

# **Фундаментальные вопросы и приложения физики атомного ядра**

Редакторы тематического выпуска  
канд. физ.-мат. наук **А. К. Власников**,  
канд. физ.-мат. наук **К. А. Стопани**

# ВОЗМОЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВУХЧАСТИЧНЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ ПО ПОПЕРЕЧНОМУ ИМПУЛЬСУ В ПРОТОН-ПРОТОННЫХ И ДЕЙТРОН-ДЕЙТРОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ NICA

© 2024 г. А. Галоян<sup>1</sup>, \*, А. Рибон<sup>2</sup>, В. Ужинский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Международная межправительственная организация

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

<sup>2</sup>Европейская организация для ядерных исследований, Женева, Швейцария

\* E-mail: galoyan@lxmx00.jinr.ru

Поступила в редакцию 23.05.2024

После доработки 25.06.2024

Принята к публикации 31.07.2024

Изучены двухчастичные корреляции по поперечному импульсу ( $P_T$ ) в протон-протонных и дейtron-дейtronных взаимодействиях при энергии в системе центра масс NN-соударений 10 ГэВ. Рассмотрены  $P_T$  корреляции между  $\Lambda$ -гиперонами и анти  $\Lambda$ -гиперонами,  $K$ -,  $\pi$ -мезонами и протонами в моделях Geant4 FTF и Pythia 6.4. Показано, что  $P_T$  корреляции  $\Lambda$ -гиперонов со странными частицами в протон-протонных взаимодействиях в модели FTF сильнее, чем в модели Pythia. Двухчастичные  $P_T$  корреляции могут быть изучены на эксперименте NICA SPD. Изучение двухчастичных корреляций может помочь выяснению механизма фрагментации кварк-глюонных струн.

DOI: 10.31857/S0367676524110162, EDN: FKGMQF

## ВВЕДЕНИЕ

Как известно, на будущем ускорительном комплексе NICA (Дубна, Россия) предполагается осуществить эксперимент SPD – Spin Physics Detector, с помощью которого предполагается изучить взаимодействия поляризованных протонных и дейtronных пучков с протонами и дейtronами. Использование поляризованных пучков дает возможность не только исследовать спиновые явления, но и изучить глюонную структуру в поляризованных и неполяризованных частицах. Задачи этого направления подробно обсуждаются в работах [1, 2]. До достижения планируемых энергий и интенсивностей пучков предполагается осуществление обширной программы исследований [3, 4]. В частности, изучение спиновых эффектов в упругих взаимодействиях и в рождении гиперонов, изучение многокварковых корреляций, ди-барионных резонансов, эксклюзивных реакций, рождения чармовых частиц при низких энергиях и вблизи порога. Мы полагаем, что в эксперименте NICA SPD также могут быть исследованы двухчастичные корреляции по поперечному импульсу.

Корреляции между потоками частиц (или струями) наблюдались в адрон-адронных соударениях и в процессах  $e^+e^-$ -аннигиляции. Хорошо известно,

что в указанных взаимодействиях рождаются струи при сверхвысоких энергиях. Одни из первых данных по рождению струй в  $e^+e^-$ -аннигиляциях были получены на установке TASSO в 1980-х годах [5]. В результате восстановления струй было определено, что рожденные частицы концентрируются в трех группах, т.е. в трех струях. В настоящее время в адронных взаимодействиях выделение струй хорошо отложено (см., например,  $Kt$ -алгоритм, анти  $Kt$ -алгоритм в [6, 7]). Выделив струю, можно определить ее характеристики – фрагментационные функции, корреляции и декорреляции струй и т.д. Хуже обстоит дело при изучении корреляций мягких частиц с малыми поперечными импульсами ( $P_T$ ). В последнее время здесь часто рассматривают трехмерные графики азимутальных корреляций. Недавно в этом направлении была опубликована работа коллаборации ALICE [8]. В этой работе исследовались корреляции между  $K_S^0$ -мезонами, и анти  $\Lambda$ -гиперонами с адронами в протон-протонных столкновениях при  $\sqrt{s} = 13$  Тэ В. В частности, показаны корреляционные функции, как функции двух аргументов – разности псевдо-быстрых и разности азимутальных углов триггерной частицы и ассоциированных адронов. В работе также были представлены проекции корреляционных функций на ось разности углов и соответствующие расчеты

по моделям Pythia и EPOS. Было показано, что расчеты по модели Pythia недооценивают, а расчеты по модели EPOS превышают экспериментальные данные по проекциям корреляций. Как было отмечено выше, эти корреляции исследовались во взаимодействиях адронов при сверхвысоких энергиях.

