНЕННЫХ
ОРИЕНТИРОВАННЫХ СТРУН
ДЛЯ УЗКИХ ДИПРОТОННЫХ РЕЗОНАНСОВ**

1986

В работах ^{1+3/} мы сообщили о наблюдении узких ($\Gamma_3 \approx$ нескольких МэВ) особенностей в распределениях эффективных масс двух протонов из различных реакций пр-взаимодействий при разных энергиях. Особенности подобного типа наблюдаются и в других экспериментах ^{4-10/}.

В настоящей работе предлагается модель вращающихся соединенных ориентированных струн и на ее основе дается спектр масс шестикварковых адронов, построенных из "u" и "d"-кварков.

Исходным является предположение о том, что при малых возбуждениях система из 6 кварков имеет большие пространственные размеры. Действительно, для массы, равной, например, 1936 МэВ, получаем из соотношения неопределенностей размеры порядка 2,4 фм. При таких больших расстояниях силы взаимодействия между кварками, обязанные потенциалу вида $V \sim 1/r^p$ ($p \geq 1$), значительно ослабевают, и, наоборот, возрастают силы с потенциалами типа $V \sim r^p$ ($p \geq 1$), т.е. с потенциалами конфайнмента. Тогда применимы представления о кварк-глюонных струнах.

Мы используем идею о триально ориентированных струнах работы ^{11/}. В ней показано, что в рамках развитых представлений шестикварковый адрон может быть построен лишь как адрон "узлового" типа. Применение триальной ориентации к распадам приводит к правилу, что распады адронов, при которых $\Delta N_j < 0$, запрещены /здесь ΔN_j - разность полного числа узлов конечных и начального адронов/. На рис.1 изображен запрещенный распад шестикваркового адрона A_6 на два трехкварковых B_3 . В этом случае $\Delta N_j = -2$. Направления стрелок определяются правилами триальной ориентации струн. Мы сохранили обозначения работы ^{11/} для шестикваркового и трехкварковых адронов.

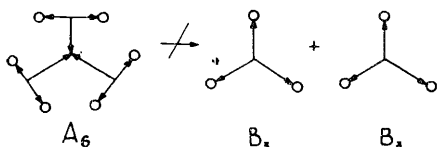


Рис.1. Запрещенный распад триально ориентированного шестикваркового адрона A_6 на два ориентированных адрона B_3 .

Далее рассмотрим шестикварковый адрон, построенный в пространстве по типу A_6 и введем потенциал конфайнмента $V \sim kr_1^2$ осцилляторного типа, где r_1 означают относительные расстояния между узлами или узлами-кварками. Спектр возбуждения соединенных таким образом осцилляторов вычислен в работах ^{12,13/}. Для эффективных масс можно записать

$$M_{A_6} = 6m + \frac{3}{2}\omega_0 \left[\sum_0^3 n_i + \frac{1}{\sqrt{3}} \sum_0^2 n_j \right]. \quad /1/$$

Здесь m - масса кварка, определяемая из сравнения с экспериментом; $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ - возбуждаемая частота; k - натяжение струны; n_i, n_j равны 0 или 1, в зависимости от того, какие возбуждены частоты. За $6m$ мы приняли величину 1876,5 МэВ. ω_0 определяется из экспериментального значения ближайшего к 1876,5 МэВ возбуждения, для которого взято значение 1889 МэВ, и из соображений, что ближайшее возбуждение дает добавку к $6m$, равную $3/2 \omega_0 \frac{1}{\sqrt{3}}$. Следовательно, эта добавка составляет 12,5 МэВ. Величина $3/2 \omega_0$ равна при этом 21,5 МэВ.

