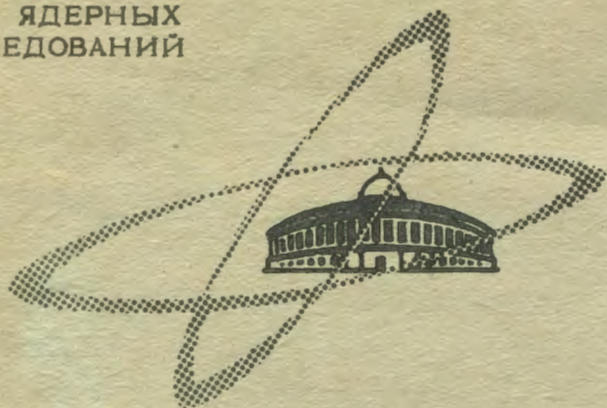


С 343а

С-545

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P4-3714

Н.М.Соболевский , В.Д.Тонеев

О ВЫПОЛНЕНИИ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ
В ЭЛЕМЕНТАРНОМ АКТЕ
ПРИ РАСЧЕТАХ ВНУТРИЯДЕРНОГО КАСКАДА

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

1968

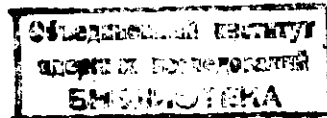
P4-3714

Н.М.Соболевский*), В.Д.Тонеев

О ВЫПОЛНЕНИИ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ
В ЭЛЕМЕНТАРНОМ АКТЕ
ПРИ РАСЧЕТАХ ВНУТРИЯДЕРНОГО КАСКАДА

Направлено в Acta Physica Polonica

^{x/} Физический факультет Московского государственного университета.



4229/1

Вычисление взаимодействий быстрых частиц с атомными ядрами по каскадной модели требует умения рассчитывать неупругие мезон-нуклонные и нуклон-нуклонные столкновения. Сложность задачи состоит в том, что необходимо восстановить с учетом законов сохранения многомерное распределение, характеризующее результат элементарного взаимодействия. До последнего времени решение этой задачи основывалось на двух подходах ^{x)}:

а) на моделировании элементарного акта согласно некоторой теоретической модели с точным учетом законов сохранения ^{/2-5/};

б) на розыгрыше характеристик πN - и NN - взаимодействий по известным экспериментальным данным, но законы сохранения при этом выполнялись лишь в среднем ^{/6-9/}.

Данная работа посвящена выяснению характера нарушения законов сохранения при расчете внутриядерных каскадов при этом втором подходе.

Для определения характеристик j - ой частицы $\vec{p}_j(p, \cos \theta, \phi)$ ^{xx)} при взаимодействиях с рождением ν - частиц, если характеристики частицы уже известны, необходимо задать многомерные условные плот-

^{x)} В работе ^{/1/} предложен метод розыгрыша по экспериментальным данным характеристик взаимодействия с точным учетом законов сохранения энергии и импульса.

^{xx)} Здесь и далее частица определяется вектором $\vec{p}(p, \cos \theta, \phi)$, где p - абсолютное значение импульса частицы, θ и ϕ , соответственно азимутальный и полярный углы.

ности распределений $P_\nu = P_\nu(\vec{p}_1 | \vec{p}_1, \dots, \vec{p}_{j-1})$. Строгий теоретический расчет этих величин в принципе возможен ^{/2/}, но требует знания гаммильтониана взаимодействия, который в настоящее время не известен достаточно точно. В некоторых частных случаях, например, для описания рождения одного мезона, такой подход может оказаться весьма полезным ^{/3,4/}. В каскадных расчетах широкое применение нашла очень условная модель, предложенная Метрополисом и др. ^{/5/}. Так, в случае трехчастичных реакций они предположили, что импульсы всех рождающихся частиц равны, а нормаль к плоскости реакции изотропно распределена в пространстве. Такая упрощенная модель позволяет точно удовлетворить законам сохранения энергии и импульса, но ее соответствие опыту ограничено. По-видимому, можно ожидать получить согласие с экспериментом лишь в средних значениях рассматриваемых характеристик. Большое число работ выполнено на основе другой методики розыгрыша частиц, рожденных в πN - и NN -взаимодействиях ^{/6-9/}. При этом были использованы полученные из опыта одномерные плотности распределения $P(p)$, $P(\cos \theta)$ и $P(\phi)$, которые представляют собой P_ν , просуммированные по всем вторичным частицам и проинтегрированные по соответствующим переменным. Число частиц ν определялось числом допустимых выборок из $P(p)$, совместимым с законом сохранения энергии. Импульсы $(\nu-1)$ частицы разыгрывались независимо, а импульс последней частицы определялся из закона сохранения энергии. Угловые характеристики всех ν частиц разыгрывались независимо. Весь этот розыгрыш осуществлялся в некоторой "эквивалентной" системе ^{x)}.

x) Экспериментальные данные о $P(p)$, $P(\cos \theta)$ и $P(\phi)$ обычно относятся к системе центра масс сталкивающихся частиц, причем в лабораторной системе координат одна из этих частиц покоится. В каскадных расчетах и налетающая быстрая частица и ее партнер - ядерный нуклон движутся. Чтобы иметь право воспользоваться экспериментальными данными, необходимо рассматривать взаимодействия в некоторой "эквивалентной" системе. Эта система движется со скоростью системы центра масс и ее ось z совпадает с направлением, которое имеет налетающая частица в системе центра масс сталкивающихся частиц.