Мы предложили в [3] метод анализа двухчастичных  $P_T$ -корреляций, который может быть применен при изучении взаимодействий частиц при относительно низких энергиях, например при энергиях NICA. В настоящей работе рассмотрены двухчастичные  $P_T$ -корреляции, например между странными и нестранными частицами, основанные на этом методе, в протон-протонных взаимодействиях, предсказываемые в модели Geant4 Fritiof (сокращенно FTF [9]) и в известной модели Phytia 6 [10]. Отметим, что модель FTF удовлетворительно описывает спектры странных [11] и чармовых [12] частиц, рожденных в протон-протонных взаимодействиях.

В данной работе также представлены двухчастичные  $P_T$ -корреляции в дейтрон-дейтронных взаимодействиях, рассчитанные по модели FTF, и дано сравнение с корреляциями в протон-протонных взаимодействиях.

## МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ДВУХЧАСТИЧНЫХ $P_T$ -КОРРЕЛЯЦИЙ

Наш метод во многом мотивирован изучением струй при сверхвысоких энергиях. Выделим, например, вместо струи частицу определенного типа, как триггерную частицу. Далее рассмотрим корреляцию поперечного импульса триггерной частицы с поперечным импульсом ассоциированной частицы, т.е. частицы, рожденной в одном и том же событии с триггерной частицей. В общем случае корреляционная функция зависит от 4 переменных:

$$C\left(\vec{P}_T^{\text{tr}}, \vec{P}_T^{\text{as}}\right) = \frac{1}{N_{\text{tr}}} \frac{dN(\text{tr}, \text{as})}{d^2 P_T^{\text{tr}} d^2 P_T^{\text{as}}},$$

где  $N_{\text{tr}}$  – число событий с триггерной частицей,  $N(\text{tr}, \text{as})$  – число пар, состоящих из триггерной и ассоциированной частиц,  $\vec{P}_T^{\text{tr}}$  – поперечный импульс триггерной частицы,  $\vec{P}_T^{\text{as}}$  – поперечный импульс ассоциированной частицы. С учетом азимутальной симметрии взаимодействий неполяризованных частиц остается зависимость корреляционной функции от 3 независимых переменных. В качестве этих переменных мы предлагаем использовать модуль поперечного импульса триггерной частицы  $\vec{P}_T^{\text{tr}}$ , проекцию поперечного импульса ассоциированной частицы  $\vec{P}_T^{\text{as}}$  на поперечный импульс триггерной частицы и компоненту поперечного импульса ассоциированной частицы, перпендикулярную  $\vec{P}_T^{\text{tr}}$ .

В наших расчетах в качестве триггерной частицы мы рассматривали  $\Lambda$ -гипероны,

а ассоциированными частицами – анти  $\Lambda$ -гипероны,  $\pi$ -мезоны,  $K$ -мезоны и протоны. На рис. 1 представлен поперечный импульс  $\Lambda$ -гиперона и соответствующие две проекции  $P_T$   $\pi$ -мезона: вдоль направления  $\vec{P}_T^{\text{tr}}$   $\Lambda$ -гиперона и перпендикулярно этому направлению. Также на рис. 1 проиллюстрированы аналогичные компоненты поперечного импульса  $K$ -мезона.

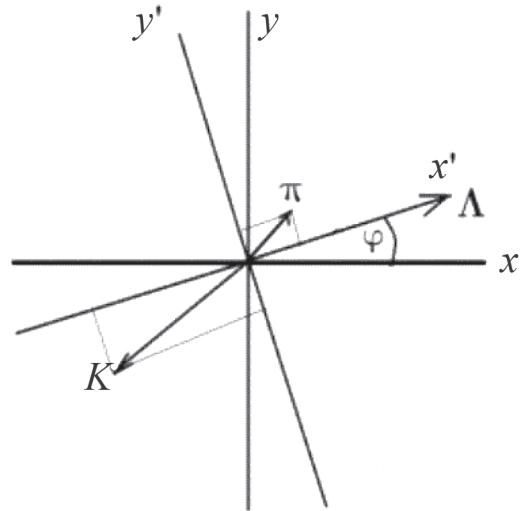


Рис. 1. Проекции поперечных импульсов  $\pi$  и  $K$ -мезонов на направление поперечного импульса  $\Lambda$ -гиперона и на направление, ортогональное ему.

