

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 316 (2017), 22 – 26

E. Boos, T. Temiraliev, M. Izbasarov, B. Zhautykov,
V. Samoilov, N. Pokrovsky, R. Tursunov

Physics and Technology Institute, Almaty, Kazakhstan

*temturt@mail.ru

ANGLE CORRELATIONS OF SECONDARY CHARGED PARTICLES IN THE REACTIONS OF ANTIPROTON- PROTON ANNIHILATION AT 32 GEV/S

Abstract. For discovering of the couple particles for correlations of the same azimuthal angles but sharply differing an quantity (value) at pseudorapidity experimental data with exceptionally large multiplicity ($n=8,10,\geq 12$) in antiproton-proton annihilation are analyzed.

Experimental data on antiproton-proton annihilation have been obtained in International Collaboration “Mirabelle”. Analysis of the dependence for azimuthal angles difference $\phi_{ik} = \phi_i - \phi_k$ between i -th and k -th particles and their rapidity $\Delta y = y_i - y_k$ (where $i=1,2,\dots,n$; $i \neq k$ at number of secondary n). Azimuthal angle ϕ of secondary particle is determined as angle between initial plane, contained longitudinal momenta of primary. The rapidity of particle calculate on $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + P_{||}}{E - P_{||}}$ form, where $E, P_{||}$ are energy and longitudinal momentum.

Analysis of dependence azimuthal angle of two particles from the rapidity difference Δy the same particles for multiplicity $n=8, n=10, n \geq 12$ was shown, that the correlations of couples at $\Delta\phi=0, \Delta y=0$ are observed, but far couple (pair) correlations of charged particles in $\Delta y=2/4$ interval, observed on Big Hadron Collider are not observed. The Δy distribution described by Gauss function and $\Delta\phi$ distribution has symmetrical view, describing by linear relation

$$\frac{\Delta N}{N \Delta \phi} = a + b\phi.$$

Key Words: meson, proton, antiproton, annihilation.

УДК 539.12

Э.Г. Боос, Т. Темиральев*, М. Избасаров,
Б.О. Жаутыков, В.В. Самойлов, Н.С. Покровский, Р.А. Турсунов

Физико-технический институт, Алматы, Казахстан

УГЛОВЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В РЕАКЦИЯХ АНТИПРОТОН- ПРОТОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ ПРИ 32 ГЭВ/С

Аннотация. Для обнаружения дальних корреляций пар частиц при одинаковых азимутальных углах, но резко отличающихся по величине быстрой, анализируются экспериментальные данные с предельно большой множественностью ($n=8, 10, \geq 12$) в антипротон – протонной аннигиляции при 32 ГэВ/с. Экспериментальные данные по взаимодействиям антипротонов с протонами получены в рамках Международного сотрудничества «Мирабель».

Проведен анализ зависимости разности азимутальных углов $\varphi_{ik} = \varphi_i - \varphi_k$ между i -той и k -ой частицами и их быстротами $\Delta y = y_i - y_k$ (где $i = 1, 2, \dots, n$, $k = 1, 2, \dots, n$; $i \neq k$ при числе вторичных частиц n). Азимутальный угол φ вторичной частицы определяется как угол между начальной плоскостью, содержащей продольный импульс вторичных частиц и импульс первичной частицы, и плоскостью, перпендикулярной направлению движения первичной частицы. Быстрота частицы вычисляется по формуле $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + P_{\parallel}}{E - P_{\parallel}}$, где E , P_{\parallel} – энергия и продольный импульс.

Анализ зависимости разности азимутального угла $\Delta\varphi$ двух частиц от разности быстрот Δy этих частиц для множественностей $n = 8, n = 10, n \geq 12$ показал, что наблюдаются корреляции пар частиц при $\Delta\varphi = 0$, $\Delta y = 0$, но не наблюдаются дальние парные корреляции заряженных частиц в интервале $\Delta y = 2 \div 4$, обнаруженные в экспериментах на Большом адронном коллайдере.

Распределение Δy описывается функцией Гаусса, а распределение $\Delta\varphi$ имеет симметричный вид, описываемой линейной зависимостью вида $\frac{\Delta N}{N\Delta\varphi} = a + b\varphi$.