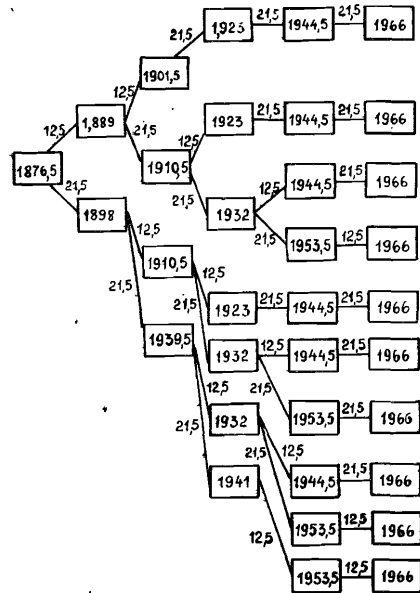


Рис.2. Различные последовательности возбуждений пяти характерных частот в ориентированном шестикварковом адроне. Цифры на линиях - добавки к массам предыдущего состояния. Цифры в прямоугольниках - масса данного возбужденного состояния в МэВ.

Возбуждения струн могут происходить в разной последовательности /величины n_i, n_j принимают значения 0 или 1 в разном порядке/. Соответственно этому было построено "дерево целей", отражающее разные последовательности возбуждений тех или иных частот. Результат виден на рис.2. На линиях, соединяющих прямоугольники, написаны цифры, соответствующие добавкам /в МэВ/ к массе предыдущего состояния. В прямоугольниках выписаны массы результирующего состояния. Таким образом, получаются двенадцать основных колебательных уровней.

Далее предположим, что шестикварковая система с жесткими пространственными соединениями обладает несферичностью

/имеет скорее конфигурацию диска/ и вращается достаточно медленно /из-за больших размеров системы тот же орбитальный момент набирается за счет радиуса, а не скорости вращения/. Как известно из ядерной физики, этих условий достаточно для возникновения дополнительных возбуждений системы, так называемых ротационных полос, спектр которых определяется формулой

$$E_J = \frac{1}{2I} J(J+1). \quad /2/$$

Здесь I - момент инерции, J - полный момент системы.

Как отмечал Н.Бор, этот тип возбуждения - самое медленное ядерное возбуждение. Оно адиабатично по отношению к другим степеням свободы, и на каждом колебательном состоянии можно построить свою вращательную полосу /14-16/.

Мы построили на каждом из наших двенадцати основных колебательных уровней вращательные возбуждения, энергии которых равны $E_J = aJ(J+1)$. Величина a выбрана равной 17 МэВ из лучшего согласия предсказаний с экспериментами. Интересно оценить размеры изучаемых нами систем, исходя из ротационных полос. Как следует из формулы /2/, $a = \frac{1}{2}I$. Для диска диаметром d $I = md^2/8$. Тогда для d получаем /если $m = 1936$ МэВ/ величину 2,2 фм.

Итак, мы приходим к окончательной формуле для спектра эффективных масс шестикварковой системы

$$M_{pp}^{j,i} = \left[1876,5 + 21,5 \left(\sum_0^3 n_i + \frac{1}{\sqrt{3}} \sum_0^2 n_j \right) + 17J(J+1) \right] \text{ МэВ}, \quad /3/$$

$$n_0 = 0, n_{i,j \neq 0} = 1, J = 0, 1, 2, \dots$$

Последовательность уровней представлена в таблице /кроме первой колонки, все величины округлены до целых чисел/.

Таблица

$\sum n_i, \sum n_j$ s	0,0	1,0	0,1	2,0	1,1	0,2	2,1	1,2	0,3	2,2	1,3	2,3
0	1876,5	1889	1898	1902	1911	1920	1923	1932	1941	1945	1954	1966
1	1910,5	1923	1932	1936	1945	1954	1957	1966	1975	1979	1988	2000
2	1978,5	1991	2000	2004	2013	2022	2025	2034	2043	2047	2056	2068
3	2080,5	2093	2102	2106	2115	2124	2127	2136	2145	2149	2158	2170
4	2216,5	2229	2238	2242	2251	2260	2263	2272	2281	2285	2294	2306
5	2386,5	2399	2408	2412	2421	2430	2433	2442	2450	2455	2464	2476

