

5383/2-78

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



11/11-78

Б-245

P2 - 11648

В.С.Барашенков, Б.Ф.Костенко

МНОЖЕСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ
В АДРОН-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ
ПРИ ОЧЕНЬ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

1978

P2 - 11648

В.С.Барашенков, Б.Ф.Костенко

МНОЖЕСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ
В АДРОН-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ
ПРИ ОЧЕНЬ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

*Направлено на V Международный семинар по проблемам
физики высоких энергий /Дубна, 1978/.*

Барашенков В.С., Костенко Б.Ф.

P2 - 11648

Множественное образование частиц в адрон-ядерных столкновениях при очень высоких энергиях

Выполнены расчеты внутриядерного каскада с учетом предравновесных процессов и испарения остаточного возбужденного ядра в области энергий налетающей частицы $T=10-100$ ГэВ. Проведено сравнение с опытом. Несмотря на ряд количественных расхождений между экспериментом и теорией, в настоящее время нет оснований для утверждений о несправедливости механизма внутриядерных каскадов по крайней мере вплоть до энергии в несколько сотен ГэВ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Barashenkov V.S., Kostenko B.F.

P2 - 11648

Multiple Particle Production in Hadron-Nucleus Interactions at Extremely High Energies

Calculations of intranuclear cascade taking into account preequilibrium processes and evaporation of a residual excited nucleus for projectile particle in the $T=10-100$ GeV energy range have been performed. The comparison with experiment was made. Despite a number of qualitative disagreements with experiment, up to date there is no reason for statements as to invalidity of the intranuclear cascade mechanism at least up to energies of several hundred of GeV.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Многими авторами было показано, что модель внутриядерных каскадов хорошо согласуется с опытом в широкой области энергий от десятков $MэВ$ до нескольких $ГэВ/см.^{1-3/}$, где указана подробная библиография/. После того как было учтено изменение свойств ядрамишени в ходе каскадного процесса /эффект трейлинга/, согласно с опытом удалось получить вплоть до энергий в несколько десятков $ГэВ^{2,4,5/}$. Однако в области $T > 10$ $ГэВ^*$ было проанализировано лишь небольшое число известных в то время экспериментальных данных, а более поздние согласовались с опубликованными теоретическими результатами значительно хуже. Это послужило основой для утверждений о принципиальной неприменимости идеи внутриядерного каскада в области высоких энергий.

Наша цель - проанализировать, насколько обоснован этот вывод. Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные, значительно более подробные и точные, чем это было 5-10 лет назад, когда были выполнены обсуждающиеся в литературе каскадные расчеты, позволяют провести более надежное сопоставление эксперимента с теорией.

Расчеты основаны на каскадно-испарительной модели с трейлингом $^{1/2/}$. Дополнительно учтен вклад нестационарных процессов распада возбужденных остаточных ядер $^{6/}$ и при $T > 20$ $ГэВ$ использовалось более точное, чем в работах $^{4,5/}$, моделирование внутриядерных $N-N$ и $\pi-N$ -взаимодействий.

* Здесь и везде ниже T - кинетическая энергия налетающей частицы в лабораторной системе координат.

Были проанализированы пион- и нуклон-ядерные взаимодействия. Выводы для этих взаимодействий получаются практически одинаковыми, поэтому далее мы ограничимся, в основном, случаем нуклон+ядро.

Из рис. 1 видно, что средняя теоретическая и экспериментальная множественности ливневых частиц $\langle n_s \rangle$ хорошо согласуются вплоть до $T \approx 30$ ГэВ. При больших энергиях теоретические значения оказываются завышенными, и различие с опытом сильнее проявляется в тяжелых ядрах. Однако значительным это различие становится лишь при $T > 100$ ГэВ. При $T = 200$ ГэВ эксперимент и теория различаются на фактор 1,5 в случае легких и на фактор 2 в случае тяжелых ядер фотоэмульсии.

