

T-57

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P2 - 3562

В.Д. Тонеев

О СПЕЦИФИКЕ КАСКАДНЫХ РАСЧЕТОВ
НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ

(Доложено на Всесоюзном совещании по методам Монте-Карло.
Новосибирск 1966 г.)

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

1967.

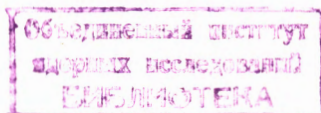
P2 - 3562

5460/3 нр.

В.Д. Тонеев

О СПЕЦИФИКЕ КАСКАДНЫХ РАСЧЕТОВ
НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ

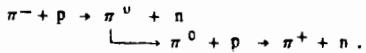
(Доложено на Всесоюзном совещании по методам Монте-Карло,
Новосибирск 1966 г.)



Метод Монте-Карло по существу является единственным методом, позволяющим рассчитывать разнообразнейшие характеристики взаимодействия быстрых частиц с ядрами. Результаты расчетов методом Монте-Карло по модели внутриядерного каскада хорошо согласуются с экспериментом для различных ядер в широкой области энергий налетающих частиц^{/1-4/}. Однако, поскольку ошибка подобных расчетов составляет величину $\approx \sqrt{N}$, где N — число прослеженных историй, получение надежных результатов для событий, происходящих с малой вероятностью, связано с большой затратой машинного времени. Естественно попытаться как-то изменить обычную методику расчета внутриядерного каскада, чтобы повысить эффективность данного метода для поставленной задачи. Необходимость изменения обычной методики расчета возникает и при исследовании взаимодействия с ядрами частиц сверхвысоких энергий, что вызывается особенностями физических процессов при столь высоких энергиях. Обсуждению специфики расчетов внутриядерных каскадов для некоторых процессов и посвящена данная работа.

Сечение реакции двойной перезарядки мезонов на ядрах^{х)} составляет доли процента от полного сечения неупругого взаимодействия; таким образом, эффективность обычного расчета внутриядерного каскада невелика^{/5/}. Однако эту эффективность можно улучшить, предположив, что при каждом взаимодействии (т.е. в каждой точке ветвления каскадного "дерева") реализуется не одна ветвь случайного марковского процесса, как в обычном каскаде, а все возможные ветви, но с соответствующими весами, определяемыми сечениями допустимых процессов. Кроме того, в наиболее интересной энергетической области (ниже порога

х) Под двойной перезарядкой мезонов на ядрах понимают рождение мезонов с обратным знаком заряда по сравнению со знаком заряда мезона, налетающего на ядро. В области ниже порога рождения мезонов это возможно, например, по следующей схеме



рождения мезонов) достаточно рассматривать лишь мезонную компоненту внутриядерного каскада, поскольку дальнейшее прослеживание "истории" нуклона не может привести к рождению мезона. Все это существенно повышает эффективность счета.

Предлагаемый метод, по-видимому, является разновидностью метода "русской рулетки"/8/.

В качестве второго примера расчета процессов, реализующихся с малой статистической вероятностью, рассмотрим рождение странных частиц на ядрах. Особенность этого процесса состоит в том, что вероятность рождения странных частиц в элементарном акте хотя и мала, но слабо меняется с ростом энергии^{хх}), что приводит к необходимости учитывать возможность рождения странных частиц не только первичной, но и вторичными частицами. Однако методика типа описанной выше не проходит, поскольку число вторичных частиц велико.

В данном случае можно предложить следующую схему расчета:

1. Расчет до первого неупругого взаимодействия налетающих частиц и собственно первого неупругого взаимодействия выполняется так же, как и расчет обычного внутриядерного каскада.

2. Разыгрываются пробеги и тип взаимодействия для всех вторичных частиц.

3. Если среди всех разыгранных типов взаимодействия (включая первое неупругое) нет хотя бы одного взаимодействия с рождением странных частиц, то необходимо вернуться в пункт 2.