Двухчастичные  $P_T$ -корреляции тесно связаны с швингеровским механизмом рождения частиц в поле цветовой струны. Он реализован во многих монте-карловских моделях. Рассмотрим, например, фрагментацию ди-кварка в  $\Lambda$ -частицу. В поле цветовой струны рождается пара – странный кварк и странный антикварк. Странный кварк объединяется с ди-кварком и переходит в  $\Lambda$ -гиперон, а странный антикварк может перейти в  $K$ -мезон. Поперечные импульсы странного кварка и странного антикварка направлены противоположно друг другу. Поэтому возникает сильная корреляция частиц. Предполагая гауссовское распределение по поперечному импульсу, нетрудно получить, что при усреднении по событиям, среднее значение скалярного произведения  $P_T$   $\Lambda$ -гиперона ( $P_T^\Lambda$ ) на  $P_T$   $K$ -мезона ( $P_T^K$ ) пропорционально квадрату поперечного импульса швингеровской пары ( $P_T^S$ ), согласно формулам (1)–(3). В формулах (1), (2)  $P_T^{qq}$  – поперечный импульс ди-кварка,  $\vec{P}_T^q$  – поперечный импульс кварка.

$$\vec{P}_T^\Lambda = \vec{P}_T^{qq} + \vec{P}_T^S, \quad \vec{P}_T^K = \vec{P}_T^q - \vec{P}_T^S, \quad (1)$$

$$\vec{P}_T^\Lambda \cdot \vec{P}_T^k = -\vec{P}_T^{qq} \cdot \vec{P}_T^S + \vec{P}_T^{qq} \cdot \vec{P}_T^q - |\vec{P}_T^S|^2 - \vec{P}_T^S \cdot \vec{P}_T^q, \quad (2)$$

$$\langle \vec{P}_T^\Lambda \cdot \vec{P}_T^k \rangle = \sim - |\vec{P}_T^S|^2. \quad (3)$$

Таким образом, исследование корреляций между поперечными импульсами частиц дает возможность проверить швингеровский механизм рождения частиц.

## АНАЛИЗ ДВУХЧАСТИЧНЫХ $P_T$ -КОРРЕЛЯЦИЙ

Для анализа  $P_T$ -корреляций  $\Lambda$ -гиперонов с ассоциированными частицами мы сгенерировали по  $10^6$  протон-протонных взаимодействий при энергии в системе центра масс NN-соударений равном 10 ГэВ по моделям Geant4 FTF и Pythia. Далее, мы выбирали события, в которых рождается  $\Lambda$ -гиперон и определяли азимутальный угла вылета  $\Lambda$ -гиперона —  $\phi = \arctg P_{T,y}^\Lambda / P_{T,x}^\Lambda$ . Угол  $\phi$  мы рассматриваем, как угол поворота координатных осей  $x$  и  $y$ . В новой координатной системе  $(x', y')$  находим компоненты поперечных импульсов ассоциированных частиц —  $\pi$ -,  $K$ -мезонов,  $p$  и анти  $\Lambda$ -гиперонов.

$$\begin{aligned} P_{T,x'}^{\text{as}} &= P_{T,x}^{\text{as}} \cos \phi + P_{T,y}^{\text{as}} \sin \phi, \\ P_{T,y'}^{\text{as}} &= -P_{T,x}^{\text{as}} \sin \phi + P_{T,y}^{\text{as}} \cos \phi \end{aligned} \quad (4)$$

Очевидно, что в новой координатной системе для  $\Lambda$ -гиперонов  $P_{T,y'}^{\text{as}} = 0$ , а  $|P_{T,x'}^{\text{as}}| = P_{T,x}^{\text{as}}$ . Далее мы рассматривали корреляции между новыми компонентами импульсов ассоциированных частиц и  $\Lambda$ -гиперонов. Далее, для упрощения формул и графического представления, мы опускаем подстрочный символ  $T$ , апострофы новых компонент импульсов частиц  $x, y$ . В табл. 1. приводятся

