

E.G. Boos, T. Temiraliev, M. Izbasarov, V.V. SamoiloV, A.I. Fedosimova

Institute of Physics and Technology, Almaty.
temturt@mail.ru

ANALYSIS OF EVENTS STRUCTURE IN ANTI-PROTON-PROTON ANNIHILATION REACTION AND REACTION OF PROTON AND ANTI-PROTON RECHARGING AT 22.4 GeV/c

Abstract. Analysis of events structure in momentum space in anti-proton-proton annihilation reaction $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$ and recharging reaction $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$ has shown that generated particles are grouped mainly along direction of particle collision. The number of events oriented along of collision axis for primary particles exceed (by a factor of four) in four times the number of events oriented in direction of Y and Z axes in anti-proton-proton annihilation, and in two times in recharging reaction of proton and anti-proton. The number of events grouped along directions for Y and Z axes is approximately equal, the distributions of sphericity for those two groups are similar, and mean value $\langle S \rangle$ at the same multiplicity coincide. The distributions of sphericity in events grouped along of axis X direction differ very strong from appropriate distributions in events grouped along directions of axes Y and Z.

It is established that mean value $\langle S \rangle$ is more in reaction of proton and anti-proton recharging than in reaction of anti-proton-proton annihilation.

Key words: meson, sphericity, proton – anti-proton annihilation, of proton recharging.

УДК 539.12

Э.Г. Боос, Т. Темиралиев, М. Избасаров, В.В. Самойлов, А.И. Федосимова

Физико – технический институт, Алматы

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СОБЫТИЙ В АНТИПРОТОН - ПРОТОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ И РЕАКЦИИ ПЕРЕЗАРЯДКИ ПРОТОНА И АНТИПРОТОНА ПРИ ИМПУЛЬСЕ 22,4 ГэВ/с

Аннотация. Анализ структуры событий в импульсном пространстве в реакции антипротон-протонной аннигиляции $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$ и в реакции перезарядки протона и антипротона $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$ показало, что генерированные частицы, в основном, сгруппированы вдоль направления движения сталкивающихся частиц. Число событий, ориентированных по линии оси соударения первичных частиц, в 4 раза превышает число событий, ориентированных в направлении осей Y и Z в антипротон – протонной аннигиляции, и в 2 раза в реакции перезарядки протона и антипротона. Число событий группирующихся вдоль направлений осей Y и Z, примерно равно, а распределения сферисити для этих двух групп схоже и средние значения $\langle S \rangle$ при одинаковой множественности совпадают. Распределения сферисити S в событиях, группирующихся вдоль направления оси X, сильно отличаются от соответствующих распределений в событиях, группирующихся вдоль направлений осей Y и Z.

Установлено, что среднее значение $\langle S \rangle$ больше в реакции перезарядки протона и антипротона, чем в реакции антипротон-протонной аннигиляции.

Ключевые слова: мезон, сферисити, протон – антипротонная аннигиляция, перезарядка протона.

Особенности ядерных взаимодействий на кварк – глюонном уровне проявляются в динамике наблюдаемых в эксперименте адронов. В $\bar{p}p$ – взаимодействиях при импульсе 22,4 ГэВ/с исследуется механизм рождения адронов при различной множественности в канале аннигиляции

соударяющихся антипротона и протона, а также в канале перезарядки протона и антипротона. Целью исследования является получение новых знаний о структуре событий в импульсном пространстве.

Взаимодействия антипротонов с протонами регистрировались в двухметровой водородной пузырьковой камере «Людмила» Объединенного Института Ядерных Исследований (ОИЯИ) при экспонировании пучком антипротонов на Серпуховском ускорителе У-70. В эксперименте на ~60 тысячах событий полностью измерены угловые и энергетические характеристики вторичных частиц. Среди этих событий измерены 12275 взаимодействий антипротон - протонной аннигиляции $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$ и 12413 взаимодействий в канале перезарядки протона и антипротона $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\tilde{n}X^0$, где m – число $\pi^+\pi^-$ пар и X^0 – вклад нейтральных мезонов.

Методика разделения канала перезарядки протона и антипротона и канала аннигиляции антипротона с протоном изложена в работе [1].

Распределение частиц в импульсном пространстве в индивидуальных взаимодействиях количественно описывается коллективной переменной сферисити S , характеризующей механизм генерации вторичных частиц в системе центра масс.

Анализ событий осуществлялся с помощью матрицы [2], составленной из компонентов импульсов вторичных частиц в системе центра масс.