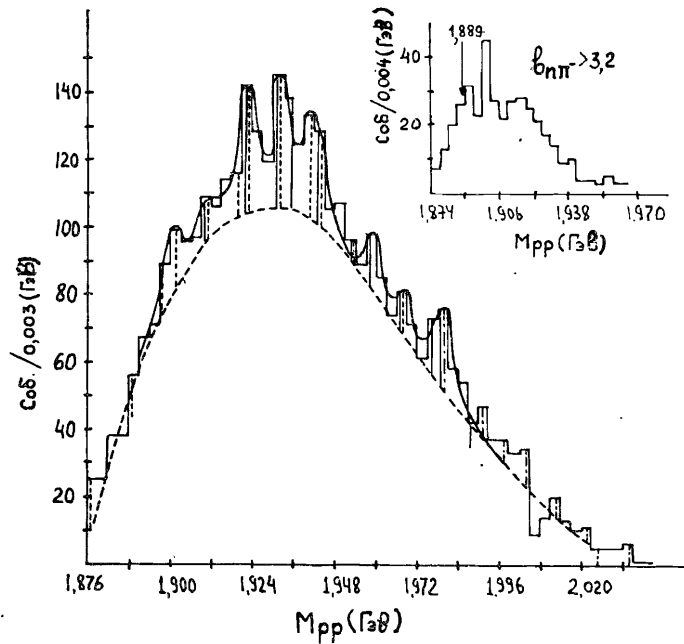


Рис. 3. Спектр эффективных масс двух протонов из реакции $pp \rightarrow pp\pi^-$ при $P_{\pi} = -1,257$ ГэВ/с. Сплошная линия - аппроксимация фоном и 8 резонансами. Пунктир - нерезонансный фон, остающийся после аппроксимации. Вертикальные линии показывают положения масс, предсказываемых моделью: пунктир - для $J=0$, сплошная линия - $J=1$, пунктир с точкой - $J=2$.

На рис.3 представлено распределение эффективных масс двух протонов из реакции $pp \rightarrow pp\pi^-$ при $P_{\pi} = 1,257$ ГэВ/с¹⁷. Там же нанесена фоновая кривая, остающаяся после аппроксимации, нормированная на нерезонансную часть распределения. Вертикальными линиями изображены положения масс, предсказываемые моделью /см. формулу /3/ или таблицу/. Пунктир - предсказания для $J=0$, сплошная линия - для $J=1$, штрихпунктир - для $J=2$. На рис.3 представлено также распределение эффективных масс двух протонов, построенное с условием, чтобы величина $v_{\pi\pi^-}$, введенная А.М.Балдиным¹⁷, была больше 3,2. При этом условии можно видеть особенность в районе 1889 МэВ, которая была взята в качестве минимального возбуждения.

Интересно сравнить предсказания модели вращающихся соединенных ориентированных струн /ВСОСМ/ с данными по измерению сечений pp -рассеяния. На рис.4 представлены все

