

АНАЛИЗ МНОЖЕСТВЕННОСТИ γ -СЕМЕЙСТВ

В. Г. Денисова

УДК 539.171.017

Проведено сравнение экспериментальных данных по множественности γ -семейств, полученных в эксперименте "Памир", с расчетами по квазискейлинговой модели. Показано, что для согласования расчета и эксперимента необходимо нарушение скейлинга в области фрагментации.

В работе исследуются характеристики γ -семейств, которые являются результатом нескольких последовательных взаимодействий адронов космических лучей с ядрами атомов воздуха. Семейства представляют собой группу генетически связанных γ -квантов и электронов, которые регистрируются с помощью рентгеноэмульсионной камеры (РЭК). Для анализа отбираются группы γ -квантов с числом $n \geq 3$ в круге радиуса $R = 15$ см и суммарной энергией квантов $\Sigma E_i \geq 100$ ТэВ, что соответствует первичной энергии адрона $E_0 \sim 500 - 5000$ ТэВ.

Множественность n^* означает число γ -квантов с относительной энергией $f_i^* > f_{\min}^*$ ($f_i^* = E_i / \Sigma E_i$, $f_{\min}^* = 0,04$, E_i - энергии γ -квантов) в γ -семействе.

Данные о множественности γ -семейств в эксперименте "Памир" уже публиковались /1-4/. Однако даже со времени последней публикации 1978 г. /4/ ситуация несколько изменилась. Был учтен ряд физических и методических факторов, оказавшихся существенным и при определении $\langle n^* \rangle$. 1) Определение энергии γ -квантов проводилось с использованием каскадных кривых, в которых учтен эффект Ландау - Померанчука - Митдала /5/, а также влияние электромагнитных флуктуаций и измерительных ошибок при круто падающем спектре γ -квантов /6/. 2) Были стандартизованы

фотометры сотрудничества "Памир". 3) Оценено влияние близко расположенных квантов на величину множественности $\langle n^* \rangle$ γ -семейств. 4) Статистика γ -семейств с $\Sigma E > 30$ ТэВ увеличилась примерно в 2,5 раза.

Как показали расчеты /7,8/, проведенные в сотрудничестве "Памир", множественность $\langle n^* \rangle$ чувствительна к модели ядерного взаимодействия. Действительно, величина $\langle n^* \rangle$ чувствительна к изменению спектра рождающихся пионов по переменной Фейнмана X как в области пионизации, так и в области фрагментации. В модели, где рост сечения происходит целиком за счет рождения частиц в области пионизации /8/ (все рождающиеся частицы имеют энергию ниже порога регистрации), $\langle n^* \rangle$ уменьшается на 0,8 по сравнению с моделью скейлинга. А сильное укрупнение спектра по X в области фрагментации (в 8 раз) приводит к увеличению $\langle n^* \rangle$ на 2,5 - 3 /7/.

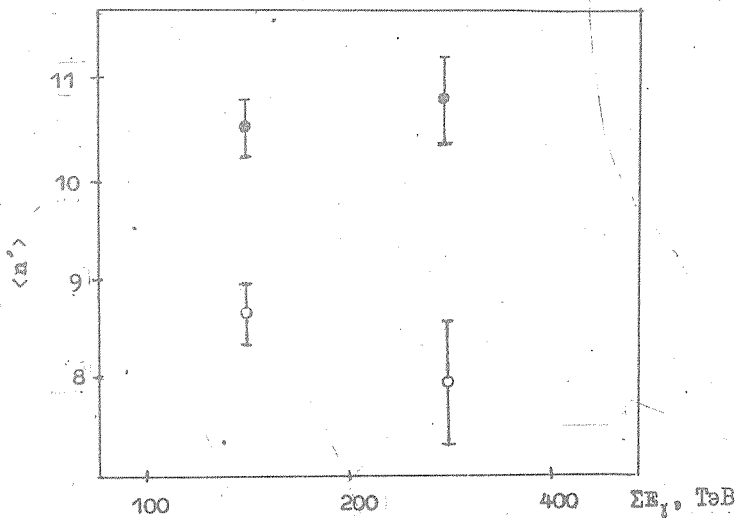
На величину $\langle n^* \rangle$ оказывает влияние химсостава и наклон спектра первичного космического излучения. Так в работе /8/ в квазискейлинговой модели M4 $\langle n^* \rangle$ для первичных протонов равна $\sim 8,0 \pm 0,4$, а для первичных ядер Fe $\langle n^* \rangle = 11,5 \pm 0,7$. Изменение показателя наклона первичного спектра от -1,6 до -2,0 изменяет $\langle n^* \rangle$ на 0,3 /10/.