Ключевые слова: мезон, протон, антипротон, аннигиляция.

В экспериментах на встречных пучках протонов и ядер [1-3] наблюдались дальние корреляции пар частиц при одинаковых азимутальных углах, но резко отличающихся по величине квазибыстрот в области энергии, достижимой на Большом адронном коллайдере (*LHC*). Природа (механизм) дальней корреляции еще не известна. В этой связи представляет интерес анализ экспериментальных данных с предельно большой множественностью ($n = 8, 10, \geq 12$) в антипротон – протонной аннигиляции при 32 ГэВ/с.

Взаимодействия антипротонов с протонами регистрировались на французской водородной пузырьковой камере «Мирабель» при экспонировании пучком антипротонов на Серпуховском ускорителе $У - 70$ (Россия). Экспериментальный материал получен в рамках Международного сотрудничества под эгидой Института физики высоких энергий (Серпухов, Россия).

В сотрудничестве на примерно 200 тысяч событиях полностью измерены угловые и энергетические характеристики вторичных частиц. Среди этих неупругих взаимодействий обнаружено 47376 событий антипротон – протонной аннигиляции $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$, где m – число $\pi^+\pi^-$ пар и X^0 – вклад нейтральных частиц.

Азимутальный угол φ вторичной частицы определяется как угол между начальной плоскостью, содержащей продольный импульс вторичных частиц и импульс первичной частицы, и плоскостью, перпендикулярной направлению движения первичной частицы. Быстрота частиц вычисляется по формуле

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + P_{\parallel}}{E - P_{\parallel}},$$

где E, P_{\parallel} – энергия и продольный импульс.

На рис. 1 приведены зависимости быстроты y от азимутального угла φ вторичных частиц в реакции антипротон – протонной аннигиляции для множественностей $n = 8, n = 10, n = 12$, а также распределения переменных φ и y при импульсе антипротона 32 ГэВ/с. Распределения частиц по азимутальному углу построены с шириной интервала 0,2618 радиан, что соответствует углу 15° , а ширина интервала быстроты равна 0,25. Средние значения величин φ и y и их дисперсии приведены в таблице 1. Распределения частиц по азимутальному углу становятся более изотропными с увеличением множественности, а распределения по быстроте имеют форму распределения Гаусса.

