

## СВОЙСТВА ЦЕНТРАЛЬНОСТИ СС-СОУДАРЕНИЙ ПРИ 4,2 ГЭВ/С НА НУКЛОН

**Улашева Маишхура, Товбеков Жавоҳир**

*Студенты факультета физика и технологическое образование  
Джизакского Государственного педагогического института.*

*e-mail: ulashevamashxura35@gmail.com*

*Научный руководитель: Бекмирзаев Рахматулла*

**Аннотация.** На большом статистическом материале по СС-взаимодействиям изучены характеристики вторичных протонов и отрицательных пионов. Показано, что протоны-участники сильно чувствительны к центральности взаимодействий. С увеличением степени центральности, кинематические характеристики отрицательных пионов почти не меняются. Такие свойства пионов модель предсказывает с хорошей точностью. Используемая версия модели FRITIOF не воспроизводит кинематических характеристик протонов-участников, образованных в разных стадиях СС-столкновений.

**Ключевые слова:** протон, отрицательные пионы, импульс, модель, углерод, пузырьковая камера.

\*\*\*

### **Импульслари 4,2 гэв/с нуклон бўлган сс- тўқнашувлари марказийлиги хусусиятлари**

СС –таъсирлашувларидаги катта статистик материалда иккиламчи протон ва пионларнинг характеристикалари ўрганилган. Марказий таъсирлашувларида иштирокчи – протонларнинг кўпроқ ҳосил бўлишилиги кўрсатилган. Марказийлик даражаси ошиши билан манфий ионларнинг кинематик характеристикалари ўзгармайди. Пионларнинг ушибу хусусиятларини модел яхши тушинтиради. FRITIOF моделининг фойдаланилган версияси СС –таъсирлашувларининг турли хил фазаларида ҳосил бўлган иштирокчи –протонларнинг кинематик характеристикаларини яхши тушинтира олмайди.

**Калим сўзлар:** протон, манфий пионлар, импульс, модель, углерод, пуфакчали камера.

\*\*\*

### **Centrality properties cc-interactions at 4.2 gev/c per nucleon**

**Abstract.** Characteristics of secondary protons and negative pions on CC-interactions are studied in big statistical materials. It is shown that protons more

*sensitive to the centrality of interactions. With increasing of degree of centrality the kinematical characteristics of negative pions do not change. For this properties of pions theoretical model gives good predictions. Used version of FRITIOF model do not reproduce characteristics participant protons in different stage of CC-collisions.*

**Keywords:** *proton, momentum, negative pions, momentum, model, carbon, bubble chambers.*

Исследования адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях имеют большую практическую значимость. В лабораторных условиях взаимодействия релятивистских ядер давно начали исследовать в крупных научных центрах.

Важным свойством соударений адронов и ядер с ядрами это-значительное увеличение множество заряженных частиц по отношению к множественности нуклонных взаимодействий. Количество провзаимодействовавших нуклонных пар при соударении ядер соответствует понятию центральности соударения. Оно определяет объем области перекрытия, сталкивающихся ядер и связано с прицельным параметром столкновений  $\mathbf{b}$ . Объем перекрытия, в свою очередь, связан с количеством нуклонов участников  $n^{уч}$ , находящихся в этом объеме и испытывающих неупругое рассеяние. Для каждого события их количество не может быть определено. Однако ранее полученные данные показали, что множественность частиц и их суммарная поперечная энергия пропорциональны  $n_{\text{част}}$  [1]. Это означает, что для выделенных значений множественности или поперечной энергии может быть определена средняя величина  $\langle n_{\text{част}} \rangle$ . По модели Глаубера, распределение получается усреднением протон-протонных соударений в соответствии с эффективным числом парных взаимодействий [2,7]. Величина нуклонного неупругого сечения принималась в расчетах равной  $64 \pm 5$  мб [3]. Таким образом, интервалы центральности определяются в соответствии с долей полного сечения рассматриваемых столкновений.