множественности рожденных  $\Lambda$ -гиперонов и ассоциированных частиц в протон-протонных соударениях, сгенерированных по моделям FTF и Pythia. Как видно, в модели Pythia рождается больше  $\Lambda$ -гиперонов и ассоциированных частиц, чем в модели FTF. Это может быть связано с тем, что в модели FTF учитываются дифракционные процессы, а в расчетах по модели Pythia их нет. В табл. 1. также представлены средние значения по импульсу  $P_x$  и по квадрату импульса  $P_y$   $\Lambda$ -гиперонов и ассоциированных частиц —  $\langle P_x \rangle$ ,  $\langle P_y^2 \rangle$ . Средние значения импульсов  $P_x$  ассоциированных частиц отрицательные величины, что является следствием корреляции между  $\Lambda$ -гиперонами и этими частицами. Причем средние значения  $\langle P_x \rangle$  для странных частиц больше смещены в отрицательную область, чем для  $\pi$ -мезонов и протонов, т.е. имеет место более сильная корреляция между  $\Lambda$ -гиперонами и странными частицами, чем между  $\Lambda$ -гиперонами и нестранными частицами. Отметим, что модуль средних значений  $\langle P_x \rangle$  для протонов больше, чем для  $\pi$ -мезонов, т.е.  $\pi$ -мезоны наименее слабо скоррелированы с  $\Lambda$ -гиперонами по сравнению с другими адронами. Это и видно на рис. 2, где представлены зависимости средних импульсов  $\langle P_x \rangle$  ассоциированных частиц (анти  $\Lambda$ -,  $p$ ,  $K^+$ ,  $K^-$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ) от поперечных импульсов  $\Lambda$ -гиперонов. На рис. 2 для анти  $\Lambda$ -барионов и  $K^+$ -мезонов наблюдается большее смещение среднего  $\langle P_x \rangle$  в отрицательную область с ростом поперечного импульса импульсов  $\Lambda$ -гиперонов в модели FTF, чем в модели Pythia. То же самое выполняется и для  $K^0$ -мезонов, согласно [3]. Для протонов имеет место обратная ситуация. Средний импульс  $\langle P_x \rangle$  протонов меньше смещается в отрицательную область импульсов с ростом поперечного импульса  $\Lambda$ -гиперонов в модели FTF, чем в модели Pythia. Совсем слабые корреляции наблюдаются между  $P_x$   $\Lambda$ -гиперонов

**Таблица 1.** Множественности рожденных  $\Lambda$ -гиперонов и ассоциированных частиц в  $10^6$  протон-протонных соударениях, сгенерированных по моделям FTF и Pythia, и средние значения продольных ( $P_x$ ) и квадратов поперечных ( $P_y^2$ )-импульсов этих частиц в новой координатной системе в единицах МэВ и (МэВ/с) $^2$  соответственно

Generator	$\Lambda$	анти $\Lambda$ -	$K^+$	$K^-$	$K^0$	$\pi^+$	$\pi^-$	$\pi^0$	$p$
FTF	$N$								
	47681	1779	28759	3208	25783	104301	68512	106523	33962
Pythia	$N$								
	100281	2493	63346	8963	61316	240091	162113	226252	66935
FTF	$\langle P_x \rangle$								
	612	-169	-151	-92	-168	-53	-56	-39	-73

Таблица 1. Окончание

Generator	$\Lambda$	анти $\Lambda$ -	$K^+$	$K^-$	$K^0$	$\pi^+$	$\pi^-$	$\pi^0$	$p$
Pythia	$\langle P_x \rangle$								
	613	-84	-90	-91	-83	-59	-61	-57	-124
FTF	$\langle P_y^2 \rangle$								
	0	140	117	111	115	73	73	65	127
Pythia	$\langle P_y^2 \rangle$								
	0	196	160	138	156	99	99	92	208

и  $\langle P_x \rangle$   $\pi$ -мезонов. Зависимости  $\langle P_x \rangle$  для  $\pi$ -мезонов от поперечного импульса  $\Lambda$ -гиперонов в FTF и Pythia практически одинаковы с учетом статистических ошибок. Таким образом, можно заключить, что в модели FTF имеет место более сильная корреляция между  $\Lambda$ -гиперонами и странными частицами, чем в модели Pythia. Протоны менее скоррелированы с  $\Lambda$ -гиперонами в расчетах по модели FTF, чем в модели Pythia. Какие расчеты близки к реальности, могут показать измерения

двухчастичных  $P_T$  корреляций в эксперименте SPD/NICA.

