

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

Б 245

P2-88-556 e

В.С.Барашенков

АППРОКСИМАЦИЯ АДРОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
РЕДЖЕВСКИМИ ДИАГРАММАМИ
С МНОГОПОМЕРОНЫМ ОБМЕНОМ

1988

В последнее время для интерпретации адронных взаимодействий в области высоких энергий часто применяют выражения, полученные суммированием рядов реджонных градииков с многомеронным обменом^{/1-3/}. Эти выражения используются также для определения числа фрагментирующих в адронные ливни кварк-глюонных струн в различных струнных моделях. В этой связи важно быть уверенным, что отмеченное рядом авторов хорошее согласие этих выражений с опытом является следствием теории, а не представляет собой результат подгонки большого числа параметров (например, в случае $N-N$ и $\bar{N}-N$ взаимодействий в формулы входит $2i$ независимый параметр).

Прежде всего заметим, что, хотя известны весьма убедительные соображения^{/4/} о том, что для согласования экспериментальных и теоретических данных в достаточно широком интервале энергий следует учитывать энергетическую зависимость померонного интерсепта $\alpha_p = 1 + \Delta$, во всей области ускорительных энергий этого можно достичь с постоянным "эффективным" значением Δ . Как показано в работе^{/2/}, экспериментальные значения полного сечения σ_t и параметра наклона дифракционного конуса упругого рассеяния B хорошо согласуются с теоретическими при $T \approx 10 - 10^3$ ГэВ¹⁾, если $\Delta = 0,063$. В более поздней работе^{/3/} энергетический интервал раздвинут еще на два порядка, вплоть до $T \approx 10^5$ ГэВ, и при этом снова использовалось постоянное значение $\Delta = 0,07$.

Сегодня в нашем распоряжении имеются более точные экспериментальные данные при коллайдерных энергиях $T = 1,6 \cdot 10^5$ и $4,3 \cdot 10^5$ ГэВ. Соответствующим подбором параметров их тоже можно с процентной точностью согласовать с теорией при постоянной величине $\Delta = 0,105$. Значения параметров (в обозначениях работы^{/3/}) приведены в таблице I, согласие с опытом иллюстрируется таблицей II.

Учитывая большое число подгоночных параметров, следует признать, что хорошее согласие расчетных величин с опытом еще не гарантирует законности используемых приближений. Действительно, если бы процентное согласие теоретических и экспериментальных значений σ_t и B отражало свойства теории, а не являлось результатом подгонки параметров, то такое же согласие с опытом следовало бы ожидать и для выраженных через приведенные в табл. I параметры сечений упругого рассеяния величины дифракционной диссоциации β_d . Как видно из таблицы III и рис. I, расчет-

1) Здесь и везде далее T - кинетическая энергия налетающей частицы в лабораторной системе, S - квадрат полной энергии сталкивающихся частиц в СЦМ.

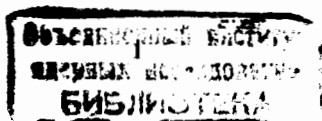


Таблица I

Параметры нуклон-нуклонных и нуклон-антинуклонных взаимодействий

Полус :	ρ	ω	ρ	f	A_2
Δ	0,105	- 0,5	- 0,65	- 0,45	-0,65
G	2,758	3,466	4,313	13,37	3,408
R	3,582	2,364	7,259	3,243	5,684
α	0,185	0,100	0,116	0,208	0,261

Параметр ливневого усиления $C = 1,5$, нормировочный параметр $S_0 = 1 \text{ ГэВ}^2$.