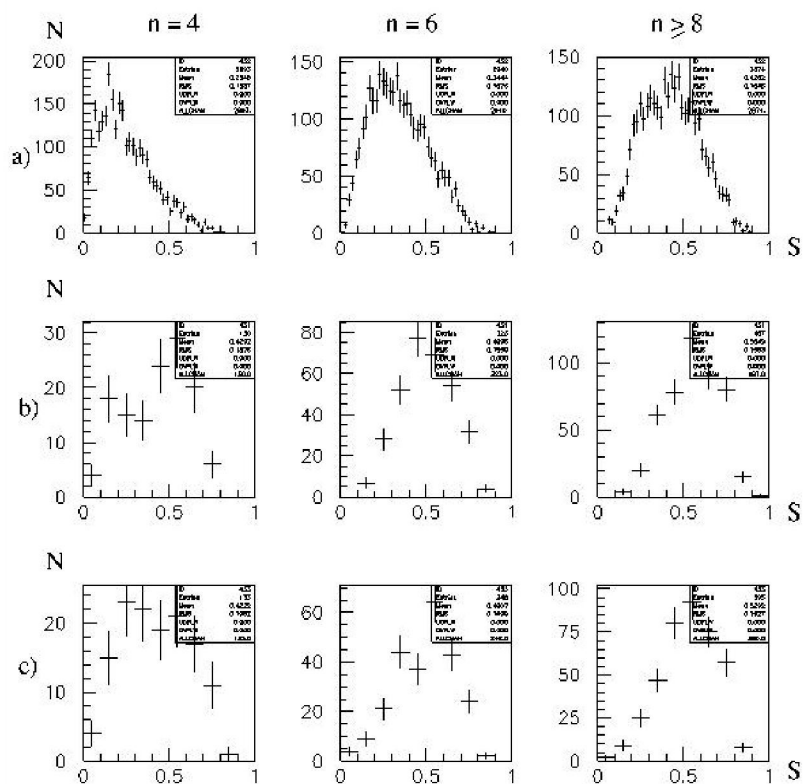


Рисунок 1 – Распределения сферисити в антипротон протонной аннигиляции

$$M_{\alpha\beta} = \sum_{i=1}^n P_{i\alpha} P_{i\beta}, \quad \alpha, \beta = x, y, z,$$

где n – число частиц в событии, x, y, z – декартовы координаты в с.ц.м., x – соответствует направлению соударения встречных пучков первичных частиц. Вычисление переменной S производилось путем диагонализации матрицы по программе LA64 методом вращений (метод Якоби) с помощью ортогонального преобразования [2]. Если после диагонализации матрицы диагональные элементы обозначить Q_1, Q_2, Q_3 и расположить их в порядке возрастания

$Q_1 < Q_2 < Q_3$, то сферисити для события можно определить следующим образом [3-5]:

$$S = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2)$$

Геометрически диагональные элементы матрицы Q_1 , Q_2 и Q_3 являются главными осями эллипсоида вращения. Вытянутость события определялась наибольшим значением диагонального элемента матрицы. На рис. 1 и 2 приведены распределения сферисити S для множественности $n=4$, $n=6$ и $n \geq 8$, соответственно в аннигиляционном канале и в канале перезарядки протона и антипротона для $\tilde{p}p$ – взаимодействий при 22,4 ГэВ/с.

В каждой множественности события разделялись на три группы, выделяемые по наибольшей величине диагональных элементов этих эллипсоидов: а) – события, группирующиеся вдоль оси X и б) с) – события группирующиеся вдоль осей Y и Z . Число анализируемых событий – N , среднее значение сферисити $\langle S \rangle$ и их дисперсии D_s приведены в таблице 1 для каналов антипротон - протонной аннигиляции и перезарядки антипротона и протона.

Таблица 1 – Количество событий N , среднее значение $\langle S \rangle$ и дисперсия D_s при 22,4 ГэВ/с

