

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО ЯДРО-ЯДЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ЕГО ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

*С.Ш.Амеев,¹⁾ В.В.Варюхин, Ю.Ф.Гатарин,
Б.Н.Калинкин²⁾, В.А.Лукин, А.Б.Смирнов,
В.Л.Шмонин¹⁾, Е.А.Якубовский*

Анализируется взаимодействие ядра хрома с $E_{\text{кин}} \sim 20 \text{ ГэВ/н}$ в ядерной фотоэмульсии. Необычные характеристики события ($N_s = 272$; $\theta_{s, 1/2} = 14^\circ$; $N_h = N_g = 8$) объясняются в предположении образования в малой доле случаев в центральных столкновениях релятивистской компаунд-системы, включающей всю энергию значительной доли нуклонов обоих ядер.

Событие обнаружено при отборе взаимодействий ядер группы железа космических лучей с большой множественностью релятивистских s -частиц. Заряд падающего ядра $z_0 = 24 \pm 2$. Формула взаимодействия $z_0 \rightarrow N_b + N_g + N_s$, где N_b — число черных ($E_{\text{кин}} = 0 + 31 \text{ МэВ/н}$), а N_g — серых ($E_{\text{кин}} = 31 + 450 \text{ МэВ/н}$) треков, имеет вид: $24 \rightarrow 0 + 8 + 272$.

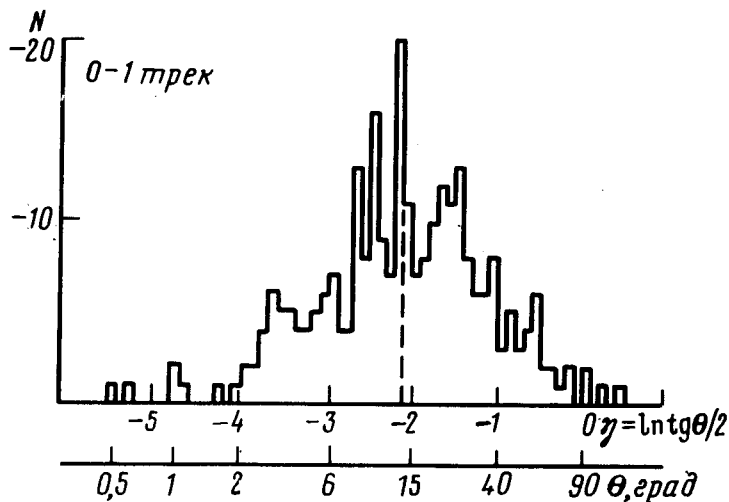


Рис.1. Распределение релятивистских однозарядных частиц по квазибыстроте $\eta = \ln \text{tg} \theta/2$ и углу θ относительно направления движения падающего ядра

Половинный угол s -частиц $\theta_{s, 1/2} = 14^\circ$. Распределение s -частиц по квазибыстроте $\eta = \ln \text{tg} \theta/2$ дано на рис.1. Фрагменты падающего ядра с зарядом $z \geq 2$ отсутствуют. Необычность события состоит в том, что в рамках принятых в настоящее время представлений невозможно согласовать наблюдаемое распределение по квазибыстроте в области фрагментации налетающего ядра, малую величину N_h и большую множественность N_s . Недавно предложенная модель ядерной пионизации в описанном в [1, 2] простом виде также не в состоянии объяснить это явление. Оценка энергии падающего ядра по положению протонов-фрагментов под минимальными углами в распределении по η дает значение $E_{\text{кин}} \leq 15 + 20 \text{ ГэВ/н}$. Согласно обычной классификации при малом числе h — треков ($N_h = N_b + N_g$) данное событие следует отнести либо к столкновению с ядром кислорода, либо к периферическому столкновению с тяжелым ядром фотоэмульсии (Ag, Br). Первый вариант должен быть отвергнуть, так как в этом случае по оценкам, следующим как из эксперимента [3], так и из модельных представлений [1], множественность рожденных частиц даже в центральных столкновениях не превышает $30 + 50$, что почти на порядок меньше наблюдаемой в анализируемом событии. Второй вариант также противоречит эксперименту. Ввиду близости радиусов ядер Ag, Br и Cr ($R_{\text{Ag Br}}/R_{\text{Cr}} \leq 1, 2$) столкновение периферическое по отношению к ядру мишени должно быть периферическим и по отношению к налетающему ядру. Наблюдается же полное разрушение ядра хрома. В распределении по η под малыми угла-

ми отсутствуют ожидаемые в большом числе в периферическом столкновении протоны-фрагменты из непокрытой части падающего ядра, что свидетельствует в пользу малого параметра удара. Интерпретация этого события без привлечения экзотических явлений космофизического плана (например, существование сверхтяжелого нейтронного ядра или антиядра) требует, таким образом, объяснение процесса, приводящего к повышенному выходу мезонов и малому числу нерелятивистских частиц из ядра-мишени.

