

О ПРОЦЕССАХ НЕУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НУКЛОНОВ
И ЯДЕР СВЕРХВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

С.И.Никольский

Наши сведения об элементарном акте столкновения и взаимодействия нуклонов и пионов с энергией $>10^{13}$ эв получены в основном путем анализа экспериментальных данных о различных явлениях в широких атмосферных ливнях (ш.а.л.) и сопоставления их с той или иной моделью элементарного акта.

Из исследованных к настоящему времени моделей элементарного акта наилучшее согласие расчетных и наблюдаемых характеристик ш.а.л. получается для модели [1] двух фиберболов с учетом возможного возбуждения нуклона до состояния изобары при среднем коэффициенте неупругости для нуклонов 0,5. Такая модель, по-видимому, хорошо отражает самые общие черты неупругих столкновений нуклонов и пионов с ядрами атомов воздуха в широком энергетическом интервале.

Однако согласие расчета и опыта далеко не полно. Так, например, из наблюдаемого числа мюонов в ливне следует меньшая множественность генерации вторичных частиц, чем предполагается в этой модели, но для объяснения высокой интенсивности ливней в стратосфере [2] необходимо резко увеличить множественность. Двухфибербольная модель не объясняет немонотонную зависимость полного числа ядерноактивных частиц от числа электронов в ливне на уровне гор [3], так же как и различие в роли ядерноактивной компоненты в больших и малых ливнях [4]. На основании изменения спектра ливней по числу частиц сделан вывод об изменении энергетического спектра первичного косми-

ческого излучения [5]. Однако при учете флуктуаций в развитии ливней и сложного состава первичного космического излучения трудно объяснить резкость изменения спектра ливней по числу частиц и остается совершенно необъяснимым смещение места "излома" в спектре ливней по числу частиц в область меньших ливней при переходе с уровня моря на горные высоты [3,5] при независимых от энергии характеристиках элементарного акта. Эти и многие другие "странные" результаты нельзя объяснить в рамках одной, монотонно изменяющейся с энергией, картины элементарного акта. Как показывают расчеты и оценки, вся совокупность экспериментальных данных о явлениях в космических лучах с энергией свыше 10^{13} эв, включая "изломы" и "странные" результаты, может быть объяснена при двух предположениях.

1. При столкновениях нуклонов и ядер сверхвысокой энергии, кроме известного в области энергии $10^{10}-10^{13}$ эв процесса множественного образования пионов, существует процесс передачи большой доли ($\sim 70\%$) энергии нуклона в электронно-фотонную компоненту, минуя пионизацию. Эффективное сечение такой "гамманизации" $\sigma < 1$ мбн/нуклон для энергии налетающего нуклона $E_0 \leq 10^{13}$ эв и $\sigma = 10 + 20$ мбн/нуклон для $E_0 \geq 10^{14}$ эв. Этот процесс, по-видимому, характеризуется высокой степенью диссипации энергии.

2. В том же энергетическом интервале ($10^{13} - 10^{14}$ эв/нуклон) изменяется показатель степени в энергетическом спектре первичного космического излучения на величину $\Delta\gamma \approx 0,5$. Возможно, что это изменение связано с уменьшением среднего времени жизни космических лучей во Вселенной до ядерного взаимодействия из-за увеличения суммарного эффективного сечения для неупругих столкновений протонов и ядер с энергией выше $4 \cdot 10^{13}$ эв/нуклон. Тогда изменение γ является следствием вводимого в рассмотрение процесса.

Нетрудно видеть, как с учетом этих предположений упрощается интерпретация многих "странных" результатов наблюдений. Наличие актов с преимущественной диссипацией энергии в электронно-фотонную компоненту наряду с обычными актами пионизации, с одной стороны, увеличивает полный поток частиц в ш.а.л. в стратосфере, а с другой, уменьшает относительное число пионов в ливне. Энергетический порог

для дополнительного процесса "гамманизации" приводит к нарушению монотонной зависимости числа ядерноактивных частиц в ливне, как функции полного числа электронов, начиная с ливней, вызываемых первичными протонами с энергией $\sim 4 \cdot 10^{13}$ эв, и кончая ливнями, вызываемыми сложными ядрами с энергией $\sim 4 \cdot 10^{13}$ эв/нуклон.

Совпадение в одном и том же энергетическом интервале изменения энергетического спектра и появления дополнительного процесса передачи энергии в электронно-фотонную компоненту позволяет объяснить излом спектра ливней по числу частиц и смещение этого излома в область больших энергий при переходе с горных высот на уровень моря.

Наиболее характерная деталь нового процесса — быстрый рост эффективного сечения в интервале энергий $10^{13} - 10^{14}$ эв. Увеличение вследствие этого суммарного сечения для неупругого взаимодействия приблизительно на 30% вряд ли соответствует предсказаниям теории комплексных орбитальных моментов, поскольку дополнительный процесс отличается от обычной пионизации. Если энергетический порог для рассматриваемого процесса связывать с какой-то новой частицей, то ее масса должна быть $\sim 10^{11}$ эв/ c^2 , а время жизни $< 10^{-11}$ сек, но отсутствие при распаде заметного числа χ^{\pm} -мезонов отличает эту частицу от уже известных барионов. Высокий коэффициент неупругости указывает на периферичный характер таких взаимодействий. С точки зрения структуры нуклона энергия $\geq 4 \cdot 10^{13}$ эв соответствует длине $< 10^{-15}$ см, интересной и с точки зрения слабых взаимодействий.

Все перечисленные возможности одинаково интересны и настораживающе удивительны. К сожалению, выбор между этими возможностями не может быть обоснован экспериментально до тех пор, пока не будут получены в достаточном количестве прямые данные о свойствах элементарного акта взаимодействия при энергиях $\sim 10^{14}$ эв.

Физический институт

им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию

25 декабря 1965 г.

Литература

- [1] Л.Г.Деденко. Изв. АН СССР, сер. физ., 29, 1725, 1965.
- [2] Р.А.Антонов, Ю.А.Сморозин, Э.И.Тулинова. Тр. ФИАН, 26, 142, 1964.
- [3] Т.В.Данилова, Е.В.Денисов, С.И.Никольский. ЖЭТФ, 46, 1561, 1964.
- [4] С.И.Никольский, А.А.Поманский. ЖЭТФ, 35, 618, 1958.
- [5] Ю.А.Фомин, Г.Б.Христиансен. ЖЭТФ, 46, 2141, 1964.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕЛИЕВОЙ МИШЕНИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПИНА И ЧЕТНОСТИ МНОГОМЕЗОННЫХ РЕЗОНАНСОВ

М.С.Дубовиков

Как показано в работе [1], для определения спина и четности бозонного резонанса, распадающегося на три псевдоскалярных мезона, недостаточно изучать угловое распределение нормали к плоскости распада бозона, нужно еще при каждом направлении нормали изучать распределение мезонов в плоскости распада. Аналогичная трудность имеет место и при распаде бозона на векторный и псевдоскалярный мезон.

Мы покажем, что если исследуемый резонанс B рождается в реакции



(P - пион или каон), то может оказаться, что для определения спина и четности B достаточно изучать угловое распределение нормали к плоскости распада этого резонанса (в системе покоя B). Вместо ${}^4\text{He}$ может быть взято любое бесспиновое ядро, если только процесс типа (1) не подавлен.