

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

П 13

P2-88-898

А.С.Пак*, В.В.Ужинский

О ПРИМЕНИМОСТИ
МОДЕЛИ "РАНЕННЫХ" НУКЛОНОВ -
ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ

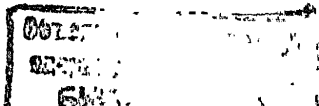
* Институт физики высоких энергий АН КазССР,
Алма-Ата

1988

Практически одновременно с появлением каскадно-испарительной модели неупругих ядро-ядерных взаимодействий^{/1/} была предложена^{/2/} довольно простая модель "раненых" нуклонов. Модель предполагает, что в неупругих ядро-ядерных взаимодействиях каждый нуклон, испытавший не менее одного неупругого взаимодействия /"раненый" нуклон/, переходит в возбужденное состояние. В сочетании с соответствующей техникой расчетов распределений по числам "раненых" нуклонов^{/2/} и предположением о механизме распада возбужденных состояний она позволяет рассчитать распределения по множественности рожденных частиц. В работе^{/3/} в предположении о том, что возбужденные нуклоны распадаются так же, как и в NN-соударениях, и при использовании для вычисления распределений по числу "раненых" нуклонов приближения Чжа - Максимова была предпринята попытка интерпретации данных^{/4/} о рождении π -мезонов. Ее неутешительные результаты послужили основанием для вывода о несостоятельности модели "раненых" нуклонов, хотя к тому времени недостатки приближения Чжа - Максимова^{/5/} были хорошо известны^{/6/}. Успешное же описание экспериментальных данных по неупругим ядро-ядерным взаимодействиям при высоких энергиях в рамках LUND-модели^{/7/}, являющейся логическим обобщением модели "раненых" нуклонов, заставляет вернуться к вопросу о ее состоятельности.

Отметим, что LUND-модель и дуальная партонная модель /ДПМ/^{/8/} при применении их в области промежуточных энергий приводят к различным вариантам модели "раненых" нуклонов.

Действительно, согласно LUND-модели^{/7/} в результате неупругого нуклон-нуклонного взаимодействия каждый из нуклонов переходит в состояние, характеризующееся непрерывным спектром масс. Эти состояния проявляются в виде двух КХД-струн, при фрагментации которых и последующих распадах резонансов возникают наблюдаемые адроны. При низких и средних энергиях следует полагать, что нуклоны будут переходить в состояния с дискретным спектром масс, то есть рождение частиц будет происходить через образование и распад нуклонных резонансов. Следует отметить, что такое непосредственное обобщение LUND-модели запрещает обмены кварками между нуклонами. Поэтому для описания, например, реакций перезарядки необходимо привлекать дополнительные соображения.



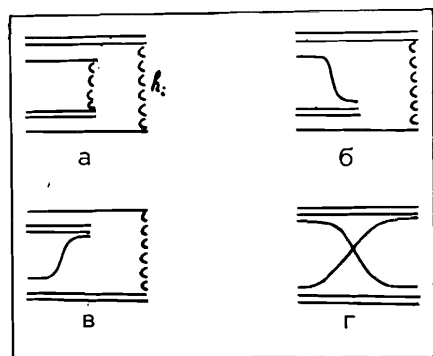


Рис. 1. Схемы образования струн в нуклон-нуклонных взаимодействиях в ДПМ^{/8/}.

В отличие от LUND-модели в ДПМ^{/8/} схема образования струн представляется иным образом, а именно предполагается, что струны образуются между кварковыми подсистемами разных адронов /см. рис. 1/. Если массы струн достаточно велики, то процесс рождения частиц можно

проиллюстрировать рис.1а, на котором прямыми линиями изображены составляющие кварки нуклонов, а через h_1 обозначены рожденные адроны. Такой процесс согласно реджевскому подходу доминирует при высоких энергиях. При промежуточных энергиях доминируют процессы типа 1б, 1в. При низких энергиях - процесс типа 1г. Как видно, представления LUND-модели и ДПМ о процессе множественного рождения частиц в нуклон-нуклонных взаимодействиях при низких и средних энергиях довольно близки.

Адрон-ядерные взаимодействия согласно LUND-модели представляются в виде бинарных соударений, среди которых первое является соударением налетающего адрона с нуклоном ядра-мишени, а все последующие есть соударения возбужденного налетающего адрона с нуклонами ядра.