Для корректного сравнения экспериментальных и расчетных значений $\langle n^* \rangle$ необходимо рассматривать расчетные значения $\langle n^* \rangle$ на уровне регистрации γ -семейств, а не над установкой, как это обычно делается в расчетах. Чтобы учесть эффекты, связанные с прохождением γ -квантов через установку, γ -семейства, наигранные по модели M4, были подвергнуты некоторой процедуре, названной "пропуск через камеру", которая имитировала те процессы, которые происходят с γ -квантами в РЭК. При этом был учтен проскок γ -кванта до образования пары e^+e^- с учетом эффекта Ландау - Померанчука - Митдала, электромагнитные флуктуации и измерительные ошибки. Полученные в результате такой процедуры значения $\langle n^* \rangle$ сравнивались с экспериментальными.

Определение энергии γ -квантов проводилось по программе, принятой в сотрудничестве "Памир", в которой были учтены указанные выше факторы.

Скейлинговые модели дают слишком большие (в 10 и более раз)

по сравнению с экспериментом интенсивности γ -семейств и одиночных γ -квантов и адронов, и поэтому сопоставления с ними не проводится. Квасискейлинговая модель M4, которая является хорошей экстраполяцией ускорительных данных в область высоких энергий и в которой весь рост сечения происходит за счет пионизационных процессов, что также наблюдается на ускорителях, дает близкую к эксперименту интенсивность γ -семейств (с точностью до ~ 2). Поэтому с этой моделью проводится сравнение других экспериментальных характеристик.



Р и с. 1. Зависимость $\langle n^{\circ} \rangle$ от ΣE_{γ} для экспериментальных γ -семейств (\circ) и для модели M4 (\bullet) на уровне регистрации

На рис. 1 приводится зависимость $\langle n^{\circ} \rangle$ от ΣE_{γ} при $f_{\min}^{\circ} = 0,04$ для экспериментальных γ -семейств и для модели M4 на уровне регистрации. Из рис. 1 видно, что различие $\langle n^{\circ} \rangle$ в модели с нарушением скейлинга в пионизационной области с экспериментальными значениями в интервале $\Sigma E_{\gamma} = 200 - 400$ ТэВ составляет 2,5. Такая разница в $\langle n^{\circ} \rangle$ весьма значительна, так как $\langle n^{\circ} \rangle$

оказалась очень стабильной величиной и для ее изменения на 2-2,5 требуется весьма значительное изменение элементарного акта. Для согласования модели с экспериментом за счет состава первичных частиц требуется предположить в первичном спектре $\sim 70\%$ Fe, однако это предположение противоречит данным из анализа ШАД /9/, которые допускают в первичном спектре $\sim 20\%$ Fe. Кроме того, при увеличении доли тяжелых ядер растет радиус χ -семейств $\langle R \rangle$, и при 70% Fe в первичном спектре $\langle R \rangle \sim 50$ мм, что в 2 раза превышает экспериментальное значение /10/, и поэтому большая доля Fe исключается как по данным ШАД, так и по данным нашего эксперимента. Таким образом, для согласования эксперимента и расчета необходимо предположить укручение спектра по X во фрагментационной области. Однако небольшое укручение спектра по X в области фрагментации (убирание квазиупругого пика в M4) недостаточно для согласования эксперимента и расчета /8/.

Таким образом, необходимо допустить сильное нарушение скейлинга во фрагментационной области X, чтобы получить согласие с экспериментальными данными по $\langle n^* \rangle$.

Поступила в редакцию
21 декабря 1981 г.

Л и т е р а т у р а

1. Pamir Collaboration, XIX ICRC, v. 7, p. 2370 (1975).
2. Pamir Collaboration, XX ICRC, v. 11, p. 459 (1977).
3. Pamir Collaboration, Zeszyty Naukowe Univ. Lodzkiego, ser. I, N 60, 26 (1977).
4. С. Г. Байбурина и др., Изв. АН СССР, сер. физ., 42, № 7, 1346 (1978).
5. А. А. Кириллов, Диссертация, НИИЯФ МГУ, 1980 г.
6. Т. А. Chuykova et al., Preprint FIAN, N 2, 1980.
7. А. Бротняк, Acta Universitatis Lodzianensis, N 32, ser. 11, p. 61 (1980).
8. А. М. Дунаевский и др., Препринт ФИАН № 18, М., 1980 г.
9. I. V. Kirov et al., Int. Seminar on Cosmic Ray Cascades, Sofia, 1980, p. 61.
10. Z. M. Guseva et al., Int. Seminar on Cosmic Ray Cascades, Sofia, 1980, p. 1.