Очевидно, что даже в этой системе закон сохранения импульса не выполняется в каждом акте взаимодействия, что должно приводить к нарушению законов сохранения энергии и импульса в лабораторной системе координат. Авторы /6-9/ высказывали предположение, что эти законы в лабораторной системе выполняются статистически, в среднем.

Для анализа этого предположения нами были рассчитаны характеристики элементарных взаимодействий согласно методике /6/ для различных энергий и типов налетающих частиц. В каждом акте взаимодействия вычислялась величина ΔE — разность между полными энергиями системы частиц до и после взаимодействия в лабораторной системе координат.

Общая схема вычислений представлена на рис.1.

Для каждого рассчитанного случая набиралась статистика в 5-10 тысяч событий ^{х)}.

Результаты вычислений приведены на рис.2. Действительно, отклонение среднего значения $\overline{\Delta E}$ от нуля невелико, по крайней мере, оно много меньше кинетической энергии налетающей частицы, что подтверждает предположение авторов /6-9/ о статистическом характере выполнения законов сохранения. Однако дисперсия распределений по ΔE оказывается неожиданно большой, и "хвост" распределения простирается вплоть до значения энергии налетающей частицы. Это говорит о том, что выполнение законов сохранения в элементарном акте при каскадных расчетах даже с 5% точностью является весьма редким событием.

Некоторая асимметрия распределений относительно ΔE обусловлена анизотропией угловых распределений вторичных частиц. В случае изотропного распределения, как видно из рис.2, кривые становятся симметричными и $\overline{\Delta E} = 0$.

^{х)}

Все расчеты выполнены на электронно-вычислительной машине М-20 Лаборатории вычислительной техники и автоматики ОИЯИ.

Нарушение законов сохранения в элементарном акте приводит к нарушению этих законов и в применении к взаимодействиям частиц с ядрами, причем дисперсия соответствующих распределений, согласно теореме о свертке ^{/10/}, должна быть еще больше. Все это указывает на то, что каскадные расчеты, использующие такую методику, могут надежно давать лишь средние значения характеристик взаимодействия частиц с атомными ядрами. По-видимому, правильным будет и общее поведение угловых и энергетических распределений, просуммированных по всем рождающимся частицам, поскольку законы сохранения существенно влияют лишь на последнюю разыгрываемую частицу. Однако нарушение законов сохранения может заметно сказаться на таких более тонких характеристиках, как число частиц в некотором энергетическом интервале, спектр частиц под определенным углом и т.п. Особенно сильным должно быть влияние на энергию возбуждения ядра-остатка, которая в основном определяет число так называемых "черных лучей" в "звезде".

Следует подчеркнуть, что отмеченная выше большая дисперсия распределений по ΔE делает необходимым набор большой статистики для получения надежных результатов о взаимодействии высокоэнергетических частиц с атомными ядрами.

Авторы признательны В.С.Барашенкову и К.К.Гудиме за полезные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. В.Д.Тонеев. Препринт ОИЯИ, P2-3561, Дубна, 1967.
2. Г.И.Копылов. Диссертация, Дубна, 1961 г.
3. J.Lindenbaum, R.M.Sternheimer, *Phys.Rev.* 105, 1874 (1957).
4. S.L. Whetstone, ZA-3206-MS, Los Alamos, 1964.
5. N.Metropolis, R.Bivins, M.Storm, A.Turkevitch, J.M.Miller, G.Friedlander, *Phys.Rev.* 110, 204 (1958).

6. В.С.Барашенков, А.В.Баяжиев, Л.А.Кулюкина, В.М.Мальцев, *Ат. энергия* 16, 515 (1964).
7. V.S.Barashenkov, B.M.Maltsev, E.K.Mihul, *Nucl.Phys.* 24, 652 (1961).
8. В.И.Мальцев. Диссертация ОИЯИ, 1963 г.
9. И.З.Артыков, В.С.Барашенков, С.Н.Елисеев. *Ядерная физика* 4, 156 (1966).
10. И.В.Смирнов, И.В.Дунин-Барковский. *Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений.* М., 1965 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 февраля 1968 года.