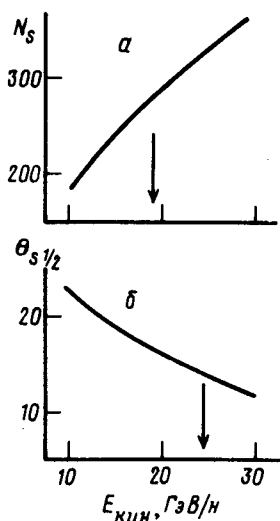


Рис.2. Расчетные зависимости от кинетической энергии падающего ядра множественности релятивистских частиц (а) и половиного угла вылета (б) для системы Cr + Vt при параметре удара $B = 0$ с учетом захвата части нуклонов в центральный пионизационный кластер. Сечение образования компаунд-системы $\sigma_c = 0,25 \sigma_{in}$. Стрелками показана энергия падающего ядра, соответствующая наблюдаемым значениям $N_s = 272 - (E_{кин} \approx 19 \text{ ГэВ/н})$ и $\theta_s/2 = 14^\circ - (E_{кин} \approx 24,5 \text{ ГэВ/н})$

Для интерпретации события в рамках модели [2] необходимо учесть, что в адронных столкновениях кроме доминирующего пионизационного процесса (образование кластера и лидирующих систем, уносящих большую часть энергии сталкивающихся адронов) с заметным сечением σ_c представлен канал образования полных компаунд-систем, включающих всю энергию сталкивающихся адронов. Существование такого канала следует из анализа процессов кумулятивного типа [4] и рождения частиц с большими поперечными импульсами [5]. В модели [2] это означает, что в процессе взаимодействия ядер часть нуклонов будет захвачена в центральной пионизационный кластер. В протсейшем оптическом приближении их число определяется выражением:

$$N = N_1 + N_2 = \int T_1(x, y) \{1 - \exp[-\sigma_c T_2(x, y)]\} dx dy + \int T_2(x, y) \{1 - \exp[-\sigma_c T_3(x, y)]\} dx dy, \quad (1)$$

где $T_i(x, y) = \int \rho_i(x, y, z) dz$; x, y, z — пространственные координаты (ось z совпадает с осью столкновения), а ρ_i — фермиевское распределение плотности нуклонов в ядрах 1 и 2. Модель [2] с учетом (1), где $\sigma_c = 0,25 \sigma_{in}$ [4], позволяет получить для столкновений ядер Cr и Vt с нулевым параметром удара зависимости N_s и $\theta_s/2$ от $E_{кин}$ (рис.2),

согласно которым наблюдаемые значения N_s и θ_s $_{1/2}$ соответствуют $E_{кин} \sim 20$ ГэВ/н. При этой энергии число нуклонов ядра Вг, ставших релятивистскими (захваченных в центральный кластер и не захваченных, но имеющих энергию > 450 МэВ), равно $N_{рел} = 43$. Если предположить, что нейтроны и протоны распределены в ядре Вг одинаково, то число нерелятивистских фрагментов, образовавшихся при расщеплении ядра Вг в таком событии $N_h \lesssim (z_{Вг} / A_{Вг})(A_{Вг} - N_{рел}) \approx 17$. Однако, имеются указания на то, что периферия тяжелых ядер обогащена нейтронами [6]. Поскольку же в центральном столкновении ядер Сг и Вг основным источником нерелятивистских частиц является периферия ядра Вг, реальная величина N_h может оказаться еще ближе к наблюдаемому значению. Уменьшение N_h может быть вызвано также некоторым увеличением эффективного значения σ_c в ядро-ядерном взаимодействии по сравнению с кумулятивным взаимодействием адрон-ядро за счет отсутствия ограничения на размер компаунд-системы в повторных ее взаимодействиях с нуклонами.

Таким образом, учет возможности образования компаунд-систем позволяет не только объяснить основные характеристики подобных "аномальных" событий, но и установить их тесную связь с факторами, регулирующими процессы рождения кумулятивных частиц и частиц с большими p_{\perp} . Проведенный анализ указывает также на необходимость пересмотра некоторых критериев выделения "центральных" столкновений тяжелых ядер.

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

Поступила в редакцию
9 февраля 1981 г.

Литература

- [1] В.Н.Калинкин et al., Preprint NEP1 61-78, Alma-Ata, 1978; Д.Г.Баранов и др. Препринт ФТИ им. А.Ф.Иоффе №562, Ленинград, 1977.
- [2] В.В.Варюхин и др. Препринт ФТИ им. А.Ф.Иоффе №616, Ленинград, 1979; В.Н.Калинкин et al. Phys. Scripta, 21, 792, 1980.
- [3] P.L.Jain, E.Lohrmann, M.W.Teucher. Phys. Rev., 115, 643, 1963.
- [4] В.Н.Калинкин et al. Fortschritte der Phys., 28, 35, 1980.
- [5] Б.Н.Калинкин, В.Л.Шмонин. Сообщения ОИЯИ P2-80-145, P2-80-176, Дубна, 1980.
- [6] D.H.Devis et al. Nucl. Phys., B1, 434, 1967; E.M.S.Burhop et al. Nucl. Phys., B1, 438, 1967; Е.О.Абдрахманов и др. Известия АН КазССР, сер. физ-мат., №4, 41, 1978.