Для анализа двухчастичных  $P_T$ -корреляций вдейtron-дейtronных взаимодействиях были сгенерированы  $10^6$  дейtron-дейtronных событий при энергии в системе центра масс NN-соударений 10 ГэВ в модели FTF. Далее мы выделяли события с  $\Lambda$ -гиперонами. В выделенных событиях совершили переход в новую координатную систему, аналогично протон-протонным взаимодействиям. Рассмотрим

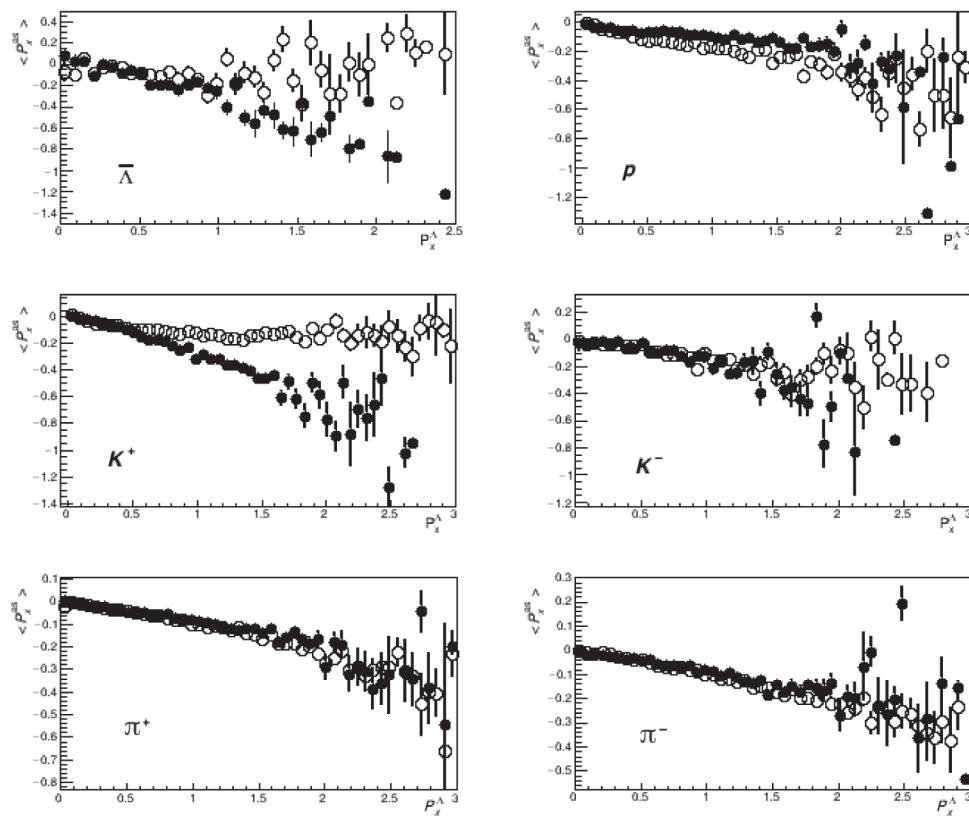


Рис. 2. Зависимости средних значений продольных компонент импульсов ассоциированных частиц (анти  $\Lambda$ -, протон,  $K^+$ ,  $K^-$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ) в новой координатной системе от поперечного импульса  $\Lambda$ -гиперона для протон-протонных взаимодействий при энергии в системе центра масс NN-соударений  $\sqrt{S} = 10$  ГэВ. Представлены расчеты по модели FTF (•) и по модели Pythia (○) с учетом статистических ошибок.

корреляции между поперечными компонентами импульсов ассоциированных частиц и поперечными импульсами  $\Lambda$ -барионов (триггерной частицы) в дейtron-дейtronных взаимодействиях. На рис. 3 представлены зависимости средних значений  $\langle P_x \rangle$  ассоциированных частиц (анти  $\Lambda$ -,  $K^0$ ,  $K^+$ ,  $K^-$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ) и  $P_x$   $\Lambda$ -гиперонов в дейtron-дейtronных и протон-протонных взаимодействиях. Как видно, корреляции между поперечными компонентами импульсов ассоциированных частиц и  $P_x$   $\Lambda$ -гиперонов практически совпадают в дейtron-дейtronных и протон-протонных столкновениях, если учесть статистические ошибки расчетов.

