



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

1099 / 2-80

18/3-80

P2 - 12934

И.З.Артыков, В.С.Барашенков, В.В.Иванов,  
Б.Ф.Костенко

ПОПЕРЕЧНЫЕ ИМПУЛЬСЫ ЛИВНЕВЫХ ЧАСТИЦ  
В АДРОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

1979

Артыков И.З. и др.

P2 - 12934

Поперечные импульсы ливневых частиц в адрон-ядерных взаимодействиях

Выясняется причина наблюдаемого в эксперименте различия поперечных импульсов ливневых протонов и мезонов в неупругих нуклон-ядерных столкновениях в области высоких энергий. Путем моделирования внутриядерного каскада показано, что это различие обусловлено влиянием принципа Паули и хорошо согласуется с теорией.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Artykov I.S. et al.

P2 - 12934

Transverse Impulses of Shower Particles in Hadron-Hadron Interactions

The reason for experimentally observed difference of transverse impulses of shower protons and mesons in inelastic nucleon-nuclear interactions in high energy region is considered. It is shown by modelling the intranuclear cascade that this difference is due to the influence of Pauli's principle and agrees well with experiment.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Из опытов известно, что переход от неупругих адрон-адронных к неупругим протон-ядерным взаимодействиям сопровождается увеличением среднего поперечного импульса ливневых протонов приблизительно в два раза, в то время как величина поперечного импульса ливневых  $\pi$ -мезонов  $\langle p_{\perp} \rangle_{\pi}$  остается практически неизменной /см. обзоры <sup>1,2/</sup> /. В последнее время этот факт часто рассматривается как убедительное доказательство прозрачности ядра по отношению к родившимся внутри него мезонам и, соответственно, как одно из основных возражений против механизма внутриядерных каскадов /см., напр., <sup>2/</sup> /. Нашей целью является показать, что в действительности здесь нет противоречия с каскадной моделью, а вывод о прозрачности ядра для вторичных мезонов необоснован.

На характеристики не только медленных, но и быстрых каскадных нуклонов внутри ядра существенное влияние оказывает принцип Паули, запрещающий все внутриядерные столкновения с образованием медленных вторичных нуклонов <sup>1/</sup>. Поскольку поперечный импульс таких нуклонов, как правило, значительно меньше величины  $\langle p_{\perp} \rangle_p$  для свободных  $\pi$ -N и N-N взаимодействий, в среднем это приводит к увеличению поперечного импульса нуклонов при каждом новом внутриядерном взаимодействии, несмотря на некоторое снижение величины  $\langle p_{\perp} \rangle_p$  из-за уменьшения энергии частиц в процессе развития каскада. Это хорошо видно из таблицы, где в качестве примера указаны данные для взаимодействий протонов с фотоэмульсией при 20 ГэВ.

Расчеты выполнены с помощью модели <sup>6/</sup>, учитывающей изменение свойств ядра в процессе развития каскада. Для расчета характеристик  $\pi$ -N и N-N взаимодействий использовался метод, описанный в работе <sup>7/</sup>, который хорошо аппроксимирует отдельно угловые и импульсные распределения вторичных частиц и значительно хуже - распределения их поперечных импуль-

сов /1/. Именно этим обусловлено некоторое занижение расчетного значения по сравнению с экспериментальными /см. табл./.\*

Таблица

Средний поперечный импульс ливневых частиц, образованных в результате однократного взаимодействия протона при  $T=20$  ГэВ со свободным протоном, и  $n$  каскадных взаимодействий в легком LEm и тяжелом HEm ядрах фотоэмульсии. Рассматриваются частицы, вылетевшие из ядра. Указаны среднестатистические погрешности расчета

	$\langle p_{\perp} \rangle_p$ , ГэВ/с		$\langle p_{\perp} \rangle_{\pi}$ , ГэВ/с	
	p+LEm	p+HEm	p+LEm	p+HEm
pp	0,40*)	0,40*)	0,30*)	0,30*)
$n=1$	0,43±0,02	0,45±0,02	0,33±0,01	0,34±0,01
$n=2$	0,52±0,04	0,52±0,02	0,34±0,01	0,34±0,01
$n=3$	0,48±0,09	0,55±0,03	0,31±0,02	0,31±0,01
$n=4$	0,60±0,4	0,56±0,05	0,26±0,04	0,29±0,01
$n=5$		0,65±0,1		0,29±0,02
После каскада	0,45±0,02	0,51±0,01	0,33±0,01	0,30±0,01
Опыт		0,64±0,03 [3]	0,284±0,02 [5]	0,32±0,02 [3]
		0,647±0,044 [4]		0,29±0,03 [4]

\* Среднее для упругого и неупругого столкновений.

Уменьшение энергии каскадных частиц от одного поколения к другому заметно сказывается на поперечных импульсах рождающихся внутри ядра  $\pi$ -мезонов. Благодаря добавке импульса фермиевского движения величина  $\langle p_{\perp} \rangle_{\pi}$  в первом внутри-

\* Приведенные в таблице данные относятся ко всем вылетающим из ядра протонам и мезонам, которые испытывают, в среднем, меньшее число внутриядерных столкновений, чем первичная частица. Поэтому в тяжелом ядре фотоэмульсии результирующее  $\langle p_{\perp} \rangle_p$  меньше значения  $\langle p_{\perp} \rangle_p$  для  $n=3$  и 4, хотя первичная частица испытывает в этом случае 3-4 столкновения.

ядерном N-N -столкновении оказывается несколько большей, чем в случае взаимодействия свободных нуклонов, но уменьшается в каждом последующем столкновении и уже после 2-3 взаимодействий становится приблизительно такой же, как у  $\pi$ -мезонов, родившихся при столкновении свободных нуклонов /см. таблицу/.

При этом для взаимодействия p+HEm в области  $T=20$  ГэВ расчетное отношение  $\Lambda^{\text{теор}} = \langle p_{\perp} \rangle_N / \langle p_{\perp} \rangle_{\pi} \approx 1.8$  получается близким к экспериментальному значению  $\Lambda^{\text{эксп}} \approx 2$ .

Механизм внутриядерных каскадов хорошо объясняет наблюдаемый эффект.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. Взаимодействие высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. Атомиздат, М., 1972.
2. Гуламов К.Г., Гулямов У.Г., Чернов Г.М. ЭЧАЯ, 1978, 9, с.584.
3. Азимов С.А., Чернова Л.П., Чернов Г.М. ЯФ, 1978, 7, с.604.
4. Garbawska K. et al. Nucl.Phys., 1964, 60, p.654.
5. Bhowmik B., Shivpuri R.K. Proc. of 10th Symposium on Cosmic Rays, Elem. Particle Phys. and Astrophys., Aligarch, 1967, p.639.
6. Барашенков В.С., Ильинов А.С., Тонеев В.Д. ЯФ, 1971, 13, с.743.
7. Barashenkov V.S., Gudima K.K., Toneev V.D. Acta Phys. Pol., 1969, 36, p.457.

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 ноября 1979 года.