

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

2354 - 2 - 80

2-80-66

В.С.Ставинский

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ А-ЗАВИСИМОСТИ
ПОЛНЫХ СЕЧЕНИЙ
НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЯДЕР
И ПИОНОВ С ЯДРАМИ

1980

В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных измерению полных неупругих сечений взаимодействий релятивистских ядер при энергиях больше 1 ГэВ/нуклон с различными ядрами.

Измерения, выполненные на ускорителях Дубны ^{/1-4/} и Беркли ^{/5-7/}, указывают на более слабую зависимость величин сечений от размеров ядра-мишени /А-зависимость/ с ростом атомного веса ядра-снаряда: p , d , α , c . Эта закономерность была просто объяснена в работе ^{/8/} с помощью геометрической модели взаимодействующих ядер с перекрытием ΔR :

$$\sigma_{in} = \pi(R_i + R_t - \Delta R)^2, \quad /1/$$

где R_i и R_t - радиусы ядер снарядов и мишеней соответственно.

В работах группы Института теоретической и экспериментальной физики ^{/9,10/}, посвященных прецизионным измерениям полных неупругих сечений взаимодействия протонов и пионов с различными ядрами при энергиях до 10 ГэВ, также отмечается более сильная А-зависимость пион-ядерных взаимодействий по сравнению с протон-ядерными. Заметим также, что простое правило кваркового счета /протон-протонное сечение в 1,5 раза превышает пион-протонные в соответствии с числом валентных кварков в протоне и пионе/ для взаимодействия протонов и пионов с ядрами не выполняется.

В данной работе делается попытка объяснить перечисленные особенности неупругих взаимодействий с единой точки зрения. Для анализа мы используем экспериментальные данные пион-ядерных взаимодействий при импульсе пионов 6,5 ГэВ/с и протон-ядерные при импульсе протона 9 ГэВ/с. Основной объем экспериментального материала по ядро-ядерным взаимодействиям получен в Дубне и соответствует импульсу на нуклон взаимодействующих ядер около 4-5 ГэВ/с. Экспериментальные данные ^{/5-7/} получены при меньших энергиях - около 2-3 ГэВ/с на нуклон. В тех случаях, если имеются идентичные измерения, данные Беркли превышают данные Дубны на ~10%. Поэтому все величины неупругих сечений, полученные в Беркли, уменьшены на 10%.

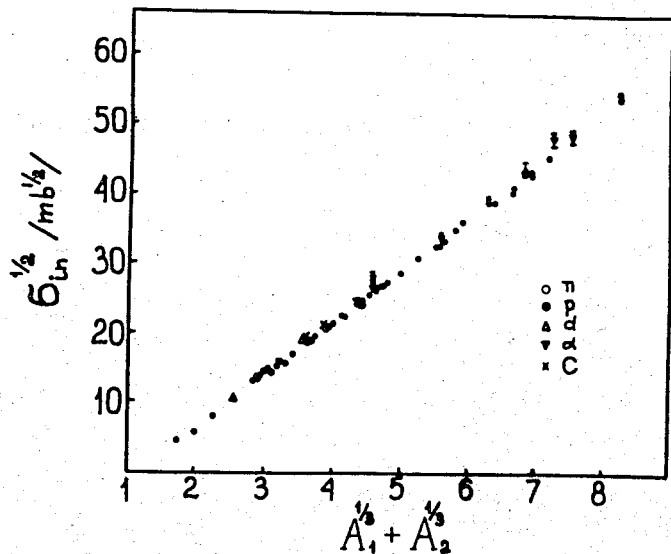
Предполагая, что радиусы ядер с атомным весом А удовлетворяют закону равной плотности ядер

$R = r_0 A^{1/3}$,
можно привести соотношение /1/ к виду

$$\sigma_{in} = \pi r_0^2 (A_i^{1/3} + A_t^{1/3} - a)^2. \quad /2/$$

В соответствии с равной "кварковой плотностью" мы будем считать, что для пиона $A_\pi = 2/3$.

Рис. 1



На рис. 1 показаны экспериментальные величины $\sigma_{in}^{1/2}$ пион-ядерных (O), протон-ядерных (●), дейтрон-ядерных (Δ), альфа-ядерных (▽) и углерод-ядерных (x) взаимодействий в зависимости от суммы:

$$A_1^{1/2} + A_2^{1/2}$$

где $i = \pi, p, d, \alpha, c$ и $t = p, d, \dots U$. На рисунке не показана величина $\sigma_{in}(C, Ta)^{1/8}$, на много стандартных ошибок отклоняющаяся от общей зависимости.

На основе данных рис. 1 можно сделать следующие выводы:

1. Полные поперечные сечения неупругих взаимодействий в первом приближении описываются соотношением /2/ для указанного набора i и t , причем параметры в соотношении /2/ равны $r_0 = 1,48 \cdot 10^{-13}$ см, $b = 1,32$.

2. В представлении соотношения /2/ пион-ядерные и протон-ядерные сечения неупругих взаимодействий совпадают. Следовательно, наблюдаемые на опыте различия в этих взаимодействиях объясняются разницей в аргументе A_i .

3. Найденной зависимости удовлетворяют и πp и πp -взаимодействия. Более того, экстраполяция зависимости к $A_i = A_t = 1/3$ дает разумную величину кварк-кваркового взаимодействия.

Экспериментальный материал рис. 1 показан на рис. 2 в другом представлении. По оси ординат отложена величина эффективного сечения кварк-кваркового взаимодействия

$$\omega(qq) = \sigma_{in} / N_1 \cdot N_2$$

где N_1 и N_2 - число валентных кварков взаимодействующих частиц / $N=3$ для нуклона и $N=2$ для пиона/. По оси абсцисс - произведение $N_1 \cdot N_2$.