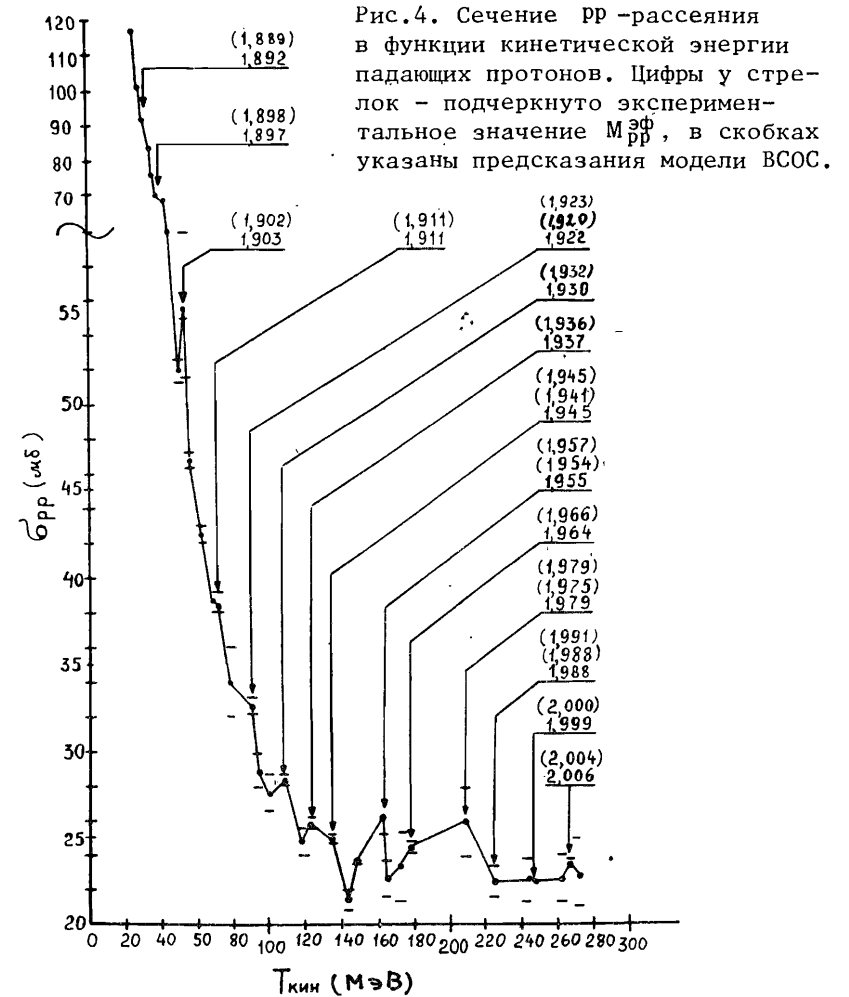


Рис.4. Сечение pp -рассеяния в функции кинетической энергии падающих протонов. Цифры у стрелок - подчеркнуто экспериментальное значение $M_{pp}^{эф}$, в скобках указаны предсказания модели ВСОС.

данные, имеющиеся в литературе по измерению σ_{pp} как функции $T_{кин}$ падающего протона^{18,19} до $T_{кин} = 300$ МэВ. Около выбросов в сечениях указаны значения соответствующих эффективных масс системы двух протонов /подчеркнуто/. Там же в скобках указаны значения ожидаемых масс резонансов из модели ВСОС. Удивительным образом выбросы в сечениях соответствуют предсказаниям. Если принять для сечения упругого рассеяния величину $\sigma = 2\pi\lambda^2(2J+1)$, которая может достигать в этой области энергии 100 мб, и предположить, что разброс в энергиях первичного пучка порядка 10 МэВ, то при ширинах резонансов около 0,2 МэВ мы и должны были видеть в соответствующих местах скачки в сечениях вели-

чиной примерно в 1 мб. Такая малая ширина шестикварковых резонансов не противоречит и картине рис.3.

Таким образом, мы заключаем, что модель вращающихся соединенных ориентированных струн /BCOСM/ не противоречит данным по спектрам эффективных масс двух протонов из реакции $pp \rightarrow pp\pi^-$ при $P_{\perp} = 1,257$ ГэВ/с и данным по упругому /до $T_{\text{кин}} = 300$ МэВ/ сечению pp -рассеяния. Ожидаемые резонансы имеют очень малую ширину /на два порядка меньшую, чем обычные резонансы/. Она может быть связана с проявлением запретов на нарушение некоторых пространственных симметрий в структуре многокварковых адронов.

В сечениях pp -рассеяния можно ожидать очень высоких и узких пиков. Если это так, то в области малых эффективных масс NN -систем мы имеем лабораторию для изучения свойств кварк-глюонных струн и вопросов, связанных с конформентом.