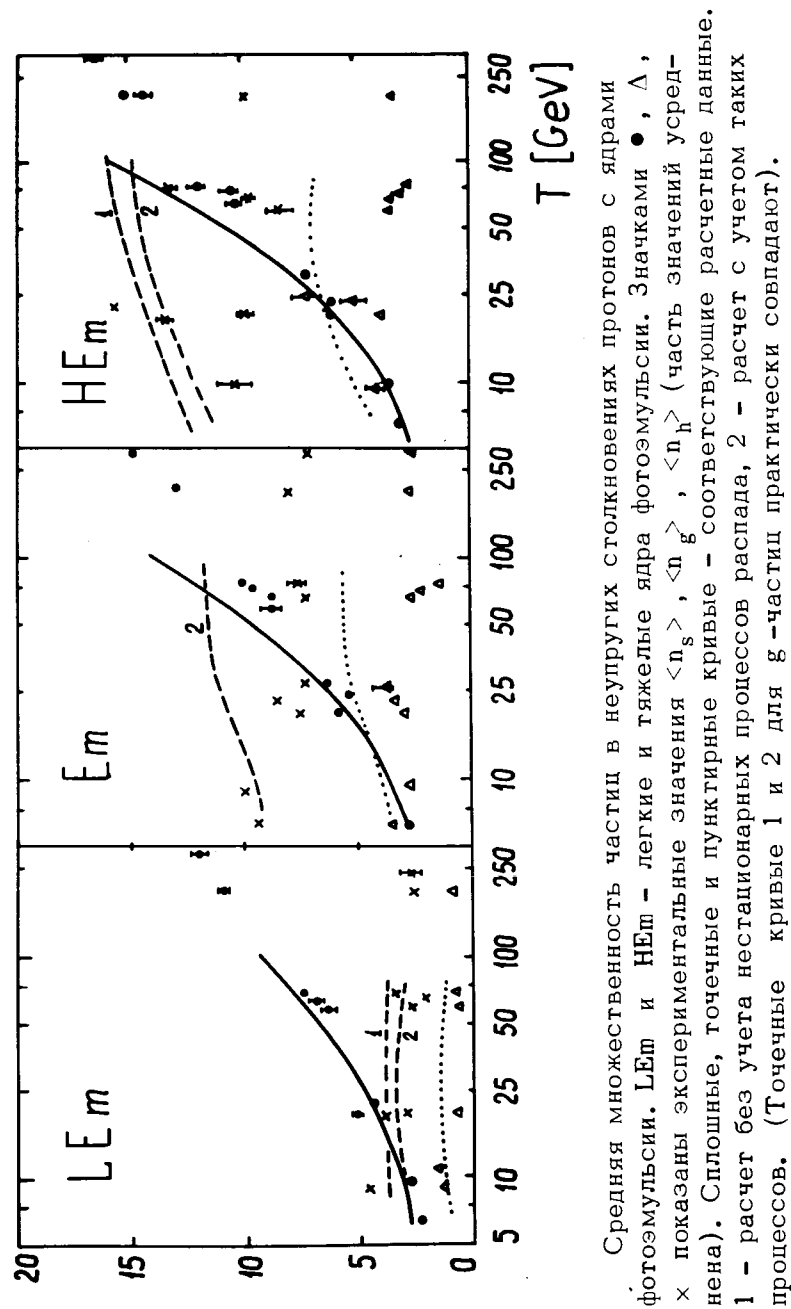
Хуже согласие для низкоэнергетических частиц. Хотя ход кривых на рис. 1 передает наблюдаемое в опыте сильное ослабление энергетической зависимости $\langle n_g \rangle$ и $\langle n_h \rangle$ в области высоких энергий, абсолютное значение расчетной множественности значительно превосходит экспериментальное. Для тяжелых ядер различия заметны уже при $T \approx 10$ ГэВ.

В области высоких энергий теоретический каскад оказывается слишком разветвленным, даже если учесть возрастание "прозрачности" ядра за счет выбивания части его нуклонов. Этот вывод можно считать достаточно надежным.

В табл. 1 сравниваются значения относительной дисперсии $D_s^{1/2} / \langle n_s \rangle = [\langle n_s^2 \rangle - \langle n_s \rangle^2]^{1/2} / \langle n_s \rangle$.

Таблица 1

T, ГэВ	Расчет /±0,02/	
	LEm	HEm
10	0,56	0,51
30	0,66	0,64
75	0,71	0,66
Опыт:	0,59±0,02	0,55±0,02



Средняя множественность частиц в неупругих столкновениях протонов с ядрами фотоэмульсии. LEm и HEm - легкие и тяжелые ядра фотоэмульсии. Значками \bullet , Δ , \times показаны экспериментальные значения $\langle n_s \rangle$, $\langle n_g \rangle$, $\langle n_h \rangle$ (часть значений усреднена). Сплошные, точечные и пунктирные кривые - соответствующие расчетные данные. 1 - расчет без учета нестационарных процессов распада, 2 - расчет с учетом таких процессов. (Точечные кривые 1 и 2 для g -частиц практически совпадают).