Не менее интересны дисперсии распределений по  $P_y$  ассоциированных частиц. В табл. 1. приведены дисперсии значений  $P_y$  ассоциированных частиц. Дисперсии  $\langle P_y^2 \rangle$  зависят от масс частиц, что подтверждается экспериментальными данными. Согласно табл. 1, дисперсии  $\langle P_y^2 \rangle$ , рассчитанные

по модели Pythia, для большинства рожденных частиц выше, чем в расчетах по модели FTF. На рис. 4 представлены зависимости дисперсий протонов,  $K^0$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$  мезонов для протон-протонных взаимодействий, рассчитанные по моделям Pythia и FTF, как функции от  $P_x$   $\Lambda$ -гиперонов. Видно, что средние квадраты импульсов зависят от масс ассоциированных частиц: чем массивнее частица, тем больше ее дисперсия  $\langle P_y^2 \rangle$ . Это обусловлено введением  $Mt$ -скейлинга в модели FTF, где  $Mt$  – поперечная масса частиц. В целом скейлинг выполняется для всех рассматриваемых частиц. Однако его нарушение при больших  $P_T$ -триггерных частиц ( $P_T > 1.5$  ГэВ/с) нуждается в описании. Также отметим существенное различие расчетов по Pythia и FTF. Дисперсии  $P_y$  ассоциированных частиц в зависимости от  $P_x$   $\Lambda$ -барионов, рассчитанные по Pythia, больше, чем в модели FTF. Это упоминалось и в работе [13]. Возможно, это различие

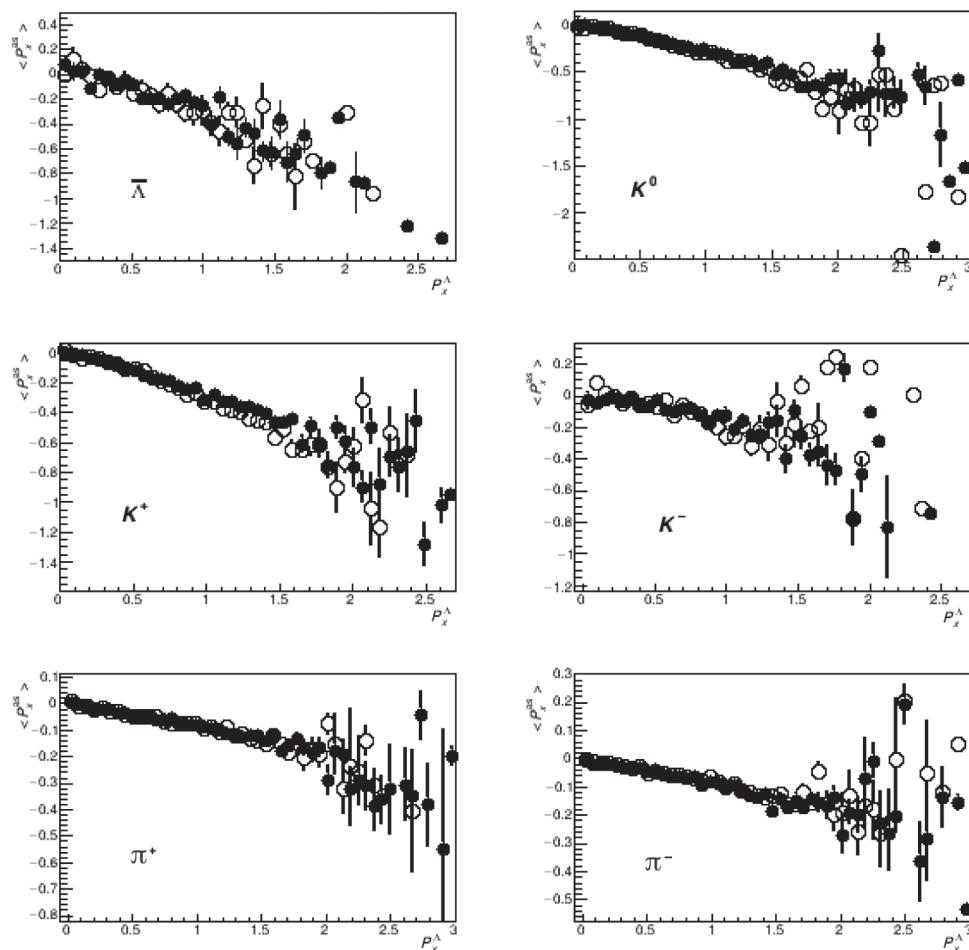


Рис. 3. Зависимости средних значений продольных компонент импульсов ассоциированных частиц (анти  $\Lambda$ -,  $K^0$ ,  $K^+$ ,  $K^-$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ) в новой координатной системе от поперечного импульса  $\Lambda$ -гиперона в дейtron-дейtronных (○) и протон-протонных взаимодействиях (●) при энергии в системе центра масс NN-соударений  $\sqrt{S} = 10$  ГэВ. Представлены расчеты по модели FTF с учетом статистических ошибок.

