

ЗАВИСИМОСТЬ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ПРОТОНОВ И ПИОНОВ ОТ ИХ СТЕПЕНИ ЦЕНТРАЛЬНОСТИ В dC-СОУДАРЕНИЯХ

Р.Н.Бекмирзаев¹, Х.Бекмирзаева¹, М.У.Султанов², М.Мустафоева¹

¹Джизакский государственный педагогический институт, Джизак,

²Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан

dC-to'qnashuvlarda protonlar va pionlar ko'plamchiligining to'qnashuv markaziyligi darjasiga bog'liqligi

Annotatsiya. Ushbu ishda (Dubna sh. Rossiya) Birlashgan yadro tadqiqotlari instituti (BYATI) yuqori energiyalar fizikasi laboratoriyasining 2-metrli propanli pufakchali kamerasida olingan, impulsi 4.2 AGeV/s bo'lgan deytronlarning uglerod yadrosi bilan to'qnashuvlarida hosil bo'lgan π^- va π^+ mezonlar hamda protonlar ko'plamchiligining to'qnashuv markaziyligiga bog'liqligi bo'yicha olingan yangi tajriba ma'lumotlari keltirilgan.

Kalit so'z va iboralar. propanli pufakchali kamera, deytron, proton, to'qnashuv.

Зависимость множественности протонов и пионов от их степени центральности в dC-соударениях

Аннотация. В данной работе представлены новые экспериментальные данные, полученные на двухметровой пропановой пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ, о множественностях π^- и π^+ -мезонов и протонов во взаимодействиях дейтронов с импульсами 4,2 АГэВ/с с ядром углерода в зависимости от степени центральности соударения.

Ключевые слов. пропановой пузырьковой камера, дейтрон, протон, соударения.

The dependence of collision centrality on multiplicities of protons and pions in a dC- interactions

Abstract. New experimental data obtained at two-meter propane bubble chamber of LHE of JINR (Dubna, RF) on multiplicities of π^- and π^+ mesons and protons in the interactions of deuterons with carbon nucleus at momentum 4.2 AGeV/c in a dependence of collision centrality are presented.

Key words. propane bubble chamber, deuterons, proton, presented

Введение

Исследование ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях сталкивающихся ядер является хорошим источником информации о коллективных свойствах ядерной материи, в поисках эффектов многонуклонных взаимодействий, проявлений кварковых степеней свободы. Без детального изучения характеристик вторичных частиц таких как множественности, импульсные, угловые и быструтные распределения невозможно обнаружить какие либо особенности ядерных реакций.

Экспериментальный материал получен на основе обработке стереофотографий с двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ (г.Дубна, РФ), помещенной в магнитное поле с напряженностью 1,5 Тл, и облученной в пучке дейтронов с импульсом 4,2 А ГэВ/с на синхрофазатроне ОИЯИ.

Цель данной работы является детальный анализ множественности вторичных адронов – протонов и заряженных пионов в dC- взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с.

Методика эксперимента

Для выделения событий неупругого dC- взаимодействия из полного ансамбля $d(C_3 H_8)$ – взаимодействий использовались критерии, описанные в [1-11]. В анализируемом ансамбле dC- взаимодействий среди вторичных частиц выделялись заряженные пионы, протоны-участники с импульсом $P > 0,3$ ГэВ/с и испарительные протоны с импульсами $0,15 \leq P < 0,3$ ГэВ/с. Введена корректировка на число протонов ниже 0,15 ГэВ/с, поскольку эти протоны не регистрируются в пропановой камере из-за малой длины пробега. Кроме того, рассматривались две группы протонов: протоны участники из ядра мишени ($0,3 < P \leq 0,75$ ГэВ/с) и протоны из налетающего ядра дейтрона ($P > 0,75$) ГэВ/с. Надо отметить, что в составе последних двух групп протонов есть незначительная доля протонов из ядра снаряда и из ядра-мишени. Примесь этих протонов учтена исследованиям поперечных импульсов соответствующих частиц.