Таблица II

Расчетные и экспериментальные (в скобках) значения σ_t и B

T, ГэВ	$\sigma_t, \text{нс}$			$B, \text{с}^2/\text{ГэВ}^2$	
	p-p	p-n	\bar{p} -p	p-p	\bar{p} -p
5	43,2(40,8 \pm 0,05)	45,9(41,8 \pm 0,2)	63,0(61,5 \pm 0,05)	8,7(8 \pm 0,2)	12,8(13 \pm 0,5)
10	40,9(39,6 \pm 0,09)	42,8(40,7 \pm 0,2)	55,0(53,6 \pm 0,1)	9,5(9,8 \pm 0,1)	12,5(12,9 \pm 0,1)
50	38,3(38,5 \pm 0,1)	-	44,0(43,9 \pm 0,1)	10,8(10,9 \pm 0,1)	12,0(11,9 \pm 0,1)
10^2	38,4(38,5 \pm 0,1)	38,8(38,4 \pm 0,1)	42,2(42,3 \pm 0,1)	11,2(11,2 \pm 0,1)	11,9(11,5 \pm 0,1)
5. 10^2	40,6(40,2 \pm 0,2)	-	42,0(42,3 \pm 0,2)	12,0(12 \pm 0,1)	12,2(12,2 \pm 0,1)
10^3	42,2(42,0 \pm 0,2)	42,3(42,2 \pm 0,1)	43,1(43,4 \pm 0,2)	12,3(12,4 \pm 0,1)	12,4(12,5 \pm 0,1)
$1,6 \cdot 10^5$	60,5	-	60,6(61,9 \pm 1,5)	15,2	15,2(15,3 \pm 0,15)
$4,3 \cdot 10^5$	65,1	-	65,1(66,5 \pm 3,4)	15,9	15,9

Таблица III

Отношение экспериментальных и расчетных сечений упругого и неупругого недифракционного p-p взаимодействий ($\sigma_{nd} = \sigma_t - \sigma_{el} - \sigma_d$)

T, ГэВ	$\sigma_{el}^{exp} / \sigma_{el}^T$	$\sigma_{nd}^{exp} / \sigma_{nd}^T$
5	1,6	0,8
10	1,3	0,9
10^2	1,1	0,9
10^3	1,1	0,9
$1,6 \cdot 10^5$	1,2	0,9
$4,3 \cdot 10^5$	1,3	0,9

ные значения σ_{el} занижены на 10-20%, а величина σ_d воспроизводится лишь по порядку величины; и это имеет место не только в области высоких, но и весьма умеренных энергий $T \sim 100 \text{ ГэВ}$.

Аналогично работам ^{1-3/} приведенные выше данные получены для постоянного, не зависящего от энергии параметра ливневого усиления C . Впервые величина этой постоянной, $C = 1,3 \pm 0,2$, определена в работе ^{5/} из сравнения с опытом при $T = 10 \div 30 \text{ ГэВ}$, и ее верхний предел в последующих работах используется во всей области ускорительных энергий. Однако, если воспользоваться одним из основных соотношений рассматриваемой теории $C - 1 = \sigma_d / \sigma_{el}$ и экспериментальными значениями σ_d и σ_{el} , то обнаруживается (см. рис. I) весьма заметная зависимость $C(T)$.

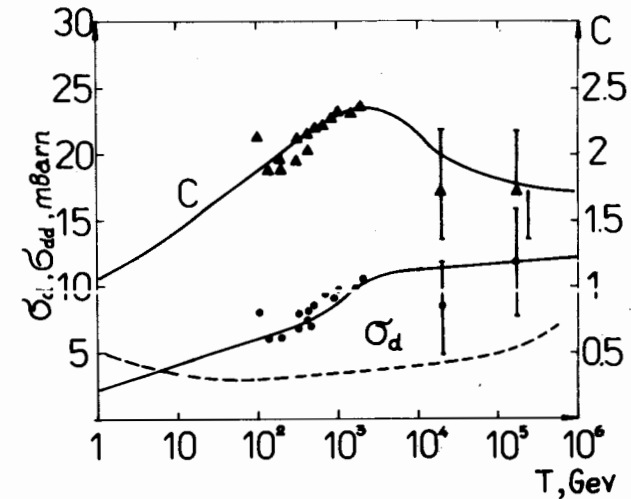


Рис. I. Сечение дифракционной диссоциации и параметр ливневого усиления $C = 1 + \sigma_d / \sigma_{el}$ для p-p взаимодействий (последние при $T > 10^4 \text{ ГэВ}$). Точки - экспериментальные данные ^{6/}, сплошные кривые - их аппроксимация (для $T < 100 \text{ ГэВ}$ использованы соотношения работы ^{7/}), пунктир - расчетные сечения σ_d .

В принципе, это противоречие можно было бы обойти, используя при вычислениях однажды определенную из опыта функцию $C(T)$. К сожалению, теория в этом случае приобретает феноменологический характер.