В ДПМ адрон-ядерные взаимодействия при средних энергиях можно трактовать как совокупность последовательностей процессов типа рис. 1б-1г.

При неупругих ядро-ядерных взаимодействиях нуклоны, многократно перерассеиваясь, согласно LUND-модели /или испытывая многократные обмены кварковыми составляющими, согласно ДПМ/ переходят в некоторое возбужденное состояние, в общем случае включающее и состояния непрерывного спектра. Из этих состояний и происходит рождение новых частиц. В дальнейшем будем называть провзаимодействовавшие возбужденные нуклоны резонансами.

Согласно обобщению LUND-модели заряд резонансов равен заряду провзаимодействовавших нуклонов. Поэтому, предполагая одинаковую степень возбуждения нуклонов в ядро-ядерных взаимодействиях и обозначая через $\langle n_p \rangle$ и $\langle n_N \rangle$ средние множественности частиц, рождающихся при распадах протоноподобного и нейтроноподобного резонансов соответственно, получим следующее значение средней множественности частиц, рожденных в ядро-ядерных соударениях:

$$\langle n_{AB} \rangle = \langle n_p \rangle \langle N_{W.P.} \rangle + \langle n_N \rangle \langle N_{W.N.} \rangle. \quad /1/$$

Здесь $\langle N_{W.P.} \rangle$ и $\langle N_{W.N.} \rangle$ - средние числа "раненых" /провзаимодействовавших/ протонов и нейтронов соответственно.

Согласно же обобщению ДПМ

$$\langle n_{AB} \rangle = \langle n \rangle (\langle N_{W.P.} \rangle + \langle N_{W.N.} \rangle), \quad /2/$$

где $\langle n \rangle$ - средняя множественность частиц, рожденных при распаде "среднего" резонанса. Величины $\langle N_{W.P.} \rangle$ и $\langle N_{W.N.} \rangle$ определяются следующим образом^{/2/}:

$$\langle N_{W.P.} \rangle = \langle N_{W.P.} \rangle_A + \langle N_{W.N.} \rangle_B,$$

$$\langle N_{W.N.} \rangle = \langle N_{W.N.} \rangle_A + \langle N_{W.N.} \rangle_B, \quad /3/$$

$$\langle N_{W.P.} \rangle_A = Z_A \cdot \sigma_{NB}^{in} / \sigma_{AB}^{in},$$

$$\langle N_{W.N.} \rangle_A = (A - Z) \sigma_{NB}^{in} / \sigma_{AB}^{in}. \quad /4/$$

Здесь A и B - массовые числа сталкивающихся ядер, Z - заряд ядра, σ_{NB}^{in} - сечение неупругого взаимодействия нуклона с ядром B, σ_{AB}^{in} - сечение неупругого взаимодействия ядер A и B.

Для проверки соотношений /1/ и /2/ используем данные работ^{/9-12/} и значения величин $\langle N_{W.P.} \rangle$ и $\langle N_{W.N.} \rangle$, рассчитанные с применением алгоритма, предложенного в работе^{/13/}. На рис.2 представлено отношение средней множественности ливневых частиц /s-частиц/, рождающихся во взаимодействиях различных ядер /с-частиц/, к среднему числу ливневых частиц, рождающихся при энергии $E = 4,5$ ГэВ/нуклон. Как видно, соотношение /2/ выполняется с хорошей точностью. Очевидно, что при $\langle n_p \rangle = \langle n_N \rangle$ также выполняется и соотношение /1/.

Обратимся теперь к данным работ^{/14,15/}. На рис. 3 представлено отношение средней множественности отрицательно заряженных частиц, рождающихся в αA - и CA -взаимодействиях при $E = 4,5$ ГэВ/нуклон, к среднему

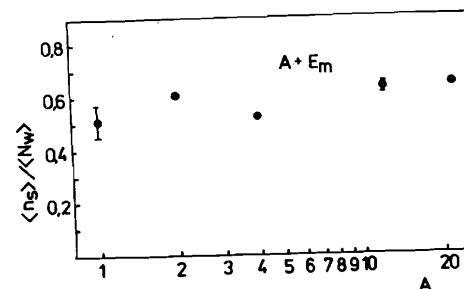


Рис. 2. Отношение среднего числа s-частиц к средней множественности "раненых" нуклонов как функция массового числа ядра-снаряда. При расчетах $\langle N_W \rangle$ были использованы данные о NN-взаимодействиях из^{/17/}.