В изучаемых dC-событиях выделялись все регистрируемые протоны, π^+ и π^- -мезоны, протоны участники с импульсом $P \geq 0,3$ ГэВ/с и испарительные протоны в интервале импульсов частиц $0,15 \leq P < 0,3$ ГэВ/с. А также рассматривались две группы протонов: протоны участники из ядра мишени, импульсы которых лежат в интервале 0,3-0,75 ГэВ/с и протоны с импульсом $P > 0,75$ ГэВ/с. Протоны с импульсом $P > 0,75$ ГэВ/с считаются протонами, провзаимодействовавшие с ядром мишенью и часть протонов из ядра углерода, получившую большую передачу импульса при взаимодействии с нуклоном (протоном или нейтроном) снаряда.

За меру степени центральности dC-взаимодействий была принята “net” заряд Q, которая определялась как

$$Q = n_+ - n_- - n_p^s - n_t^s,$$

где n_+ и n_- - число однозарядных положительных и отрицательных частиц в событии, n_p^s и n_t^s - число протонов стриппингов из ядра снаряда и из ядра мишени, соответственно. Для n_p^s принято частицы-спектаторы с $P > 3$ ГэВ/с и углом вылета $\theta < 3^\circ$. Спектаторные протоны из ядра-мишени считались протоны с $P < 0,3$ ГэВ/с. Величина Q равна суммарному заряду частиц в событии, активно участвующих во взаимодействии. Она коррелирует с величиной прицельного параметра **b** соударения сталкивающихся ядер. Степень центральности взаимодействия возрастает с ростом Q, т.е. с увеличением число участвующих частиц при столкновении.

Экспериментальные результаты

Получены множественные распределения вторичных протонов и заряженных пионов, образованных в dC-взаимодействиях. Число анализируемых dC-событий и средние множественности вторичных частиц для всех dC-столкновений и для шести групп событий с различной степенью центральности, определяемой величины Q, представлены в табл.1. Из полученных данных видно, что периферические взаимодействия ($Q \leq 2$) составляют около 60% всех неупругих dC-соударений, а доля наиболее центральных соударений ($Q \geq 4$) составляют $\approx 20\%$. Среди событий $Q \leq 2$

имеется примесь от многонуклонных взаимодействий, которые можно исключить, требуя, чтобы в событии имелся только одного или двух идентифицированных протонов, вылетающий в любом направлении (эти протоны может вылетит из ядра за счет ферми-движения нуклонов). Полный ансамбль dC-взаимодействия характеризуется средним числом протонов участников $\langle n_p(\text{уч}) \rangle = 1,11 \pm 0,01$. Причины этого является меньшее количество непериферических взаимодействий. Средняя множественность заряженных пионов одинаково (табл.1), что типично для взаимодействий дейтронов с симметричным ядром углерода ^{12}C .

Таблица 1. Средние множественности частиц в dC-взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с в зависимости от степени центральности взаимодействия

Q	1	2	3	4	5	6	7	Все соб.
$N_{\text{соб}}$	1797	2030	1394	811	407	193	60	7070
$\langle n_{\pm} \rangle$	1.43 ± 0.01	2.32 ± 0.08	3.53 ± 0.06	5.01 ± 0.03	6.02 ± 0.02	7.2 ± 0.02	8.43 ± 0.01	3.36 ± 0.02
$\langle n_{\pi^-} \rangle$	0.49 ± 0.02	0.50 ± 0.02	0.75 ± 0.01	0.91 ± 0.01	1.16 ± 0.01	1.21 ± 0.01	1.52 ± 0.01	0.59 ± 0.01
$\langle n_{\pi^+} \rangle$	0.55 ± 0.02	0.51 ± 0.02	0.65 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.86 ± 0.01	0.75 ± 0.01	0.82 ± 0.01	0.64 ± 0.01
$\langle n_p(\text{уч}) \rangle$	0.32 ± 0.02	0.83 ± 0.01	1.39 ± 0.01	2.01 ± 0.01	2.56 ± 0.01	2.99 ± 0.01	3.90 ± 0.01	1.12 ± 0.01
$\langle n_p(\text{уч}) \rangle$ $0.3 < p \leq 0.75$ ГэВ/с	0.26 ± 0.01	0.54 ± 0.01	0.88 ± 0.01	1.34 ± 0.01	1.68 ± 0.01	1.93 ± 0.01	2.84 ± 0.01	0.74 ± 0.01
$\langle n_p(\text{уч}) \rangle$, $P > 1.4$ (ГэВ/с)	0.54 ± 0.02	0.48 ± 0.02	0.53 ± 0.02	0.58 ± 0.02	0.52 ± 0.02	0.67 ± 0.02	0.49 ± 0.02	0.55 ± 0.02
$\langle n_p(\text{исп}) \rangle$ $0.15 < p \leq 0.3$ (ГэВ/с)	0.21 ± 0.02	0.41 ± 0.02	0.66 ± 0.02	0.99 ± 0.01	1.17 ± 0.01	1.52 ± 0.01	1.26 ± 0.01	0.55 ± 0.02
$\langle n_p(\text{исп}) \rangle$ $P < 0.15$ (ГэВ/с)	3.72 ± 0.03	2.26 ± 0.02	1.05 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.09 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.01 ± 0.004