Экспериментальным материалом для данной работы служили стерео снимки, полученные при облучении 2<sup>x</sup>-метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ (г.Дубна, РФ) в пучке ядер углерода с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон. Отбирались 20527 «чистых» СС-соударений из всех 37100 С(С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>)-событий по определенным критерием [4]. Все С(С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>)-событий разделены на ядро-водород и ядро-углерод взаимодействия. При этом взять две критерии: 1) суммарный заряд всех зарегистрированных вторичных частиц удовлетворял условие  $2n_{z \geq 2} + n_{z=+1} - n_{z=-1} > 7$ ; 2)  $n_{z=-1} > 2$ . Было достаточно

выполнения хотя бы одного из этих критериев, чтобы событие было отнесено к взаимодействиям на ядре углерода. Также сделаны поправки на частицы с неизмеренными импульсами и на пропущенные частицы; поправки, связанные с ошибками и идентификациями частиц. Наконец были сделаны поправки, максимально учитывающие все методические особенности измерений. Принадлежность событий к упругим или дифракционным взаимодействиям на углероде отмечены введением специальных весов. Поправки на частицы с неизмеренными импульсами и на потери частиц, а также связанные с разделением на  $\pi^+$  и на протоны введены в качестве весов на соответствующем вторичном треке. В  $2^x$ -метровой пропановой пузырьковой камере протоны эффективно идентифицировались в интервале импульсов  $0,14 \leq P \leq 0,75$  ГэВ/с. Примесь  $\pi^+$ -мезонов среди положительных частиц составляет  $\sim 10\%$ . Примесь дейтронов и тритонов среди протонов  $P < 800$  МэВ/с, по различным оценкам, не превышала 10-15% [5,6].

В настоящей работе в качестве меры центральности соударений был использован “чистый” заряд  $Q$ , т.е. суммарный заряд вторичных заряженных частиц и оно определяется как

$$Q = n_+ - n_- - (n_{sp} + n_{st}).$$

Где  $n_+, n_-$  - число однозарядных положительных и отрицательных частиц в событии,  $n_{sp}$  - число спектаторных протонов из ядра снаряда,  $n_{st}$  - число испарительных протонов из ядра-мишени. Спектаторами снаряда считались те протоны, у которых  $P > 3$  ГэВ/с и угол вылета  $\theta < 3^\circ$ . Протоны, импульс которых меньше 300 МэВ/с считались испарительными протонами из ядра-мишени. Для сравнение экспериментальных результатов, смоделировано 40000 искусственных СС-событий с помощью модели FRITIOF [7].

Основной характеристикой центральных взаимодействий является малые прицельные параметры удара. Непосредственно на опыте они не определяются, поэтому центральные взаимодействия отбираются по признакам, которые связаны с величиной параметра удара. Уменьшение параметра удара приводит к увеличению множественности вторичных пионов, увеличению числа протонов-участников в событии, уменьшению заряда, уносимого стриппинговыми фрагментами ядра-снаряда.

Для рассматриваемых СС-взаимодействий получены распределения по  $Q$ , по множественности протонов-участников и  $\pi^-$ -мезонов. Средние значения кинематических переменных вторичных частиц приведены в табл.1. Анализ табличных значений по множественности протонов показывает, что средние множественности протонов постоянно увеличивается с увеличением выбранного интервала  $Q$ . При увеличении центральности событий (т.е.с уменьшением прицельного параметра) увеличится число вторичных

протонов. Но при меньших значениях  $b$  вероятности каскадного механизма должен уменьшиться и это приводит к росту числа вылетающих протонов. Но для слишком малых значений прицельного параметра вероятность каскадного механизма уменьшится и это приводит к малости вторичных протонов. Хотя, модель не очень хорошо описывает экспериментальных

Таблица 1. Средние значение кинематических переменных в СС-взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон (э-эксперимент, м-расчеты по модели FRITIOF)

