

СТОЛКНОВЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР ГРУППЫ ЖЕЛЕЗА С ТЯЖЕЛЫМИ ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ ПРИ МАЛЫХ ПАРАМЕТРАХ УДАРА И ЯВЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ПИОНИЗАЦИИ

*Д. Г. Баранов, В. В. Варюхин, Ю. Ф. Гагарин,
Н. С. Иванова, Б. Н. Калинин¹⁾, С. Н. Колточник²⁾,
В. Н. Куликов, В. Е. Мышкин, В. Л. Шмонин²⁾
Е. А. Якубовский*

Получены экспериментальные характеристики ливневых частиц, отдельно мезонов и протонов, в зависимости от энергии падающих ядер во взаимодействиях релятивистских ядер с ядрами при высокой степени перекрытия их геометрических сечений. Наблюдается согласование с расчетом по модели коллективного механизма взаимодействия ядер-ядерной пионизации.

Одной из главных причин повышенного интереса к изучению взаимодействий релятивистских ядер является возможность исследования природы сильных взаимодействий в новых, недостижимых другими средствами, условиях. Естественно ожидать, что новые качественные эффекты, определяемые, например, коллективным характером взаимодействия, могут с наибольшей вероятностью проявиться во взаимодействии значительных масс ядерного вещества, т. е. в столкновениях тяжелых

¹⁾ ОИЯИ.

²⁾ ИФВЭ АН КазССР.

ядер с наименьшим параметром удара. Для понимания механизма взаимодействия наиболее информативными являются характеристики испускаемых ливневых частиц (отдельно мезонной и протонной компонент) и их изменение в широком диапазоне энергии падающих ядер. Такие экспериментальные данные для взаимодействий падающих ядер с зарядом $Z \geq 20$ и с энергией $E_{\text{кин}} > 2$ ГэВ/нуклон в настоящее время практически отсутствуют.

Целью данной работы является исследование характеристик ливневых частиц во взаимодействиях ядер группы железа космических лучей ($Z = 20 \div 26$, $E_{\text{кин}} = 1 \div 20$ ГэВ/нуклон) с ядрами Ag, Br фотоэмульсии при почти полном перекрытии их геометрических сечений, т. е. в событиях с максимальным числом взаимодействующих нуклонов падающего ядра $n_{\text{ВЗ}}$. Было отобрано 32 события с $n_{\text{ВЗ}} \geq 40$. Отбор таких событий проводился согласно критериям: $N_b + N_g = N_h \geq 28$ и $N_b \leq 10$ [1, 2] (N_b и N_g — числа сильноионизирующих заряженных частиц с энергиями $E_{\text{кин}} < 31$ МэВ/нуклон; и $31 \leq E_{\text{кин}} \leq 450$ МэВ/нуклон, соответственно).

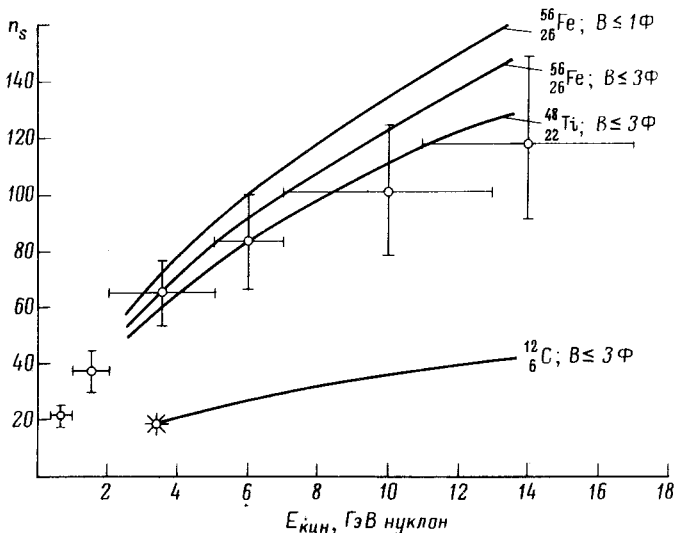


Рис. 1. Зависимость средней множественности ливневых частиц n_s от кинетической энергии падающего ядра: ● — экспериментальные данные для падающих ядер группы железа; * — взаимодействия ядер углерода с ядрами Ag, Br [6]; кривые — расчет для взаимодействий ядер C^{12} , Ti^{48} и Fe^{56} с Ag, Br при различных значениях параметра удара B