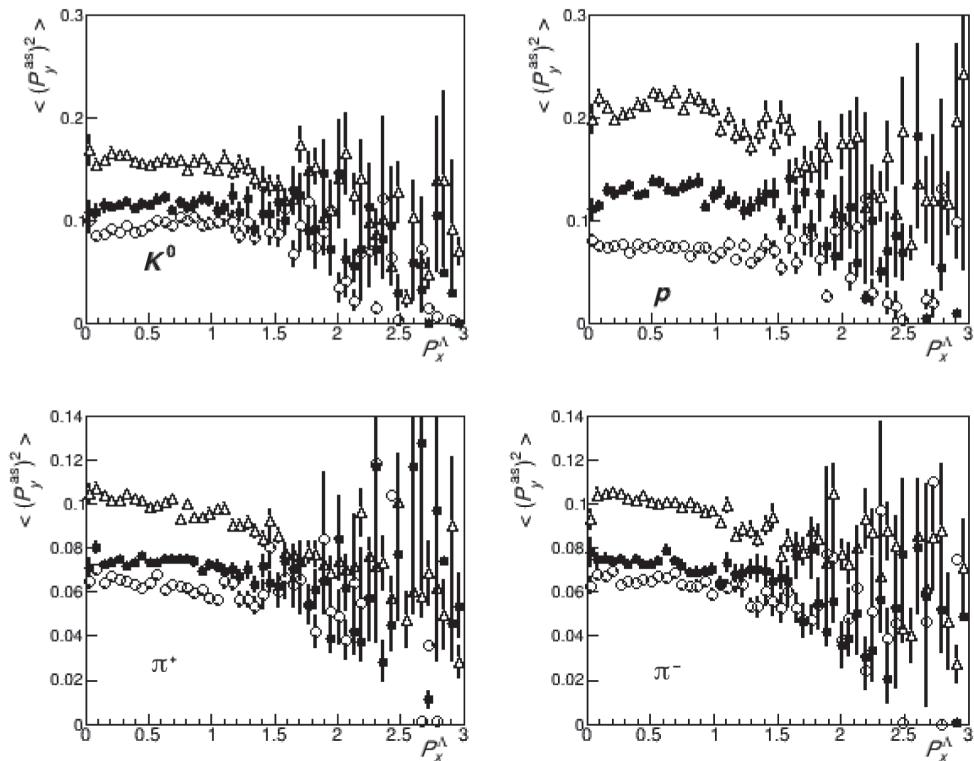


Рис. 4. Зависимости средних значений квадратов поперечных компонент импульсов ассоциированных частиц ( $K^0$ , протон,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ) в новой координатной системе от поперечного импульса  $\Lambda$ -гиперона для протон-протонных взаимодействий в моделях Pythia ( $\Delta$ ), и FTF ( $\bullet$ ) и для дейtron-дейtronных взаимодействий ( $\circ$ ) при энергии в системе центра масс NN-содарений  $\sqrt{S} = 10$  ГэВ. Расчеты представлены с учетом статистических ошибок.

можно устранить тонкой настройкой параметров моделей. Мы, однако, полагаем, что в больших значениях дисперсий  $P_y$ , рассчитанных по модели Pythia, проявляется учет жестких процессов. В модели FTF жестких соударений нет.

На рис. 4 также показаны зависимости дисперсий  $P_y$  ассоциированных частиц от  $P_x$   $\Lambda$ -гиперонов для дейtron-дейtronных взаимодействий, рассчитанные по модели FTF. Для ассоциированных частиц дисперсии поперечной компоненты импульса для протон-протонных взаимодействий больше, чем для дейtron-дейtronных событий. Это можно объяснить тем, что в дейtron-дейtronных взаимодействиях могут быть помимо однократных соударений также многократные взаимодействия. Дисперсии поперечных компонент импульсов приблизительно постоянны до  $P_x$   $\Lambda$ -частиц порядка 1.5 ГэВ/с, как для протон-протонных, так и для дейtron-дейtronных взаимодействий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы обнаружили, что широко применяемые в физике высоких энергий монте-карловские модели FTF и Pythia предсказывают сильные двух частичные  $P_T$ -корреляции между странными