	Все события	$Q \leq 0$	$0 \leq Q \leq 2$	$2 < Q \leq 5$	$5 < Q \leq 8$	$8 < Q \leq 12$
$\langle Q \rangle$ , э	$4,55 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,01$	$2,00 \pm 0,06$	$4,3 \pm 0,08$	$7,38 \pm 0,11$	$10,61 \pm 0,16$
м	6,22	-0,89	1,51	3,93	6,91	10,33
Протоны						
$\langle n_p \rangle$ , э	$4,35 \pm 0,02$	$1,04 \pm 0,02$	$1,24 \pm 0,03$	$3,30 \pm 0,03$	$6,75 \pm 0,08$	$9,53 \pm 0,12$
м	11,21	4,05	3,76	6,51	8,67	10,2
$\langle P \rangle$ , ГэВ/с, э	$2,33 \pm 0,12$	$1,19 \pm 0,08$	$1,52 \pm 0,10$	$2,24 \pm 0,14$	$1,82 \pm 0,10$	$1,60 \pm 0,10$
м	1,79	1,42	1,47	1,18	0,99	0,88
$\langle P_{\perp} \rangle$ , ГэВ/с, э	$0,41 \pm 0,08$	$0,19 \pm 0,03$	$0,33 \pm 0,12$	$0,38 \pm 0,14$	$0,40 \pm 0,16$	$0,44 \pm 0,16$
м	0,38	0,28	0,37	0,36	0,37	0,39
$\langle Y \rangle$ , э	$1,19 \pm 0,02$	$0,63 \pm 0,04$	$0,76 \pm 0,04$	$1,11 \pm 0,04$	$0,91 \pm 0,03$	$0,76 \pm 0,03$
м	1,02	1,47	1,34	1,18	0,95	0,71
$\pi^-$ -мезоны						
$\langle n_{\pi} \rangle$ , э	$1,59 \pm 0,04$	$0,93 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,03$	$1,23 \pm 0,04$	$2,19 \pm 0,11$	$3,11 \pm 0,16$
м	3,90	3,66	2,94	3,47	3,87	4,49
$\langle P \rangle$ , ГэВ/с, э	$0,56 \pm 0,04$	$0,49 \pm 0,04$	$0,52 \pm 0,04$	$0,51 \pm 0,04$	$0,47 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,04$
м	0,77	0,97	0,78	0,72	0,69	0,66
$\langle P_{\perp} \rangle$ , ГэВ/с, э	$0,24 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,02$
м	0,29	0,31	0,28	0,28	0,29	0,30
$\langle Y \rangle$ , э	$1,33 \pm 0,02$	$1,16 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,02$	$0,79 \pm 0,03$	$0,75 \pm 0,03$
м	1,32	1,12	1,10	1,12	0,82	0,80

результатов по средней множественности  $\langle n_p \rangle$ , она достаточно хорошо воспроизводит флуктуации в средних значениях по полным импульсам  $\langle P \rangle$ , по поперечным импульсам  $\langle P_{\perp} \rangle$  и для быстроты  $\langle Y \rangle$  протонов-участников (табл.1). Множественное образование протонов-участников сильно чувствительны к параметру центральности. Из таблицы видно, что образование отрицательных пионов мало чувствителен к степени центральности. Но для этих частиц модель предсказывает удовлетворительное согласие с экспериментальными данными.

Таким образом, в качестве заключения можно сказать, что даже во взаимодействиях легких релятивистских ядер можно изучать центральные

взаимодействии, получить сведения о физических процессах, происходящих в относительно горячей ядерной материи.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Lj.Simić, S.Backović, H.N.Agakishiyev, E.N.Kladnitskaya, A.P.Cheplakov. Influence of the collision centrality upon negative particle production in dC,  $\alpha$ C and CC interactions at 4,2 GeV/c per nucleon. *Z.Phys.C-Particles and Fields* 48, 577-580 (1990).

2. В.А.Беляков, Е.Богданович. Экспериментальное исследование частиц-спектаторов во взаимодействиях ядер углерода в пропановой пузырьковой камере в области энергий нескольких ГэВ. Сообщение ОИЯИ, P1-98-289, Дубна, 1998г. Стр.1-10

3. А.И.Бондаренко, Р.А.Бондаренко и др. Характеристики СС-взаимодействий при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон с различной степенью центральности соударения ядер. ОИЯИ, P1-2000-138, Дубна, 2000г. Стр.1-12

4. А.С.Галоян, Е.Н.Кладницкая и др. Характеристики pC-взаимодействий при импульсе 4,2 ГэВ/с в зависимости от степени центральности соударения протона с ядром углерода. Множественность вторичных частиц. ОИЯИ, P1-2002-54, Дубна, 2002г. Стр.1-10

5. К.Олимов, Р.Н.Бекмирзаев, В.И.Петров., Г.У.Худайбердыев, М.У.Султанов. Образование  $\pi^-$ -мезонов в nC-взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с. Доклады Академии наук Республики Узбекистан. 4-2011, с.29-33.