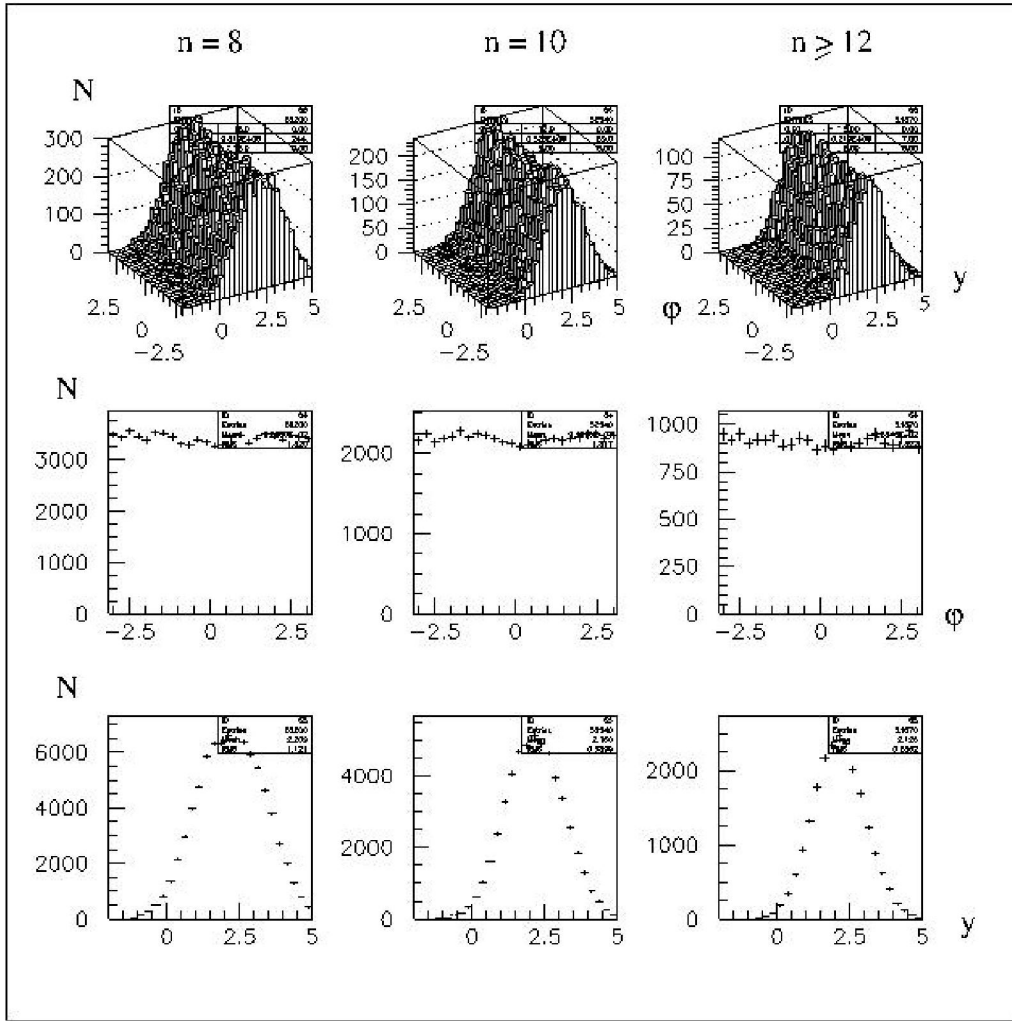


Рисунок 1 – Зависимость быстроты y от азимутального угла φ и распределения φ и y в аннигиляционном канале при 32 ГэВ/с

Таблица 1 – Количество событий N , средние значения $\langle\varphi\rangle$ и $\langle y\rangle$ дисперсии D_φ, D_y в событиях антипротон – протонной аннигиляции при 32 ГэВ/с.

Множественность n	N	$n \cdot N$	$\langle\varphi\rangle$	D_φ	$\langle y\rangle$	D_y
8	10275	82200	$-0,66 \cdot 10^{-2}$	1,820	$2,209 \pm 0,016$	1,121
10	5254	52540	$-0,16 \cdot 10^{-3}$	1,817	$2,160 \pm 0,018$	0,990
12	1727	21870	$-0,88 \cdot 10^{-3}$	1,822	$2,126 \pm 0,028$	0,886

Проведен анализ зависимости разности азимутальных углов $\Delta\varphi_{ik} = \varphi_i - \varphi_k$ между i -ой и k -ой частицами и их быстротами $\Delta y_{ik} = y_i - y_k$, где $i = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, n$; $i \neq k$ при числе вторичных частиц n . На рис. 2 приведены зависимости разности быстрот Δy_{ik} двух частиц от разности азимутальных углов $\Delta\varphi_{ik}$ этих частиц и распределения $\Delta\varphi_{ik}$ и Δy_{ik} для множественностей $n = 8, n = 10, n \geq 12$. Количество пар в событии равно $n(n-1)/2$, где n – число частиц в событии. Средние значения величин Δy_{ik} и $\Delta\varphi_{ik}$ и их дисперсии приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Количество событий N, средние значения $\langle \Delta\varphi \rangle$ и $\langle \Delta y \rangle$ дисперсии D_φ, D_y при 32 ГэВ/с.

Множественность n	N	$\frac{n(n-1)}{2} \cdot N$	$\langle \Delta\varphi \rangle$	$D_{\Delta\varphi}$	$\langle \Delta y \rangle$	$D_{\Delta y}$
8	10275	287700	$-0,168 \cdot 10^{-2}$	1,328	-0,271	1,626
10	5254	236430	$-0,300 \cdot 10^{-2}$	1,316	-0,134	1,438
12	1727	125087	$-0,207 \cdot 10^{-2}$	1,312	$-0,504 \cdot 10^{-1}$	1,277