частицами в протон-протонных взаимодействиях. Модели FTF и Pythia дают различные предсказания для этих корреляций. FTF предсказывает более сильные корреляции между поперечными компонентами импульсов странных частиц, чем модель Pythia. Мы полагаем, что эти различия связаны с различными вариантами струнных моделей фрагментации струн, используемых в FTF и Pythia. Согласно расчетам по модели FTF, корреляции между импульсами  $P_x$  ассоциированных адронов в новой координатной системе и поперечными импульсами  $\Lambda$ -гиперонов в дейtron-дейtronных взаимодействиях практически совпадают с аналогичными корреляциями в протон-протонных взаимодействиях. Согласно расчетам по модели FTF, значения дисперсий  $P_y$  ассоциированных частиц в зависимости от  $P_x$   $\Lambda$ -гиперонов в новой координатной системе для дейtron-дейtronных взаимодействий меньше, чем для протон-протонных взаимодействий.

Мы полагаем, что детальное изучение двух частичных  $P_T$ -корреляций в эксперименте SPD/NICA позволит улучшить модели, широко используемые в физике высоких энергий.

Авторы благодарны сотрудникам вычислительного комплекса HybriLIT ОИЯИ за содействие в инсталляции программ и проведении расчетов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Arbuzov A., Bacchetta A., Butenschoen M. et al.* // *Progr. Part. Nucl. Phys.* 2021. V. 119. Art. No 103858.
2. *Arbuzov A., Bacchetta A., Butenschoen M. et al.* // arXiv: 2011.15005. 2020.
3. *Abramov V., Aleshko A., Baskov V.A. et al.* // *Phys. Part. Nucl.* 2021. V. 52. P. 1044.
4. *Abramov V., Aleshko A., Baskov V.A. et al.* // arXiv: 2102.08477. 2021.
5. *Wu Sau Lan* // *Phys. Reports.* 1984. V. 107. P. 59.
6. *Cacciari M., Salam G.P., Soyez G.* // *JHEP.* 2008. V. 04. P. 063.
7. *Cacciari M., Salam G.P., Soyez G.* // *Eur. Phys. J. C.* 2012. V. 72. P. 1896.
8. *ALICE Collaboration.* // *Eur. Phys. J. C.* 2021. V. 81. P. 945
9. *Geant4 Collaboration (Allison J. et al.)* // *Nucl. Instrum. Meth. A.* 2016. V. 835. P. 186.
10. *Sjostrand T., Mrenna S., Skands P.Z.* // *JHEP.* 2006. V. 05. P. 026.
11. Ужинский В.В., Галоян А.С. // Изв. РАН. Сер. физ. 2023. Т. 87. № 8. С. 1135; *Uzhinsky V., Galoyan A.* // *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* 2023. V. 87. No 8. P. 1151.
12. Галоян А.С., Гришин В.М., Рибон А., Ужинский В.В. // Изв. РАН. Сер. физ. 2023. Т. 87. № 8. С. 1125; *Galoyan A., Grichine V.M., Ribon A., Uzhinsky V.V.* // *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* 2023. V. 87. No. 8. P. 1143.
13. *Galoyan A., Ribon A., Uzhinsky V.* // *Physics.* 2023. V. 5. No. 3. P. 823.

## Possible study of two-particle transverse momentum correlations in proton-proton and deuteron-deuteron interactions at NICA energies

**A. Galoyan<sup>1</sup> \*, A. Ribon<sup>2</sup>, V. Uzhinsky<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, 141980, Russia

<sup>2</sup>European Organization for Nuclear Research, Geneva, CH-1211, Switzerland

\* e-mail: galoyan@lxml00.jinr.ru

Two particle transverse momentum correlations have been investigated for proton-proton and deuteron-deuteron interactions at center-of-mass energy of NN collisions of 10 GeV. The correlations between  $\Lambda$ -hyperons and  $K$ -,  $\pi$ - mesons and protons are calculated in Geant4 FTF and Pythia 6.4 models. It is shown that  $P_T$ -correlations between  $\Lambda$ -hyperons and strange particles are stronger in the FTF model than in Pythia one. The two particle  $P_T$ -correlations can be studied at NICA SPD experiment. A study of the two particle correlations can help to clarify the mechanism of quark-gluon string fragmentation.