6. Р.Н.Бекмирзаев, В.А.Беляков, К.Олимов, М.У.Султанов, Г.Ю.Нодиров. Нуклоны-спектаторы в СС-соударениях при 4,2 А ГэВ/с. Доклады Академии наук Республики Узбекистан. 6-2011, с.36-38.

7. A.S.Galoyan, E.N.Kladnitskaya, O.V.Rogachevsky, V.V.Uzinskii. Application of RQMD and FRITIOF models for description of nucleus-nucleus interactions at energy of 3.36 GeV/nucleon. E1-2001-68, JINR, Dubna.

8. Шарипов, Ш. С. (2017). Personality model of modern teacher. *Eastern european Scientific Journal—Germany*, 93-96.

9. Шарипова, Ш. С. (2018). Инновационные технологии в современном учебном процессе. *Молодой ученый*, (9), 185-188

10. Bekmirzaev, R. N., Sultanov, M. U., Holbutaev, S. H., Jonzakov, A. A., & Turakulov, B. T. (2020). Multiplicity outputting of hadrons in cc-interactions at the momentum 4.2 a gev/c with different collision centralities. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(10), 900-907.

11. .Orishev, Jamshid (2021) "PROJECT FOR TRAINING PROFESSIONAL SKILLS FOR FUTURE TEACHERS OF TECHNOLOGICAL EDUCATION,"

12. Orishev, J. (2020). ГЛОБАЛЛАШУВ ДАВРИДА ПЕДАГОГЛИК МАСЪУЛИЯТИ . *Научно-просветительский журнал "Наставник"*, 1(1).

13. Ismailov T.J, Tagaev X, Kholmatov P.K, Yusupov K.Y, Alkarov K.Kh, Orishev Zh.B Karimov O.O. (2020). Cognitive-Psychological Diagram Of Processes Of Scientific And Technical Creativity Of Students. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(08), 3669-3677.

14. Bekmirzaev, R. N., Kladnitskaya, E. N., Muminov, M. M., & Sharipova, S. A. (1994). *Rapidity Distributions of  $\pi$ -Mesons in (d,  $\alpha$ , C) Ta Interactions at 4, 2 GeV/c per Nucleon* (No. JINR-R--1-94-376). Joint Inst. for Nuclear Research.

15. Afanasiev, S. V., Artiomov, A. S., Bekmirzaev, R. N., Dryablov, D. K., Igamkulov, Z. A., Ivanov, V. I., ... & Morhac, M. (2011). Search results of  $\eta$ -mesic nuclei in the d+ C reaction in JINR. *Nuclear Physics B-Proceedings Supplements*, 219, 255-258.

16. Bekmirzaev, R. N., Kladnitskaya, E. N., Muminov, M. M., & Sharipova, S. A. (1994). *Rapidity Distributions of Protons in (p, d,  $\alpha$ , C) C-Interactions at 4.2 GeV/c per Nucleon* (No. JINR-R--1-94-260). Joint Inst. for Nuclear Research.

17. Bekmirzaev, R. N., Kladnitskaya, E. N., Muminov, M. M., & Sharipova, S. A. (1995). Rapidity distributions of protons in |(p, d,  $\alpha$ , c) interactions at 4, 2 GeV/c per nucleon. *Yadernaya Fizika*, 58(9), 1642-1648.

18. TAYLANOV, N., BEKMIRZAEV, R., HUDOYBERDIEV, A., SAMADOV, M. K., URINOV, K. O., FARMONOV, U., & IBRAGIMOV, Z. K. (2015). Dynamics of magnetic flux penetration into superconductors with power law of voltage-current characteristic. *Uzbekiston Fizika Zhurnali*, 17(3), 126-130.

19. Armutliiski, D. D., Maneva, G. M., Korchagin, S. A., Temnikov, P. P., Mehdiyev, R., Ismatova, F. A., ... & Bekmirzaev, R. N. (1986). *Multiplicity, momentum and angular distributions of protons in the interactions of light nuclei with carbon nuclei at 4.2-gev/c per nucleon* (No. JINR-P-1-86-263)..

20. Olimov, K., Bazarov, E. K., Bekmirzaev, R. N., Lutpullaev, S. L., Olimov, A. K., Petrov, V. I., ... & Yuldashev, B. S. (2007). Production of cumulative protons in high-energy hadron-nucleus and nucleus-nucleus interactions. *Physics of Atomic Nuclei*, 70(4), 709-711.