Получены следующие характеристики ливневых частиц в зависимости от энергии падающего ядра: множественность (рис. 1), дифференциальные угловые распределения в координатах $x = \lg \tan \theta$ отдельно для мезонной ($E_\pi > 68$ МэВ) и протонной ($E_p > 450$ МэВ) компонент (рис. 2) и половинные углы вылета всех ливневых частиц и π^\pm -мезонов (рис. 3). Выделение мезонной компоненты основано на балансе зарядов до и после взаимодействия в событиях с полным расщеплением взаимодействующего

ющих ядер (критерий $N_h \geq 28$) и на наилучшем соответствии кривой нормального распределения мезонов правому склону экспериментально-го распределения ливневых частиц.

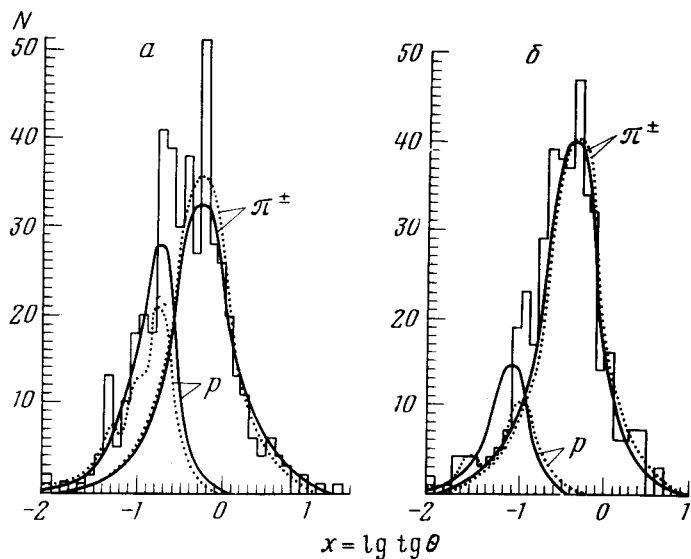


Рис. 2. Угловые распределения ливневых частиц в координатах $x = \lg \operatorname{tg} \theta$ в зависимости от энергии падающих ядер группы железа: $a - E_{\text{кин}} = 2 \div 5$ ГэВ/нуклон, 454 частицы, $b - E_{\text{кин}} = 7 \div 13$ ГэВ/нуклон, 420 частиц. Гистограммы – эксперимент; точечные кривые – вклад в экспериментальные распределения протонной и мезонной компонент; сплошные кривые – расчет по модели [3]

Экспериментальные характеристики сравниваются с расчетом по модели центральных взаимодействий ядер [3], основу которой составляет явление коллективного срыва "мезонных полей"¹⁾ сталкивающихся ядер. Этот механизм реализуется в процессе последовательного взаимодействия налетающего ядра, представляющего собой лоренцовски сжатый диск, со слоями вещества ядра-мишени. По окончании взаимодействия релятивистских ядер образуются три динамически и пространственно разделенных, независимо распадающихся объекта: возбужденное налетающее ядро, распадающееся, главным образом, на релятивистские нуклоны; сгусток возбужденной адронной материи, образованный сорванными полями и распадающийся, в основном, на мезоны; возбужденная часть ядра-мишени, перекрытия налетающим ядром, являющаяся источником h -частиц²⁾. Для описания их распада используется термодинамическая модель с единым параметром $T = \mu = 0,14$ ГэВ, что

¹⁾Под "мезонным полем" может подразумеваться глюонное вещество в кварково-глюонной модели [4] или мягкая часть партонного спектра в партонной модели [5].

²⁾Наблюдаемые в эксперименте h -частицы выходят как непосредственно из объема ядра-мишени, перекрытого падающим ядром, так и из непокрытой его части.

позволяет определить множественность и спектральные угловые характеристики испускаемых частиц.