Средняя множественность протонов-участников почти на 25% превышает средней множественности протонов с импульсом $P > 1.4$ ГэВ/с. Это свидетельствует об относительно меньшем образовании Δ -изобаров в dC-взаимодействиях чем pC-столкновений при той же энергии [12-14].

Из Q зависимости средних множественностей можно видеть, что при переходе от периферических взаимодействий к центральным, значительно возрастают средние множественности всех рассматриваемых вторичных заряженных частиц (табл.1). Особенно, множественное образование π^- -мезонов заметно чувствительны к величине степени центральности. Средние множественности положительных и отрицательных пионов для всех dC-событий почти одинаково: $\langle n_{\pi^-} \rangle = 0,63 \pm 0,01$ и $\langle n_{\pi^+} \rangle = 0,64 \pm 0,01$. Для событий с $Q \geq 3$ множественное образование π^+ -мезонов, в пределах ошибок, постоянно. Разницу в множественностей π^+ и π^- -мезонов с увеличением степени центральности можно объяснить если учитывать, что сечение реакции $pp \rightarrow rp\pi^+ \sigma_1$ при импульсе 4,2 ГэВ/с превышает сечение реакции $pp \rightarrow rpp\pi^- \sigma_2$ в три раза [13]. Дейтрон можно рассматривать как очень слабо связанное протон-нейтронную систему (удельная энергия связи 1,11 МэВ) относительно энергии взаимодействия. Поэтому можно предполагать, что каждый нуклон дейтрона в отдельности взаимодействует с ядром углерода. С уменьшением импульса первичного протона в ходе взаимодействия с ядром углерода эти превышение увеличивается (σ_1 существенно возрастает, а σ_2 медленно убывает). Таким образом может быть объяснена различная зависимость $\langle n_{\pi^-} \rangle$ и $\langle n_{\pi^+} \rangle$ от Q .

Рассмотрим влияние степени центральности dC-взаимодействий на средние множественности медленных протонов-фрагментов мишени ($0,3 \leq P < 0,75$ ГэВ/с). При этом наименьшее значение $\langle n_p \rangle$ наблюдается в событиях $Q=1$ (см.табл.1), которые как указывалось выше, в основном представляет собой результат взаимодействия протона из снаряда с нейтроном ядра углерода. По мере увеличения Q множественность мишенных протонов возрастает, т.е. все больше число нуклонов ядра углерода вовлекается в процесс взаимодействия. При этом, естественно, уменьшается множественность испарительных протонов, в частности, множественность протонов с импульсом $P < 0,15$ ГэВ/с сильно падает. Множественность мишенных протонов с $P > 0,75$ ГэВ/с, число которых

определяется из соотношения $\langle n_p \rangle$ (уч) - $\langle n_p \rangle$ (уч) $0,3 < p \leq 0,75$ - $\langle n_p \rangle$ (уч) $p > 1,4$ тоже возрастает с увеличением Q . Это происходит благодаря увеличению доли мишенных протонов, получивших большую передачу импульса при соударении с налетающим протоном. Средняя множественность лидирующих протонов около $0,40 \pm 0,01$.