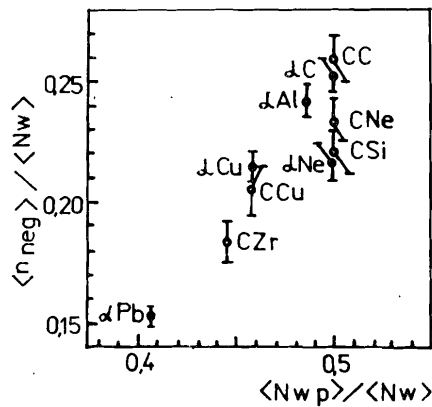


Рис. 3. Отношение среднего числа отрицательно заряженных частиц к $\langle N_W \rangle$ как функция $\langle N_{W.P.} \rangle / \langle N_W \rangle$.

числу раненых нуклонов*. Как видно, о выполнении соотношения /2/ говорить трудно. Отметим, что исследуемое соотношение согласно формуле /1/ должно быть линейной функцией от $\langle N_{W.P.} \rangle / (\langle N_{W.P.} \rangle + \langle N_{W.N.} \rangle)$.

$$\frac{\langle n_{neg} \rangle}{\langle N_{W.P.} \rangle + \langle N_{W.N.} \rangle} = \frac{(\langle n_P \rangle - \langle n_N \rangle) \langle N_{W.P.} \rangle}{\langle N_{W.P.} \rangle + \langle N_{W.N.} \rangle} + \langle n_N \rangle. \quad /5/$$

Из рис. 3 легко видеть, что для того, чтобы выполнялось соотношение /5/, необходимо допустить отрицательное значение величины $\langle n_N \rangle$. Для устранения возникшего противоречия необходимо отказаться от предположения о равной степени возбуждения нуклонов в различных ядро-ядерных соударениях, что не противоречит основным положениям ДПМ, тогда как в рамках LUND-модели это обстоятельство не имеет достаточно естественного обоснования. Данные же рис. 3 можно интерпретировать как указание на то, что при увеличении массового числа ядра-мишени средняя степень возбуждения нуклонов уменьшается.

Перейдем теперь к описанию распределений по множественности рожденных частиц. Учитывая малость величины $\langle n \rangle$, предположим, что распределение по множественности частиц, рождающихся при распаде "среднего" резонанса, определяется значениями $p_0 = 1 - \langle n \rangle$ и $p_1 = \langle n \rangle$. Тогда распределение по множественности частиц в ядро-ядерных взаимодействиях дается простым выражением

$$P_n = \sum_{N_W} C_{N_W}^n p_1^n (1 - p_1)^{N_W - n} W_{N_W}, \quad /6/$$

где W_{N_W} - распределение по числу "раненых" нуклонов. Исполь-

* Ранее постоянство обсуждаемого соотношения экспериментально проверялось в работе /16/.

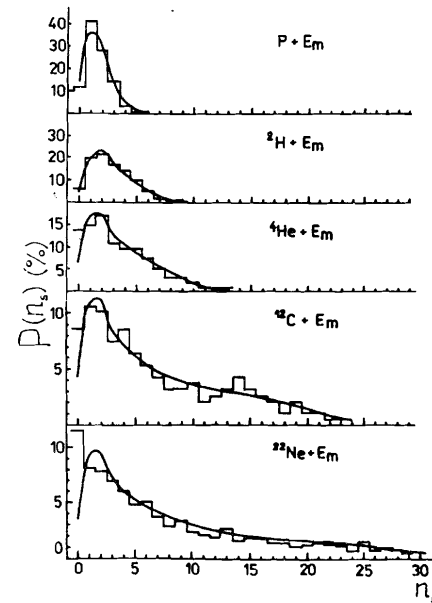


Рис. 4. Распределения по числу s-частиц в АEm-взаимодействиях при $P_A = 4,5$ А ГэВ/с. Гистограммы - данные /9-12/. Кривые - наши расчеты.