Расчетные значения медленно возрастают при увеличении энергии T , экспериментальные значения в пределах 3%-ных погрешностей остаются постоянными. Следует, однако, иметь в виду, что в каскадной теории расчет $N-N$ - и $\pi-N$ -взаимодействий производится без подгонки дисперсии рождающихся частиц к ее экспериментальному значению. В нашем варианте теории различия между расчетом и опытом при $T = 10 \div 70$ ГэВ достигают 20÷30%. Расхождения теории и эксперимента в табл. 1 в значительной степени обусловлены именно этим обстоятельством.

Относительная дисперсия медленно уменьшается при переходе к звездам с большим числом h -лучей; градиент изменения несильно отличается от наблюдаемого на опыте*.

Дисперсия - весьма деликатная характеристика, и говорить о сколько-нибудь серьезном разногласии с опытом здесь преждевременно.

Что касается часто обсуждаемых в литературе средних угловых и энергетических распределений, то здесь также пока нет существенных расхождений с опытом. Мы хотели бы, однако, подчеркнуть, что хорошему согласию в этом пункте не следует придавать слишком большого значения, поскольку средние угловые и энергетические характеристики в значительной степени определяются кинематикой процесса и сравнительно слабо зависят от деталей модели. Более важным является рассмотрение, в частности, "хвостов" распределений.

По нашему мнению, очень важным для понимания механизма внутриядерных взаимодействий может оказаться то, что теоретический каскад оказывается не только более разветвленным /мощным/, но и содержит

В работе /7/ указывалось, что такое уменьшение дисперсии исключает все каскадные модели, т.к. на опыте относительная дисперсия не зависит от n . Это заключение основано на недоразумении: в работе /7/ пропущена часть экспериментального распределения, благодаря чему дисперсия и оказалась постоянной. Наоборот, наблюдаемое в эксперименте уменьшение дисперсии противоречит модели "невзаимодействующего адронного состояния", рассматривавшейся в работе /7/.

больший процент высокоэнергетических частиц, чем это наблюдается в эксперименте /табл. 2/.

Таблица 2

Среднее число частиц с энергией $T > T^*$, образуемых в фотоэмульсии π -мезоном при энергии 50 ГэВ

T^* , ГэВ	LEm		HEm	
	опыт /8/	теория	опыт /8/	теория
5	1,57±0,14	1,05	1,34±0,14	+0,90
10	0,78±0,10	0,64	0,58±0,10	0,51
15	0,46±0,08	0,50	0,28±0,07	0,40
20	0,34±0,06	0,48	0,14±0,05	0,35
25	0,24±0,05	0,43	0,10±0,03	0,29

С чем связан этот результат - с недостаточно корректной аппроксимацией "хвоста" в списке лидирующих частиц в $\pi-N$ - и $N-N$ -столкновениях, или же с особенностью механизма внутриядерных взаимодействий, - для нас остается пока неясным.

Подводя итог, можно сказать, что расхождения используемой в настоящее время версии каскадной модели с опытом начинают проявляться уже при $T=10$ ГэВ и увеличиваются с ростом энергии первичной частицы. Тем не менее, характер расхождений таков, что пока нет оснований для утверждений о принципиальной неприменимости каскадного механизма внутриядерных взаимодействий в области высоких энергий. Качественно каскадная модель хорошо описывает все основные черты ядерных взаимодействий по крайней мере до энергий в несколько сотен ГэВ, что указывает на необходимость дальнейшего усовершенствования, а не отказа от этой модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. Атомиздат, М., 1972.
2. Барашенков В.С. и др. УФН, 1973, 109, с.91.
3. Bertini H.W. Phys. Rev., (1972), С6, р.631.
4. Барашенков В.С., Елисеев С.М. ЯФ, 1973, 18, с.196.
5. Тонеев В.Д., Чигринов С.М. ОИЯИ, Р4-7479, Дубна, 1973.
6. Машник С.Г., Тонеев В.Д. ОИЯИ, Р4-8417, Дубна, 1974.
7. Калинин Б.Н. и др. ОИЯИ, Р2-8760, Дубна, 1975.
8. Воинов В.Г. и др. ЯФ, 1977, 25, с.1003.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июня 1978 года.