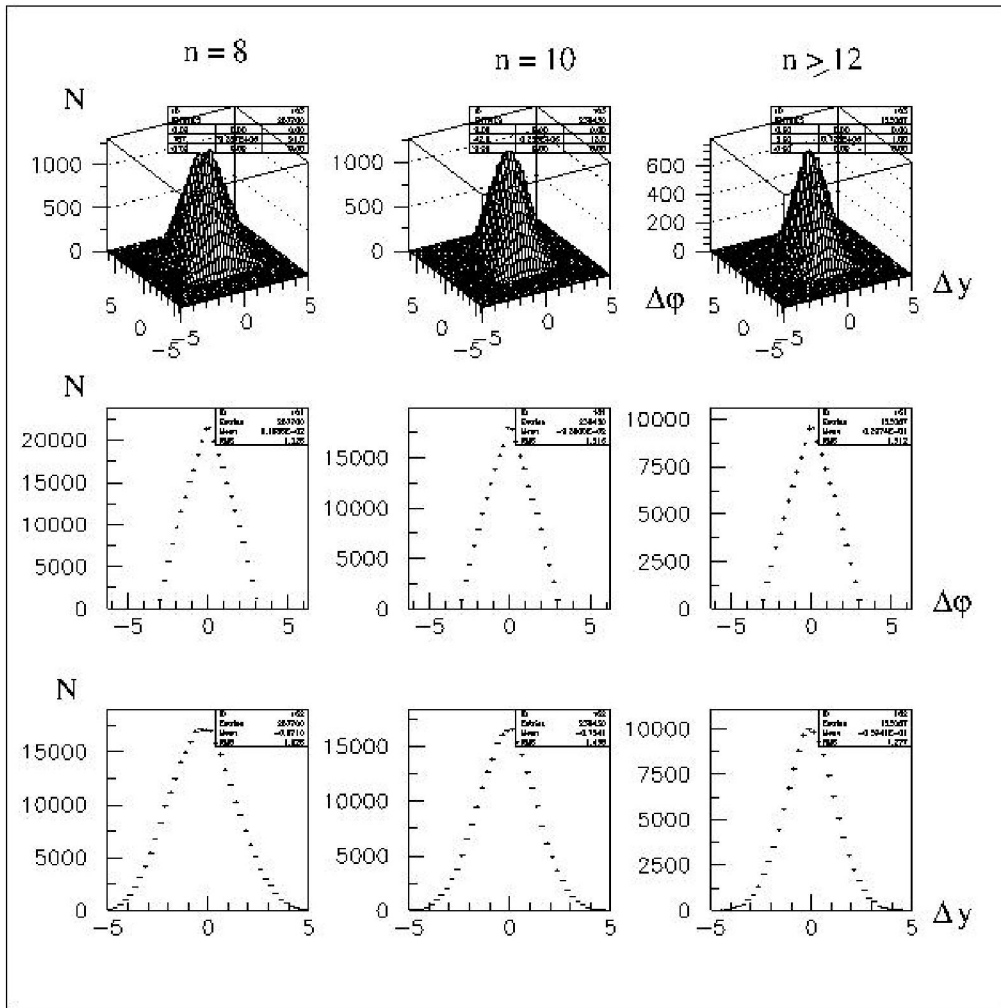


Рисунок 2 – Зависимость Δy от $\Delta\varphi$ и распределения Δy и $\Delta\varphi$ в антипротон – протонной аннигиляции при 32 ГэВ/с

Из экспериментальных данных можно заключить, что наблюдаются корреляции пар частиц при $\Delta\varphi = 0, \Delta y = 0$, но не наблюдаются дальние парные корреляции заряженных частиц в интервале $\Delta y = 2 \div 4$, обнаруженные в экспериментах БАК. Распределение Δy описывается функцией Гаусса, а распределение $\Delta\varphi$ имеет симметричный вид, описывающейся линейной зависимости вида $\frac{\Delta N}{N \Delta\varphi} = a + b \Delta\varphi$, где при множественности $n = 8, n = 10, n \geq 12$ соответствующие значения величины a и b совпадают, а усредненные значения равны $a = 0.290 \pm 0.003, b = 0.081 \pm 0.005$.