Из рис. 2 видно, что с ростом аргумента эффективное сечение неупругого кварк-кваркового взаимодействия монотонно падает; причем это падение тем сильнее, чем больше составляющих кварков в частице-снаряде /обозначения такие же, как на рис. 1/. Проявляется более сильное экранирование кварков в частице-снаряде.

Поскольку нам известен закон /соотношение /2//, описывающий неупругие взаимодействия простых и сложных ядер, определим аргумент в виде

$$\omega = 0,397 \frac{N_1 N_2}{(N_1^{1/3} + N_2^{1/3} - 1,37)^2} \quad /3/$$

На рис. 3 показана зависимость $\sigma(qq)$ от ω . Видно, что эффективное кварк-кварковое сечение неупругого взаимодействия для взаимодействующих ядер уменьшается в 30 раз с ростом аргумента. При стремлении N_1 и N_2 к единице получаем поперечное сечение свободного кварк-кваркового неупругого взаимодействия:

$$\sigma(qq) \approx 3,5 \text{ мб.}$$

Из рисунка также видно, что экранирующее влияние кварков для πp -, pp - и даже pd -взаимодействий слабое.

Заметим, что переменная ω при $N_2 \gg N_1$ равна $\omega \approx N_1 N_2^{1/3}$.

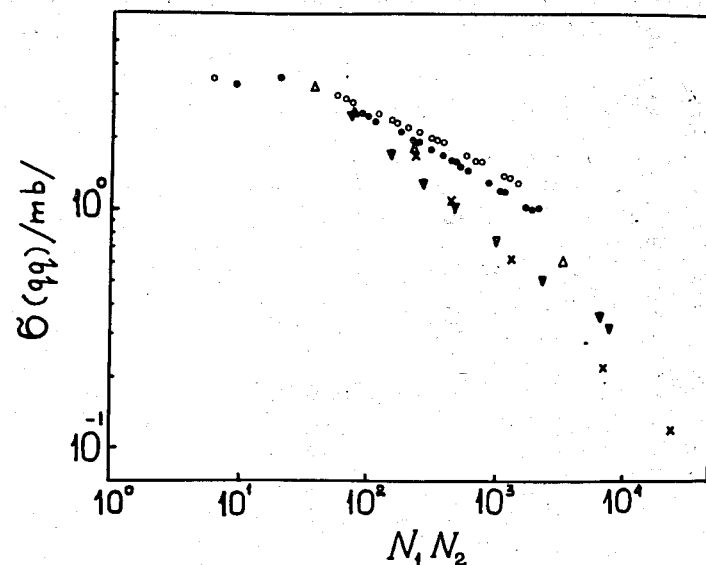
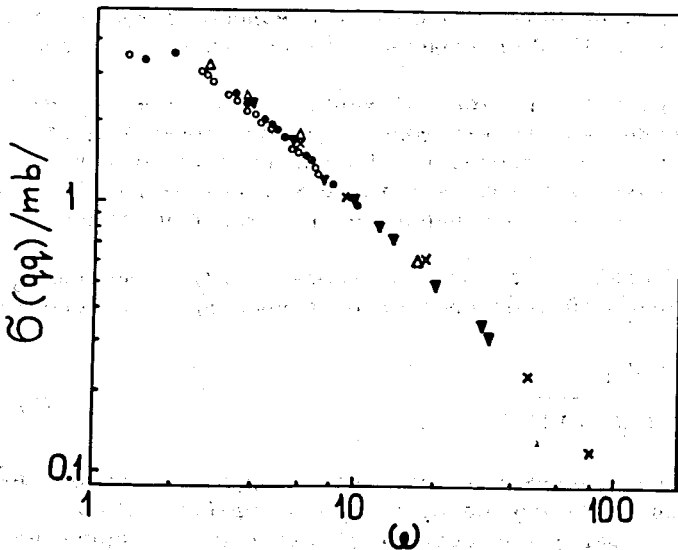


Рис. 2



т.е. пропорциональна объему налетающего адрона и радиусу ядра-мишени.

Константы 1,37 в выражении /3/, а в /2/ и ΔR в /1/ имеют общую природу. Из условия $d\omega > 0$ или более мягкого - $\omega(1,2) \geq \omega(1,1)$ /аргумент для взаимодействия кварка с пионами больше либо равен аргументу взаимодействия кварка с кварком/ следует, что эта константа $\leq 1,37$. Следовательно, предлагаемое описание неупругих взаимодействий в этом смысле не содержит свободных /"подгоночных"/ параметров, если $\sigma_{in}(1,2) = \sigma_{in}(1,1)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокова Л.Н. и др. ОИЯИ, P1-9364, Дубна, 1975.
2. Аникина М.Х. и др. ОИЯИ, P1-10592, Дубна, 1977.
3. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, P1-10565, Дубна, 1977.
4. Abdurahmanov B.D. et al. JINR, E1-11517, Dubna, 1978.
5. Jaros J.A. LBL-3849, Berkeley, 1975.
6. Lindsbrom P.J. et al. Proc. 14th Int. Conf. on Cosmic Rays. Munich, 1975, p.2315; Heckman H.H. et al. Phys.Rev., 1978, C17, p.1735.
7. Cheshire D.L. et al. Phys.Rev., 1974, D10, p.25.
8. Ахабабян Н. и др. ОИЯИ, 1-12114, Дубна, 1979.
9. Fyodorov V.V. et al. ИТЭР, 1977, 86.
10. Бобченко Б.М. и др. ИТЭФ-15, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 января 1980 года.