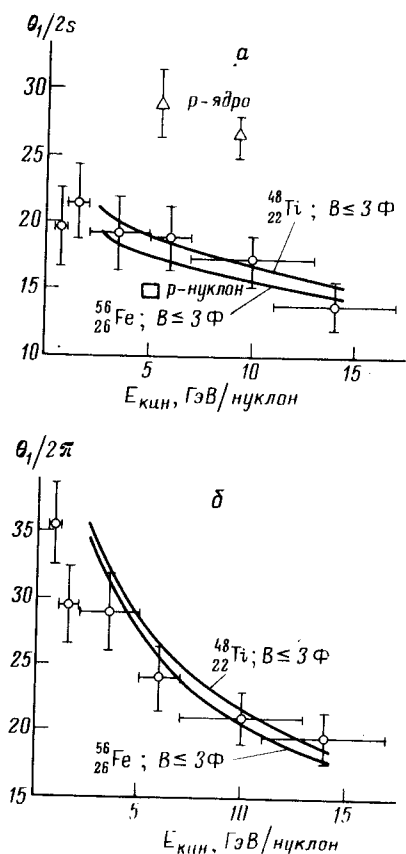


Рис. 3. Зависимость половинного угла вылета ливневых частиц $\theta_{1/2s}$ (а) и π^{\pm} -мезонов $\theta_{1/2\pi}$ (б) от кинетической энергии падающего ядра. ● — эксперимент — взаимодействия падающих ядер группы железа с ядрами Ag, Br; кривые — расчет по модели [3] для падающих ядер Ti^{48} и Fe^{56} . В расчете и в эксперименте половинный угол определялся из распределения по $x = \lg \tan \theta$. Частицы, вылетающие в заднюю полусферу в лабораторной системе координат, не учитывались. ▲ — взаимодействия протон-ядро [7], ■ — взаимодействия протон-нуклон [8]

На всех рисунках расчетные данные приведены сплошной линией. Наблюдается удовлетворительное согласие результатов расчета и эксперимента. Изменение в расчете предельного значения параметра удара B_{max} при усреднении в области $0 \leq B \leq B_{max}$ не приводит к существенному рассогласованию результатов (рис. 1). Расчетная кривая для ядер ^{12}C согласуется с экспериментальным значением множественности n_s при энергии $E_{кин} = 3,4$ ГэВ/нуклон [6]. Для событий с $n_{BZ} \geq 40$ на большей статистике подтверждены отмеченные нами [2] особенности поведения половинного угла в ядро-ядерных взаимодействиях: отличие от величины $\theta_{1/2s}$ в p-ядерных [7] и близость к значению $\theta_{1/2s}$ в p-нуклонных [8] столкновениях (рис. 3, а)¹. Этот факт является простым качественным следствием модели [3]: по мере сближения масс сталкивающихся ядер лоренц-фактор пионизационного сгустка, являющегося источником большей части s-частиц, приближается к лоренц-фактору системы инерции двух сталкивающихся нуклонов.

¹В событиях с энергией $E_{кин} > 2$ ГэВ/нуклон при большом числе рождающихся мезонов присутствие малого числа невзаимодействующих протонов падающего ядра слабо влияет на величину $\theta_{1/2s}$ (занижение $\theta_{1/2s} < 2^\circ$). Это позволяет сравнивать наши данные с данными [7, 8].

Проведенное сравнение различных характеристик ливневых частиц, рождающихся в процессе центральных столкновений тяжелых релятивистских ядер, с результатами расчета свидетельствует в пользу гипотезы о реализации положенного в основу модели коллективного механизма взаимодействия ядер-ядерной пионизации.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффа
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
5 августа 1978 г.

Литература

- [1] Д.Г.Баранов, В.Г.Бобков, В.В.Варюхин, Ю.Ф.Гагарин, Н.С.Иванова, В.Н.Куликов, В.И. Лягушин, В.Е.Мышкин, И.Г.Хилюто, Е.А.Якубовский. Письма в ЖЭТФ, 25, 127, 1977.
 - [2] D.G.Baranov, V.V.Varyukhin, Yu.F.Gagarin et al.XV Int. Cosmic Ray Conference, Plovdiv, Bulgaria, 1977. Conf. Papers, 7, 163, 1977.
 - [3] B.N.Kalinkin, S.N.Koltochnick, V.L.Shmonin. Preprint HEPI 61-78, Alma-Ata, 1978.
 - [4] L. van Hove. Preprint TH-2121-CERN, 1976.
 - [5] В.Н.Грибов. Труды X зимней школы ЛИЯФ, 1, 5, 1975.
 - [6] M.I.Adamovich et al. Preprint JINR E1-10838, Dubna, 1977.
 - [7] В.С.Барашенков, В.П.Тонеев. Взаимодействие высокоэнергетических частиц и ядер с ядрами. М., Атомиздат, 232, 1972.
 - [8] H.Winzeler. Nucl. Phys., 69, 661, 1965.
-