С целью увеличить теоретическое сечение дифракционной диссоциации в работе ^{1,8/} учтен вклад так называемых усиленных померонных диаграмм и соответствующим подбором связанных с ними дополнительных параметров улучшено согласие с опытом. В настоящее время такой подход мало чем отличается от феноменологического; он мог бы стать предсказательным, если бы новые параметры определялись на основе каких-то дополнительных данных.

Полученные на основе суммирования реджевских диаграмм выражения можно рассматривать как некоторый теоретический "каркас", облегчающий феноменологическую аппроксимацию экспериментальных данных. Таким образом можно "аккумулировать" (свернуть) в компактном аналитическом виде большие объемы экспериментальной информации, что во многих случаях представляет несомненный интерес. Как мы видели выше, при этом удается достичь высокой точности аппроксимации. Следует только иметь в виду, что параметры, полученные в одном случае, могут привести к большим погрешностям в других - при попытке применить их для описания других экспериментальных данных. При феноменологическом подходе каждый случай требует особого рассмотрения.

Рассмотрим в этой связи сечения адронных взаимодействий, сопровождающихся образованием числа фрагментирующих кварк-глюонных струн. Поскольку экспериментальные данные, на которых можно было бы основываться при определении феноменологических параметров, здесь полностью отсутствуют, важно иметь представление о точности предсказаний, использующих константы, определенные из других соображений.

Повторяя использованную в работах ^{1,2/} процедуру суммирования реджевских диаграмм, получим для сечения недифракционного взаимодействия с N струнами

$$\sigma_{nd}^{(N)} = \sum_{\nu \geq N} B_N^{(\nu)} S_\nu^{(i)} + \sum_{i \geq 2} \sum_{\nu \geq N-1} B_N^{(\nu+1)} S_\nu^{(i)}$$

где $B_N^{(\nu)}$ ^{1,9/} - вероятность процесса с N ливнями и ν -померонным обменом

$$S_\nu^{(i)} = \begin{cases} \sigma_i (-z/2)^{\nu-1} / \nu \cdot \nu! , & i = 1 \\ \sigma_i (-z/2)^\nu w_i / (\nu + w_i) \cdot \nu! , & i > 1 \end{cases}$$

- сечение ν -померонного процесса ^{1,2/}, i - число учитываемых реджионов, $\sigma_i = 9.79 G_i$, $S A_i \varepsilon$ мб, $\varepsilon = \pm 1$ в зависимости от типа полюса,

$$w_i = 0, w_i = \lambda_i / \lambda_i, z = 2 C E_i S^A / \lambda_i, \lambda_i = R_i + \alpha_i \ln S^2; G_i, R_i, \alpha_i, \Delta_i \text{ и } C$$

- параметры теории ²⁾.

Отсюда следует

$$\sigma_{nd}^{(N)} = \sigma_1 \frac{z^{N-1}}{N!} \sum_{k \geq 0} (-z)^k / (k+N) \cdot k! + \sum_{i \geq 2} \sigma_i w_i \frac{z^{N-1}}{N!} \sum_{k \geq 0} (-z)^k (k+N) / (k+N+w_i-1) \cdot k!,$$

где первый член сводится к интегральной функции

$$\gamma(N, z) = z^N / N - \int_0^z x^{N-1} (1 - e^{-x}) dx,$$

а сумма во втором члене заменяется на две,

$$\sum_{k \geq 0} (-z)^k / k! + (1-w_i) \sum_{k \geq 0} (-z)^k / (k+N+w_i-1) \cdot k!,$$

одна из которых - экспонента, вторая же сводится к $\gamma(N+w_i-1, z)$.

Таким образом,

$$\sigma_{nd}^{(N)} = \sigma_1 \frac{\gamma(N, z)}{z \cdot N!} + \sum_{i \geq 2} \sigma_i \frac{w_i}{N!} \left\{ e^{-z} z^{N-1} + (1-w_i) z^{-w_i} \gamma(N+w_i-1, z) \right\}$$

Член с σ_1 отвечает чисто померонному обмену, члены с $\sigma_i, i > 1$, - обмену i -м полюсом с произвольным числом дополнительных померонных обменов ³⁾.