При изотропном распределении $\Delta\varphi$ максимальная плотность распределения частиц $(\frac{dW}{d\Delta\varphi})_{\max} = \frac{1}{2\pi} = \frac{1}{6.28} = 0.16$ значительно меньше экспериментального значения $(\frac{dW}{d\Delta\varphi_{ik}})_{\max} = 0.290 \pm 0.003$, т.е. количественно экспериментальные данные существенно расходятся с моделью изотропного и независимого вылета вторичных частиц.

Это отличие может являться важным экспериментальным критерием для выбора физической модели мягкой адронизации кварков в антипротон-протонных взаимодействиях.

Работа выполнена в рамках программы № 0228-ПЦФ-14 «Развитие физики высоких энергий, космических лучей и их практических приложений в Республике Казахстан на 2015-2017 годы» по приоритету «Интеллектуальный потенциал страны».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chatzchyan S., Khachatryan V. et al.//JHEP V.9 p.91 (2010).
- [2] Chatzchyan S., Khachatryan V. et al.//Phys.Lett. B718 p.795 (2013).
- [3] Chatzchyan S., Khachatryan V. et al.// JHEP V.7 p.76 (2011).

Э.Г. Боос, Т. Темиралиев*, М. Избасаров,
В.В. Самойлов, Н.С. Покровский, Р.А. Турсунов

Физика-техникалық институты, Алматы, Қазақстан

ИМПУЛЬСІ 32 ГЭВ/С АНТИПРОТОН-ПРОТОНДЫҚ АННИГИЛЯЦИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯСЫНДА ЕКІНШІ РЕТТІК ЗАРЯДТАЛҒАН БӨЛШЕКТЕРДІҢ БҰРЫШТЫҚ КОРРЕЛЯЦИЯСЫ

Аннотация. Импульсі 32 ГэВ/с антипротон-протондық аннигиляциясында азимуталдық бұрыштары бірдей, бірақ тездік шамасы бойынша айқын айырмашылығы бар жұп бөлшектердің алыс корреляциясын табу үшін көптігі өте жоғары ($n=8, 10, \geq 12$) тәжірибелік деректер талданады. Антипротондардың протондармен эрекеттестігі бойынша тәжірибелік деректер «Мирабель» Халықаралық бірлестіктің аясында алынды.

i және k бөлшектерінің арасындағы азимуталдық бұрыштардың $\varphi_{ik} = \varphi_i - \varphi_k$ айырмасының олардың тездіктерінің $\Delta u = u_i - u_k$ ($i=1,2\dots n, n=1,2\dots n; i \neq k$, екінші реттік бөлшектердің саны n) айырмасына тәуелділігі зерттелінді. Екінші реттік бөлшектің азимуталдық бұрышы құрамында екінші реттік бөлшектердің бойлық импульсі және алғашқы бөлшектің импульсі бар бастапқы жазықтықпен алғашқы бөлшектің қозғалысына перпендикуляр жазықтықтың арасындағы бұрыш ретінде анықталады. Бөлшектің тездігі келесі формула арқылы есептелінеді $u = \frac{1}{2} \ln \frac{E+P_{\parallel}}{E-P_{\parallel}}$, E, P_{\parallel} -энергиясы және бойлық импульсі.

Көптіктері $n=8, 10, \geq 12$ үшін екі бөлшектің азимуталдық бұрыштарының айырмасының $\Delta\varphi$ осы бөлшектердің тездіктерінің айырмасына Δu тәуелділігін талдау, $\Delta\varphi=0, \Delta u=0$ аймағында жұп бөлшектердің корреляциясы бар екенін көрсетеді, бірақ $\Delta u=2 \div 4$ аралығында, үлкен адрондық коллайдерде анықталған, зарядталған бөлшектердің алыс жұптық корреляциясы байқалмайды.

Δu үлестірілімі Гаусс функциясымен сипатталады, ал $\Delta\varphi$ үлестірілімінің түрі симметриялы, ол сызықтық тәуелділікпен $\frac{\Delta N}{N\Delta\varphi} = a + b\varphi$ сипатталады.

Тірек сөздер: мезон, протон, антипротон, аннигиляция.