Таблица 2. Значения параметров α и β в dC- взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с в зависимости от величины Q .

Q	1	2	3	4	5	6	7	Все события
α	0,930	0,603	0,535	0,450	0,451	0,404	0,389	0,575
β	1,402	0,615	0,472	0,402	0,336	0,250	0,210	0,566

По полученным данным о $\langle n_{\pi^-} \rangle$, $\langle n_{\pi^+} \rangle$ и $\langle n_p \rangle$ (уч) при разных Q определены отношения $\alpha = \langle n_{\pi^-} \rangle / \langle n_p \rangle$ (уч) и $\beta = \langle n_{\pi^+} \rangle / \langle n_p \rangle$ (уч) и получены зависимости этих отношений от Q (табл.2). Из таблицы можно видеть, что по мере перехода от периферических взаимодействий к центральным значительно уменьшается (до 60%) среднее число π^- -мезонов, приходящихся на один средний протон-участник из dC-взаимодействий при 4,2 ГэВ/с. Это свидетельствует о том, что с ростом Q уменьшается доля вторичных взаимодействий с рождением π^- -мезонов. В то же время отношение $\langle n_{\pi^+} \rangle / \langle n_p \rangle$ (уч) оказалось меньше чувствительным к центральности событий. Это и понятно, поскольку средняя множественность π^+ -мезонов возрастает с Q почти пропорционально росту с Q среднего числа протонов-участников, что нельзя сказать о средней множественности π^- -мезонов.

Заключение

1. Представлены экспериментальные данные о множественностях протонов, π^+ и π^- - мезонов во взаимодействиях дейтронов с импульсом 4,2 А ГэВ/с с ядром углерода в зависимости от параметра Q , коррелирующего со степенью центральности соударения.

2. В периферических dC-взаимодействиях ($Q=1$ и 2) происходит возбуждение ядро-мишени, в результате которого испускаются медленные протоны с импульсом до $0,3$ ГэВ/с.
3. С увеличением степени центральности существенно возрастает полная множественность заряженных частиц за счет увеличения множественности π^- -мезонов и протонов-участников из ядра-мишени. Наблюдается резкое уменьшение средней множественности испарительных протонов с импульсом $P>0,15$ ГэВ/с.
4. По мере перехода от периферических взаимодействий к центральным событиям среднее число отрицательных пионов, приходящихся на один протон-участник ($P>0,75$ ГэВ/с) уменьшается до 60%. Это является результатом уменьшения прицельного параметра неупругих dC-соударений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Долейши И. и др., ЯФ **49**, 1030(1989).
2. Бекмирзаев Р.Н., Ивановская И.А., Муминов М.М. и др., ЯФ **49**, 488(1989).
3. K. Olimov et al., Comparative analysis of characteristics of protons in n12C and p12C collisions at 4.2 GeV/c, Int. J. Mod. Phys. E, Vol. 29, No. 6 (2020).
4. Олимов К., Бекмирзаев Р.Н., Петров В.И. и др. ДАН РУз №4, 29(2011).
5. А.И. Бондаренко и др., Препринт ОИЯИ, P1-98-292, Дубна, 1998.
6. Гаспарян А.П., Гришин В.Г. и др., Препринт ОИЯИ. 1-80-778, Дубна, 1980.
7. Агакишиев Г.Н. и др., Препринт ОИЯИ, P1-84-235, Дубна, 1984.
8. Ивановская И.А. Препринт ОИЯИ, P1-91-264, Дубна, 1991.
9. Бекмирзаев Р.Н., Беляков В.А. Олимов К. и др. ДАН РУз №6, 36(2011).
10. Х. К. Олимов, ЯФ **71**, 427 (2008).
11. К. Олимов, С. Л. Лутпуллаев, Х. К. Олимов, В.И. Петров. ЯФ **72**, 604 (2009).
12. Г.Н.Агакишиев и др. ЯФ 40,1209 (1984); Z.Phys. C 27,177 (1985).

13. Д.Армутлийски и др., ЯФ 45, 1047 (1987); Z.Phys. A 328, 455 (1987).
14. А.И.Бондаренко и др. Сообщение ОИЯИ Р1-98-292 (Дубна,1998).