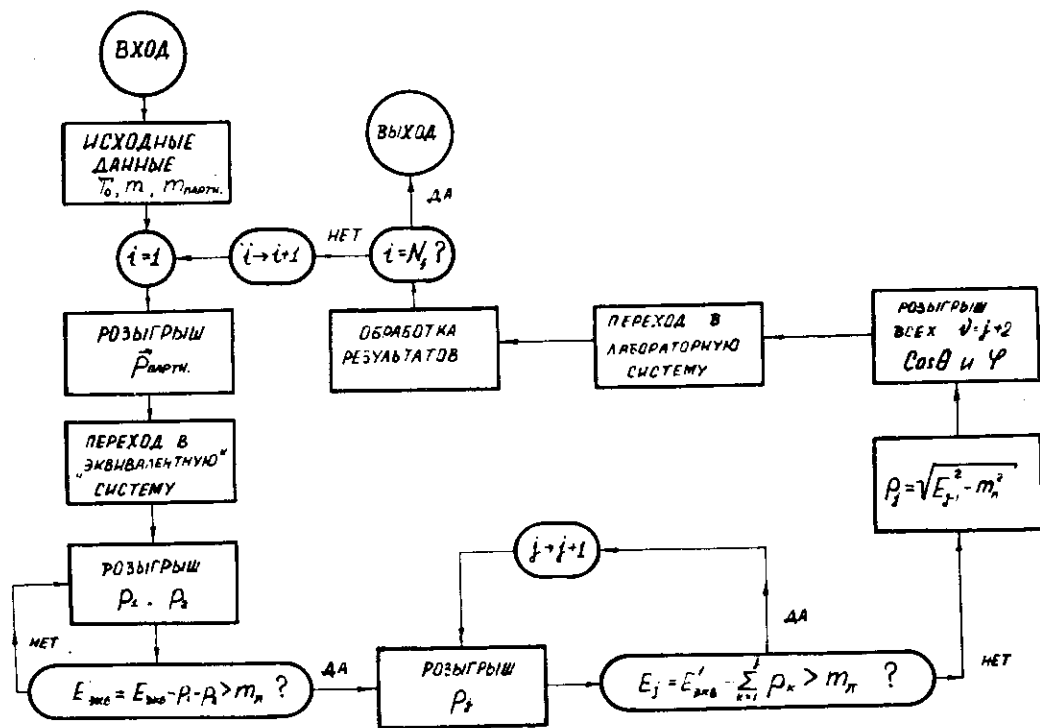


Рис.1. Общая блок-схема расчета.

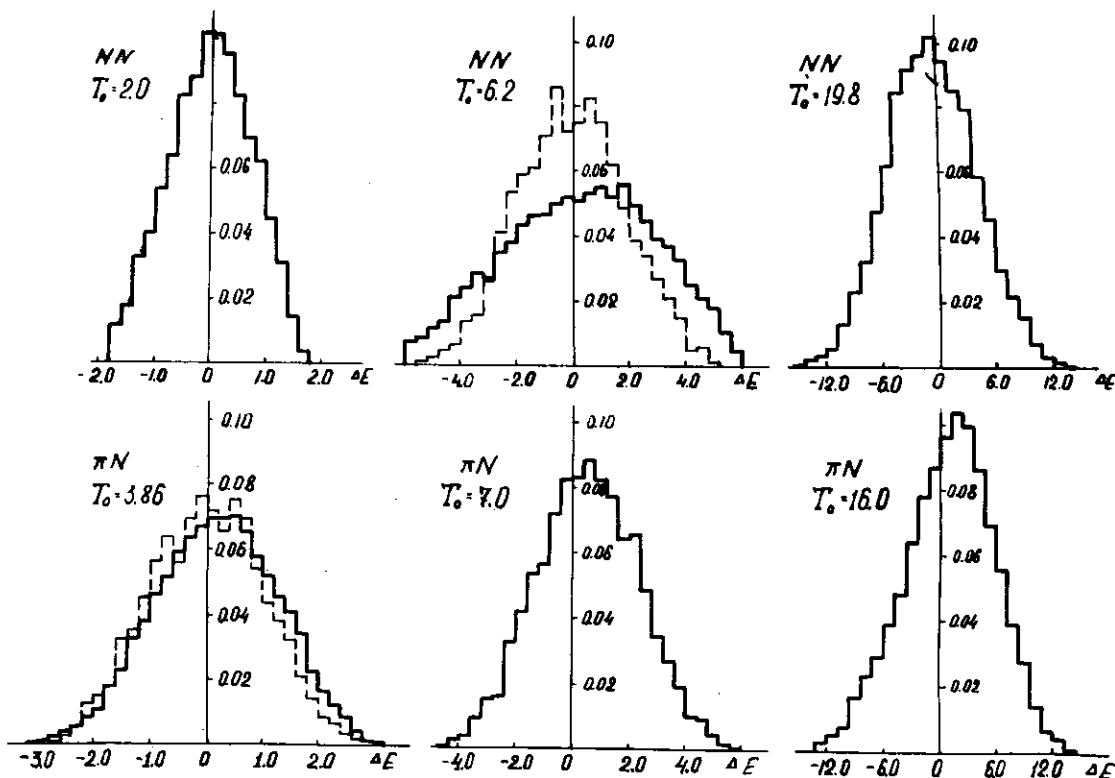


Рис.2. Распределения по энергии ΔE (в Гэв, в лабораторной системе координат) для πN - и NN - взаимодействий, вызванных частицами с энергией T_0 (в Гэв). Пунктиром показаны распределения, вычисленные в предположении изотропии рождающихся частиц.