зуя для расчетов W_{N_W} технику, развитую в работе /13/*, и значения $\langle n \rangle$, найденные выше, можно рассчитать распределение P_n . Результаты таких расчетов представлены на рис. 4 и 5 в сопоставлении с распределениями по числу s-частиц в АEm-взаимодействиях /рис. 4/ /9-12/ и с распределениями по числу отрицательно заряженных частиц в аА- и СА-взаимодействиях /14,15/.

Как видно, степень согласия результатов расчетов с экспериментальными данными вполне удовлетворительная.

Подводя итоги, можно сказать, что модель "раненых" нуклонов в сочетании с представлениями дуальной партонной модели и глауберовской теорией ядро-ядерного рассеяния позволяет понять основные черты процессов множественного рождения во взаимодействиях ядер при средних энергиях.

Один из авторов /А.С.Пак/ благодарит А.Ш.Гайтинова за интерес к работе.

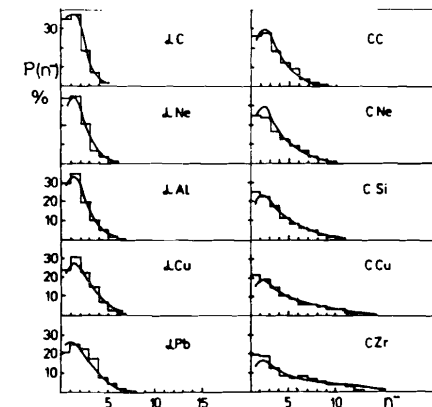


Рис. 5. Распределения по числу отрицательно заряженных частиц в аА- и СА-взаимодействиях при $P_A = 18$ ГэВ/с и $P_C = 54$ ГэВ/с. Гистограммы - данные /14,15/. Кривые - наши расчеты.

* Можно воспользоваться также соответствующей подпрограммой программы FRITIOF /7/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. В кн.: "Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами". М.: Атомиздат, 1972.
Bertin N.W. et al. - Phys.Rev., 1974, C9, 522; 1976, C14, 590;
Bondorf J.P. et al. - Phys.Lett., 1976, 65B, 217;
Zeit.für Phys., 1976, A279, 385.
Toneev V.D., Gudima K.K. - Nucl.Phys., 1983, A400, 173;
ЯФ, 1978, 27, 658.
2. Bialas A. et al. - Nucl.Phys., 1976, B111, 461.
3. Vary J.P. - Phys.Rev.Lett., 1978, 40, 295.
4. Fung S.Y. et al. - Phys.Rev.Lett., 1978, 40, 292.
5. Czyz W., Maximon L.C. - Ann.of Phys. (N.Y.) 1969, 52, 59.
6. Faldt G. et al. - Ann.of Phys. (N.Y.) 1974, 82, 326.
Andreev I.V. Preprint FIAN, No.92, 1976, Moscow.
7. Andersson B. et al. - Nucl.Phys., 1987, B281, 289.
Nilsson-Almquist B., Stenlund E. - Comp.Phys.Comm., 1987, 43, 387.
8. Capella A. et al. - Phys.Lett., 1979, 81B, 68; Zeit.für Phys., 1980, C3, 329; Phys.Lett., 1980, 93B, 146; Nucl. Phys., 1984, B241, 75.
Кайдалов А.Б. XI школа физики ИТЭФ, М.: Энергоиздат, 1983, вып. 4.
9. Bubnov V.I. et al. - Zeit.für.Phys., 1981, A302, 133.
10. Galstyan J.A. et al. - Nucl.Phys., 1973, A208, 626.
11. Марин А. и др. - ЯФ, 1979, 29, 105.
12. Андреева Н.П. и др. - ЯФ, 1987, 45, 123.
13. Задорожный А.М. и др. - ЯФ, 1984, 39, 1155;
ОИЯИ 1986, Б1-2-86-858, Дубна.
14. Aksinenko V.D. et al. - Nucl.Phys., 1979, A234, 266.
15. Aksinenko V.D. et al. - Nucl.Phys., 1980, A348, 518.
16. Аникина М.Х. и др. - ЯФ, 1983, 38, 1480.
17. Benary O. et al. NN and ND Interactions (Above 0,5 GeV/c) a Compilation, UCRL-20000 NN, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 декабря 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	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.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987	4 р. 20 к.
Д17-88-95	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.