параметры									
группа	$n = 4$			$n = 6$			$n \geq 8$		
	N	$\langle S \rangle$	D_s	N	$\langle S \rangle$	D_s	N	$\langle S \rangle$	D_s
реакция $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)X^0$ при 22,4 ГэВ/с									
a	2693	$0,254 \pm 0,010$	0,159	2940	$0,344 \pm 0,013$	0,168	2874	$0,428 \pm 0,106$	0,165
b	130	$0,425 \pm 0,075$	0,188	323	$0,500 \pm 0,056$	0,156	467	$0,555 \pm 0,051$	0,155
c	133	$0,420 \pm 0,073$	0,195	248	$0,451 \pm 0,062$	0,170	395	$0,529 \pm 0,053$	0,163
реакция $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)n\tilde{n}X^0$ при 22,4 ГэВ/с									
a	2721	$0,330 \pm 0,013$	0,174	2163	$0,424 \pm 0,018$	0,165	478	$0,512 \pm 0,047$	0,158
b	662	$0,427 \pm 0,033$	0,182	605	$0,506 \pm 0,041$	0,170	211	$0,576 \pm 0,079$	0,162
c	540	$0,421 \pm 0,036$	0,179	514	$0,510 \pm 0,045$	0,168	162	$0,548 \pm 0,086$	0,172

Количество событий, группирующихся вдоль направления движения сталкивающихся частиц, в реакции антипротон - протонной аннигиляции составляет 91%, 84%, 71%, а в реакции перезарядки 69%, 66%, 53% соответственно при множественностях $n=4$, $n=6$ и $n \geq 8$.

Из данных таблицы следует, что число эллипсоидов вращения системы заряженных π - мезонов, ориентированных по линии соударения первичных частиц, в 4 раза превышает число событий, ориентированных в направлении осей Y и Z в реакции антипротон-протонной аннигиляции и в 2 раза - в реакции перезарядки. Распределение сферисити в группе событий (а) в обеих рассматриваемых реакциях, смещается в сторону больших значений S с ростом множественности. Среднее значение $\langle S \rangle$ больше в реакции перезарядки протона и антипротона $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)n\tilde{n}X^0$ по сравнению с реакцией антипротон - протонной аннигиляции $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)X^0$. Распределение сферисити событий для групп частиц, ориентированных в направлении осей Y и Z в пределах однократной статистической ошибки совпадают друг другом в обеих реакциях.

В реакции перезарядки соударяющихся протонов и антипротонов в нейтрон -антинейтронную пару $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)n\tilde{n}X^0$ распределения сферисити событий S в группах а), б) и с) с различным числом мезонов приведены на рис. 2. Число событий группирующихся вдоль

направлений осей Y и Z , примерно равно и растет от 30% до 44% соответственно при $n = 4$ и $n \geq 8$. Распределения для этих двух групп подобны, а средние значения $\langle S \rangle$ при одинаковой множественности совпадают. Распределения сферисити и средние значения $\langle S \rangle$ в событиях, группирующихся вдоль направления оси X , сильно отличаются от соответствующих распределений в событиях, группирующихся вдоль направлений осей Y и Z .

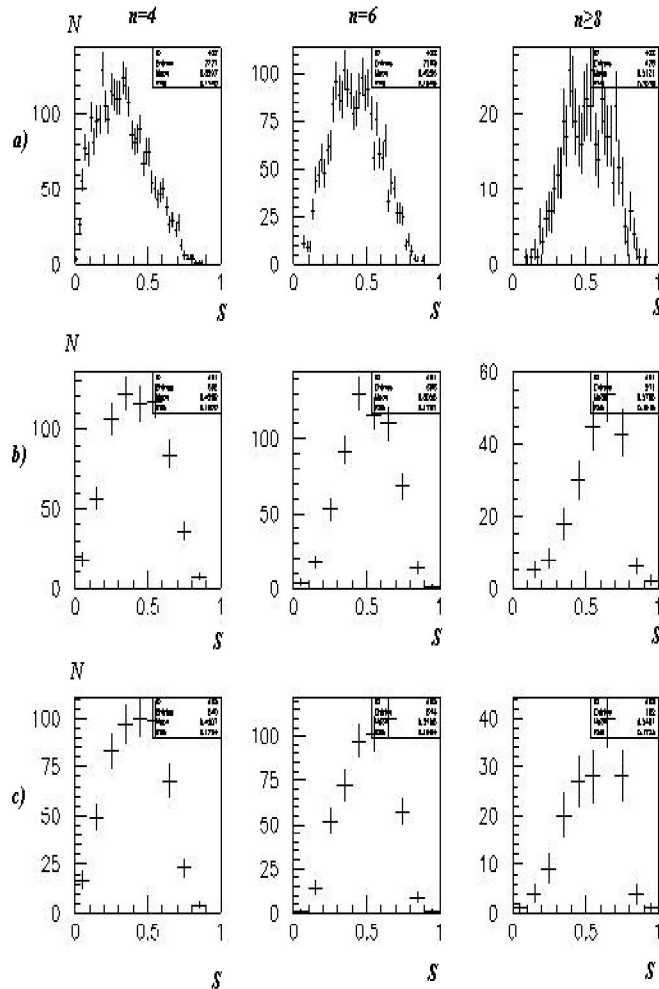


Рисунок 2 – Распределение сферисити в реакции $\bar{p}p \rightarrow n\bar{n}m(\pi^+\pi^-)X^0$

