



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3180/2-80

14/7-80
P2-80-192

В.С.Барашенков, Л.В.Бордиян,
Ж.Ж.Мусульманбеков

СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАСЧЕТА
ВНУТРИЯДЕРНЫХ КАСКАДОВ

1980

Модель внутриядерных каскадов в настоящее время - наиболее разработанный метод расчета неупругих взаимодействий быстрых частиц и ядер с ядрами, позволяющий рассматривать значительное большее число характеристик, чем какой-либо другой известный сейчас метод. На основе модели внутриядерных каскадов выполняются расчеты радиационной защиты и анализируются вопросы, касающиеся распространения потоков быстрых частиц в газообразных и плотных средах.

Поскольку модель основана на монте-карловском прослеживании цепочек событий, то для получения достаточной статистической точности результатов приходится выполнять серии повторяющихся расчетов, занимающие значительное время ЭВМ. В этой связи важное значение приобретают вопросы оптимизации используемых программ.

В работах^{1,2} было проведено упрощение каскадных расчетов в области энергий, меньших нескольких ГэВ, путем оптимизации самой каскадной модели и использования более рационально организованной программы вычислений. В настоящей работе обсуждается возможность сокращения затрачиваемого времени ЭВМ за счет предварительного выполнения редко вызываемых, но весьма трудоемких частей программы и оптимизации некоторых простых, но часто используемых подпрограмм.

Значительного сокращения расчетного времени можно достичь путем простого изменения алгоритма розыгрыша значений импульсов и зарядов частиц, рождающихся в неупругих внутриядерных $\pi-N$ и $N-N$ столкновениях. Такой розыгрыш производится с обязательным учетом законов сохранения энергии-импульса и заряда, и в тех случаях, когда эти законы нарушаются, выполняется повторный розыгрыш соответственно импульсов или зарядов всех родившихся в данном столкновении частиц³. Иногда такое повторение происходит много раз, прежде чем законы сохранения оказываются выполненными. Это занимает много времени ЭВМ, особенно при расчетах высокоэнергетических процессов, сопровождающихся рождением большого числа частиц во внутриядерных столкновениях.

Поскольку импульсы /и заряды/ рождающихся частиц разыгрываются независимо*, то новую статистически независимую выборку

* Если рождается n частиц, то розыгрыш импульсов производится для $n-2$ частиц, зарядов - для $n-1$ частицы. Характеристики оставшихся частиц фиксируются законами сохранения³.

можно образовать путем повторного розыгрыша импульса /или за-ряда/ только одной из вторичных частиц - например, первой /в порядке их расположения в памяти ЭВМ/. Если закон сохранения снова оказывается невыполненным, переразигрывается следующая по порядку частица и т.д.

Такое изменение алгоритма розыгрыша внутриядерных столкно-вений слабо сказывается при небольших энергиях, однако с ростом энергии экономия времени становится весьма существенной. Так, при энергии 10 ГэВ уменьшение времени при расчете неупругих взаимодействий протонов с ядрами фотоэмульсии составляет уже около 25%: приблизительно 15% за счет улучшения розыгрыша им-пульсов и примерно 10% за счет усовершенствования розыгрыша зарядов частиц.

При использовании каскадных моделей с учетом эффекта трей-линга /этот эффект обязательно должен учитываться при энергиях налетающих частиц, больших нескольких ГэВ⁴/ очень большое время идет на розыгрыш координат нуклонов ядра-мишени /а в слу-чае столкновения ядер и на розыгрыш координат нуклонов налета-ющего ядра/. В частности, при взаимодействии протонов с энер-гией 1 и 10 ГэВ со средним ядром фотоэмульсии /массовое число $A=70$ / на это уходит соответственно 35 и 15% общего времени счета. Затраты времени становятся еще большими при переходе к тяжелым делящимся ядрам.

В тех случаях, когда выполняется большой объем расчетов с одним и тем же ядром или с несколькими такими ядрами /например, при часто встречающемся на практике анализе фотоэмульсионных данных или при изучении распространения частиц в делящихся сре-дах/, целесообразно предварительно разыграть и записать на на-копитель достаточно большую серию распределений координат внут-риядерных нуклонов с тем, чтобы впоследствии можно было много-кратно использовать их при наборе статистики, вводя большими массивами в оперативную память ЭВМ.

Значительная часть каскадных расчетов связана с выполнени-ем кинематических вычислений с многократным обращением к триго-нометрическим и другим элементарным функциям. Можно заметно сократить время расчетов, если вместо стандартных, содержащих-ся в библиотеке ЭВМ подпрограмм вычисления этих функций ис-пользовать менее точные, но более быстродействующие алгоритмы, записанные на автокоде ЭВМ*.

* Следует отметить, что сокращение времени счета происходит как в результате использования приближенных выражений функций, так и вследствие применения собственных автокодных подпрограмм, вызываемых непосредственно, а не через экстракод, как это имеет место при вызове стандартных подпрограмм из общей библиотеки.

Так, если для вычисления функций \sqrt{x} , e^x , $\ln x$, $\arcsin x$ мы воспользуемся приближенными выражениями⁵, для расчета $\sin x$, $\cos x$, $\operatorname{arctg} x$ - выражениями из монографии⁶, то, например, время расчета взаимодействия частицы с ядром фото-эмульсии ($A=70$) в области энергий $1 \div 10$ ГэВ уменьшится при-близительно на 10%. При этом погрешности расчетов не выходят за пределы точности самой каскадной модели.

Экономия времени становится еще большей при расчете столк-новения ядер.

Следует, однако, заметить, что при использовании прибли-женных выражений для элементарных функций надо быть осторож-ными в области высоких энергий, где скорость частиц $v/c \approx 1$ и преобразования Лоренца требуют высокой точности расчета. В этих случаях кинематические соотношения следует предвари-тельно разложить в ряд по степеням разности $c-v$.

В целом введение указанных выше простых усовершенствований программы каскадных расчетов уменьшает время вычислений на 30-60%. Широкое применение программ каскадных расчетов для решения различных теоретических и прикладных вопросов делает задачу дальнейшего улучшения программ весьма актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амелин Н.С., Барашенков В.С. ОИЯИ, Р2-12616, Дубна, 1979.
2. Амелин Н.С., Барашенков В.С. ОИЯИ, Б1-4-5478, Дубна, 1978.
3. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. Взаимодействия высокоэнергетич-еских частиц и атомных ядер с ядрами. Атомиздат, М., 1972.
4. Барашенков В.С. и др. ЯФ, 1971, 13, с.743; УФН, 1973, 109, с.91.
5. Hart J.F. et al. Computer Approximations. Inc. New York- London - Sidney, 1968.
6. Люстерник Л.А., Червоненкис О.А., Янпольский А.Р. Математический анализ. Вычисление элементарных функций. Физматгиз, М., 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 марта 1980 года.