4. Если пункт 3 выполнен, то дальнейший расчет полностью аналогичен обычному каскадному расчету.

Относительная вероятность процессов рождения странных частиц при этом равна $\frac{N_0}{N_0 + N_1}$, где

N_0 - число прослеженных историй,

N_1 - число событий, отбракованных в пункте 3.

Иными словами, из всей совокупности "деревьев", описывающей развитие внутриядерного каскада, мы отбираем те, которые в первых двух поколениях (по неупругим взаимодействиям) имеют по крайней мере одну ветвь, соответствующую процессу рождения странных частиц.

^{х)} Сказанное относится, конечно, к энергиям выше порога рождения странных частиц.

Правомерность такого подхода основывается на двух положениях:

- а) частицы в среднем испытывают в ядре два-три неупругих взаимодействия;
- б) в рассматриваемой области энергий частицы после второго неупругого взаимодействия обладают энергией в среднем ниже порога рождения странных частиц.

Существенный выигрыш в машинном времени при данной схеме расчета очевиден.

В заключение можно еще указать на особенности каскадных расчетов при энергиях налетающих частиц $\gtrsim 30$ Гэв. В этом случае из-за эффектов релятивистского сжатия вторичные частицы заключены в узком конусе относительно направления налетающей частицы, что приводит к такой ситуации, когда с нуклоном ядра могут взаимодействовать одновременно две и более частиц. Строго говоря, при этом процесс перестает быть марковским случайным процессом (в каскадном "дереве" появляются петли). Однако при некоторых частных предположениях о многочастичных взаимодействиях, можно с успехом использовать каскадную модель и в этом случае. Например, если предположить, что вторичные частицы, в каком бы узком конусе они ни были коллимированы, движутся независимо друг от друга (т.е. вероятность попадания нескольких вторичных частиц в один и тот же нуклон ядра есть произведение всех вероятностей попадания этих частиц в данный нуклон) то, постулируя свойства многочастичных взаимодействий и сравнивая результаты расчета с экспериментом, можно извлечь очень ценную информацию об этих взаимодействиях. Такие расчеты выполнены в работе^{/7/}.

В другом предельном случае, когда взаимодействие между релятивистски сжатыми частицами очень сильно, предлагается следующим образом видоизменить схему расчета: для частиц, образовавшихся в результате неупругого взаимодействия и удовлетворяющих "условию независимости"^{х)}, методика расчета та же, что и для обычного внутриядерного каскада; для частиц, не удовлетворяющих "условию независимости", выполняются расчеты в духе гидродинамической теории нуклон-ядерного взаимодействия^{/8/}.

^{х)} Таким условием может быть, например, следующее: частицы независимы, если на длине их свободного пробега в ядре они расходятся на расстояние порядка размера нуклона.

Нужно отметить, что такой подход в области меньших энергий естественно переходит в модель обычного внутриядерного каскада.

Автор благодарен Г.А. Ососкову за полезное обсуждение.

Л и т е р а т у р а

1. H. W. Bertini, ORNL - 3383, 1963 .
2. В.С. Барашенков, В.М. Мальцев, В.Д. Тонеев. Изв. АН СССР, сер. физ. 30, 332 (1966).
3. В.С. Барашенков, В.М. Мальцев, В.Д. Тонеев. Изв. АН СССР, сер. физ. 30, 337 (1966).
4. В.Д. Тонеев. Препринт ОИЯИ Б1-2245, Дубна 1965.
5. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Мальцев, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. XII Международная конференция по физике высоких энергий, Дубна, 1964, том I, Атомиздат, 1966.
6. Symposium on Monte Carlo Methods, ed. by H.A. Meyer, New York, London, 1956.
7. И.З. И.З. Артыков, В.С. Барашенков, С.М. Елисеев. Доклад на конференции по космическим лучам, в г. Алма-Ате, октябрь 1966,
8. Г.А. Милехин. Труды ФИАН 16, 50, 1961.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 октября 1967 г.