Анализ структуры событий в импульсном пространстве в реакции антипротон - протонной аннигиляции $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$ и в реакции $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$ приводит к следующим выводам:

- генерированные частицы, в основном, сгруппированы вдоль направления сталкивающихся частиц, но при этом доля событий, распределенных по осям столкновения первичных адронов, значительно выше во взаимодействиях, сопровождающихся аннигиляцией соударяющихся нуклонов;

- распределения сферисити событий смещаются в сторону больших значений S с ростом множественности в обеих реакциях, а средние значения $\langle S \rangle$ в реакции $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$ превышают соответствующие значения в реакции антипротон - протонной аннигиляции;

- количество событий, где генерированные частицы, сгруппированные в направлении осей Y и Z , совпадают друг с другом в каждой реакции. Это свидетельствует об азимутальной симметрии частиц в этих двух классах взаимодействий,

- распределения сферисити в группах событий b) и c) схожи и средние значения $\langle S \rangle$

совпадают в группах b) и c) в реакциях $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$ и $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Боос Э.Г., Темиралиев Т. и др.// Известия МОН-НАН РК. Сер. физ-мат – 2000. – №2 – с.35
- [2] Потемкин В. // Fortran – 90, @yandex.ru
- [3] Гришин В.Г. и др.// Ядерная физика 1983, Т.37 – с.915
- [4] Bjorken J.D., Brodsky S.J.// Phys. Rev. D1, p.1416, 1970
- [5] Hanson G. et. al.// Phys. Rev. Lett. 35, p.1609, 1975

REFERENCES

- [1] Boos E.G., Temiraliev T. et. al. Izvestiya MON-NAN RK, ser. fiz-mat. 2000. №2 p.35 (in Rus)
- [2] Potemkin V. // Fortran – 90, @yandex.ru (in Rus)
- [3] Grishin V. G. at. al. Yadernaya fizika 1983, T.37 p.915 (in Rus)
- [4] Bjorken J.D., Brodsky S.J. Phys. Rev. D1, p.1416, 1970 (in Eng)
- [5] Hanson G. et. al. Phys. Rev. Lett. 35, p.1609, 1975 (in Eng)

Э.Г. Боос, Т. Темірәшев, М. Избасаров, В.В. Самойлов, А.И. Федосимова

Физика – техникалық институты, Алматы

ИМПУЛЬСИ 22,4 ГэВ/С АНТИПРОТОН-ПРОТОНДЫҚ АННИГИЛЯЦИЯДА ЖӘНЕ ПРОТОН МЕН АНТИПРОТОННЫҢ ЗАРЯДЫНАН АЙЫРЫЛУ РЕАКЦИЯСЫНДА ОҚИҒА ҚҰРЫЛЫМЫН ТАЛДАУ

Аннотация. Антипротонның протонмен аннигиляциясы $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$ және протонмен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$ импульстік кеңістікте оқиға құрылымын талдау, пайда болған бөлшектердің көбінде әрекеттескен бөлшектердің қозғалыс бағыты бойынша топталатынын көрсетті. Антипротонның протонмен аннигиляциялық әрекетінде қозғалыс бағытында топталған оқиға саны Y пен Z өстерінің бағытында топталған оқиға санынан 4 есе көп және протонмен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында 2 есе артық. Y және Z өстерінің бағытында топталған оқиға сандары өзара тең, ал бұл екі топта көптігі бірдей әрекеттестіктерде сферисити таралымы ұқсас және сфериситидің орташа шамасы $\langle S \rangle$ өзара тең. X өсінің бағытында топталған оқиғалардың сферисити таралымы Y пен Z өстерінің бағытында топталған оқиғалардың сферисити таралымынан өте өзгеше.

Протонмен антипротонның аннигиляция реакциясына қарағанда протонмен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында сфериситидің орташа шамасы $\langle S \rangle$ үлкен екендігі анықталды.

Түйін сөздер: мезон, сферисити, протон мен антипротонның аннигиляциясы, протонның зарядынан айырылуы.