Характерная особенность распределения $\sigma_{nd}^{(N)}$ состоит в том, что основной вклад дают всего лишь несколько первых N , и их число очень слабо зависит от энергии (см. рис.2). Пока остается неясным, насколько это соответствует эксперименту. Однако, если это так, то детали распределения несущественно скажутся на результатах расчетов, и для розыгрыша числа струн можно использовать, в сущности, любую быстро спадающую функцию N . Возможно, именно этим объясняется согласие с опытом расчетных характеристик адронных ливней, полученное в работах ^{1,3,10/}.

2) В обозначениях работы ^{2/} при столкновении адронов a и b

$$G_i = G_{ia} G_{ib}, R_i = R_{ia}^2 + R_{ib}^2, \Delta_i = 1 - \alpha_i.$$

3) Нетрудно убедиться, что

$$\sigma_{nd}^{(N)} = \sum_{i \geq 1} \sigma_{nd}^{(i)} = \sigma_e - \sigma_{ee} - \sigma_e.$$

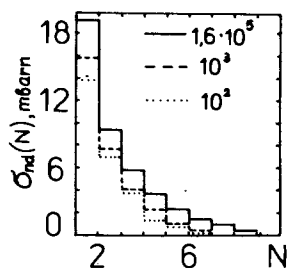


Рис.2. Распределение p-p взаимодействий по числу кварк-глюонных струн для трех энергий Т. Используются параметры таблицы I.

Литература

1. Ter-Martirosyan K.A. - Phys. Lett., 1973, v.44, p.377.
2. Волковицкий П.Э. и др. - ЯФ, 1976, т.24, с.1237.
3. Кайдалов А.Б., Тер-Мартirosян К.А. - ЯФ 1984, т.39, с.1545.
4. Kopeliovich V.M., Nikolaev N.M., Potashnikova I.M. - JINR, E2-86-125, Dubna, 1986.
5. Кайдалов А.Б. - ЯФ, 1971, т.13, с.404.
6. Dao P.T. et al. - Phys. Lett., 1975, v.45, p.402.
Barish S.J. et al. - Phys. Rev. Lett., 1973, v.31, p.1080.
Chapman J.W. et al. - Phys. Rev. Lett., 1974, v.32, p.257.
Chamberger R.D. et al. - Phys. Rev. Lett., 1975, v.34, p.1121.
Albrow E.G. et al. - Nucl. Phys., 1976, v.B100, p.1.
Armitage D.C.M. et al. - Nucl. Phys., 1982, v.B194, p.365.
Ansoerge R.L. et al. - Zs. Phys., 1986, v.C33, p.175.
7. Goulianos K. - Phys. Rep., 1983, v.101, p.170.
8. Kaidalov A.B., Ponomarev L.A., Ter-Martirosyan, ITEP - 41, Moscow, 1986.
9. Грибов В.Н. - МЭТФ, 1967, т.53, с. 654.
10. Амелин Н.С. ОИЯИ, P2-86-836, Дубна, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 июля 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

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.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
-	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
D1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
D9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
D7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
D2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
D4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
D2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
D14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
D17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

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

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Барашенков В.С.

P2-88-556

Аппроксимация адронных взаимодействий реджевскими диаграммами с многопомеронным обменом

Отмеченное рядом авторов хорошее согласие с опытом полных сечений взаимодействий адронов и их упругого рассеяния в области малых углов, вычисленных путем суммирования реджевских диаграмм с многопомеронным обменом, является следствием подгонки большого числа содержащихся в них параметров. Другие величины согласуются с опытом хуже. Обсуждается вычисленное с помощью реджевских диаграмм распределение адронных взаимодействий по числу фрагментирующих кварк-глюонных струн.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод М.В.Коротковой

Barashenkov V.S.

P2-88-556

Approximation of Hadron Interactions by Regge Diagrams with Multipomeron Exchange

A good agreement of hadron interactions total cross section and their elastic scattering at small angles calculated by summarizing Regge multipomeron exchange diagrams with experiment mentioned by a number of authors results from the fitting of a great variety of the parameters contained in the formulas. The agreement of the other hadron characteristics with experiment is worse. Distribution of hadron interactions over the number of fragmenting quark-gluon strings calculated by utilizing Regge diagrams is discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988