Отметим, что предложенная модель применима и к другим многокварковым состояниям ($2q2\bar{q}, 4q\bar{q}$). Примеры таких состояний приведены в^{1/}. Мы надеемся в дальнейшем дать сравнение этих экспериментов с предсказаниями /BCOСM/.

Литература

1. Бешлиу К. и др. ОИЯИ, Д1-83-815, Дубна, 1983.
2. Бешлиу К. и др. ОИЯИ, Д1-85-433, Дубна, 1985.
- 3.
4. Байрамов А.А. и др. ОИЯИ, Р1-83-206, Дубна, 1983.
5. Siemiarczuk T. et al. Phys.Lett., 1983, 128В, No.5, p.367.
6. Glaqolev V.V. et al. JINR, E1-83-59, Dubna, 1983.
7. Азимов С.А. и др. Препринт ФТИ, 27-28-ФВЗ, Ташкент, 1984; Азимов С.А. и др. ЯФ, 1985, т.42, с.913.
8. Агакишиев Г.Н. и др. ОИЯИ, 1-84-103, Дубна, 1984.
9. Ермаков К.П. и др. Препринт ЛИЯФ, 1089, Л., 1985.
10. Tatischeff V. et al. PRL, 1984, 52, p.2022.
11. Imachi M. et al. Progr.Theor.Phys., 1976, vol.55, No.2, p.551.
12. Ishida S. et al. NUP-A-80-14, Tokyo, 1980.
13. Wang E., Wong C.W. II, N.C., 1985, vol.86A, No.4, p.283.
14. Moszkowski S.A. Handbuch der Phys., 1957, bXXXIX, p.411.
15. Mac Gregor M.H. PRL, 1979, No.26, p.1724.
16. Беляев С.Т., Зелевинский В.Г. УФН, 1985, т.147, вып.2, с.210.
17. Baldin A.M. Nucl.Phys., 1985, A434, p.695.

18. Барашенков В.С. В кн.: Сечения взаимодействия элементарных частиц. "Наука", М., 1966.
19. Flaminio V. et al. CERN-HERA, 84-01, Geneva, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 января 1986 года.

· НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам, аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Троян Ю.А.

P2-86-35

Модель вращающихся соединенных ориентированных струн для узких дипротонных резонансов

В работе формулируется модель вращающихся соединенных ориентированных струн /BCOSM/ для описания спектров эффективных масс шестикварковых узких резонансов, содержащих "u" - и "d" -кварки. Исходным является предположение о больших размерах изучаемых систем /порядка 2,5 фм/. При этом уровне возбуждения системы определяются, в основном, потенциалами конфайнмента $V \sim kr^2$. На каждом колебательном уровне строится ротационная полоса, дающая добавку к эффективной массе вида $M_{rot} = aJ(J+1)$, где J - полный момент системы. Полученный спектр сравнивается с данными из реакции $np \rightarrow pp\pi^-$ при $p_n = 1,257$ ГэВ/с и с поведением σ_{pp}^{el} . Наблюдается неплохое согласие с этими экспериментами. Предсказанные резонансы имеют ширину, по оценкам, порядка долей МэВ.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Troyan Yu.A.

P2-86-35

Model of Rotating Joint Oriented Strings for Narrow Diproton Resonances

The model of rotating joint oriented strings (RJOSM) is formulated for description of the effective mass spectra of 6-quark narrow resonance containing "u" and "d" quarks. The point of departure is the assumption about large dimensions of the studied systems (~ 2.5 fm). In this case the excitation levels of the systems are determined mainly by the confinement potentials of the $V \sim kr^2$ type. The rotation band that gives an effective mass addition of the $M_{rot} = aJ(J+1)$ type where J - total moment of the system, is constructed for each oscillation level. The obtained spectrum is compared with the data of the $np \rightarrow pp\pi^-$ reaction at $p_n = 1.257$ GeV/c and with the behaviour of σ_{pp}^{el} . A quite good agreement is observed for these experiments. The predicted resonances have the estimated width of the order of fractions of MeV.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986