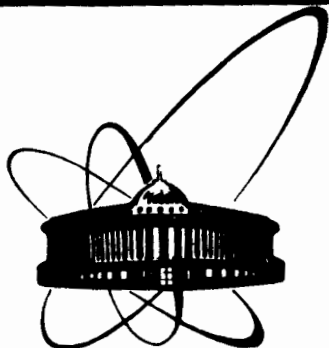


3/x̂-83



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

5079/83

P2-83-544

А.М.Задорожный, В.В.Ужинский, С.Ю.Шмаков

СТОХАСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК ЯДРО-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ  
В ЭЙКОНАЛЬНОМ ПОДХОДЕ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1983

В последние годы отмечается значительный рост числа работ, посвященных исследованиям взаимодействий ядер с ядрами при энергиях порядка 2 и более ГэВ/нуклон. Уже накоплен обширный экспериментальный материал, который, однако, не получил еще достойной теоретической интерпретации, что часто объясняют большими математическими сложностями, возникающими при численных расчетах. Мы полагаем, что по крайней мере в эйкональном глауберовском подходе возникновение математических трудностей в большинстве случаев объясняется выбором расчетной схемы: исследователи, ориентируясь на эйкональную теорию адрон-ядерных взаимодействий, стремятся представить расчетные выражения или в аналитическом виде, или в виде однократных, двукратных интегралов. В этом нет необходимости. Действительно, эйкональное выражение для амплитуды какого-либо процесса в представлении прицельного параметра имеет вид

$$\Gamma(\vec{b}) = \int P(\vec{b}, \{\vec{s}_A\}, \{\vec{s}_B\}) \cdot \psi_{f,A}^* (\{\vec{s}_A\}) \cdot \psi_{i,A} (\{\vec{s}_A\}) \times \\ \times \psi_{f,B}^* (\{\vec{s}_B\}) \cdot \psi_{i,B} (\{\vec{s}_B\}) \prod_{j=1}^A d^2 s_{j,A} \prod_{j=1}^B d^2 s_{j,B},$$

где  $\vec{b}$  - прицельный параметр;  $P$  - функция, зависящая только от нуклон-нуклонных амплитуд;  $A$  и  $B$  - массовые числа сталкивающихся ядер;  $\{\vec{s}_A\}$  ( $\{\vec{s}_B\}$ ) - множество прицельных координат нуклонов ядра  $A$  ( $B$ );  $\psi_{i,A}$ ,  $\psi_{i,B}$  ( $\psi_{f,A}$ ,  $\psi_{f,B}$ ) - волновые функции ядер  $A$  и  $B$  в начальном (конечном) состоянии.

Как видно, амплитуда процесса есть среднее значение функции  $P$ , зависящей от случайных величин  $\{\vec{s}_A\}$  и  $\{\vec{s}_B\}$ , распределенных по законам  $\psi_{f,A}^* \psi_{i,A}$  и  $\psi_{f,B}^* \psi_{i,B}$  соответственно. Современные ЭВМ позволяют моделировать по методу Монте-Карло широкий класс распределений случайных величин и вычислять по ним средние значения функций. На рис.1 для примера представлены два расчета, один из которых, выполненный <sup>1/</sup> стандартным методом <sup>2/</sup>, потребовал 2 часа работы ЭВМ ЕС-1060, а второй, выполненный по предложенной схеме, занял всего 2 минуты счета на той же ЭВМ. Отметим, что возможности предложенного подхода этим не ограничиваются. В частности, нетрудно учесть зависимость  $P$  от дополнительных переменных. Например, при вычислении сечений неупругих реакций  $P$  зависит от конфигурации неупругих нуклон-нуклонных взаимодействий <sup>4/</sup>. Если происходит усреднение по этим конфигурациям, то  $P$  есть среднее по различным конфигурациям, которые можно моделировать, используя методы генерации случайных гра-

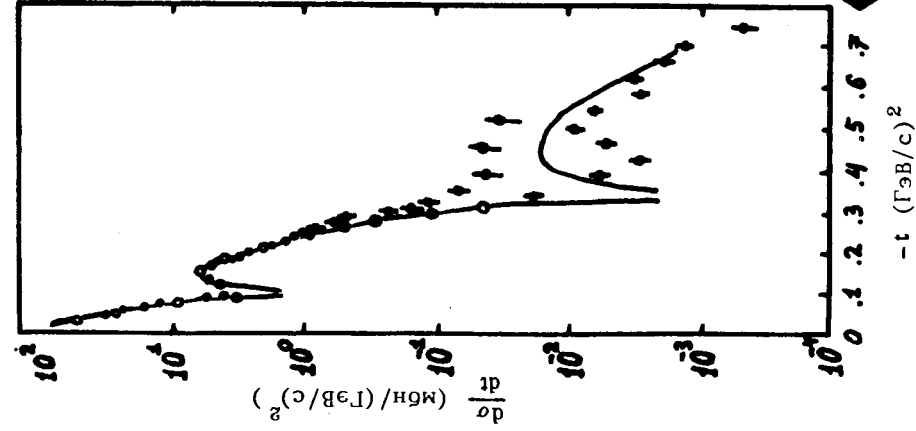


Таблица  
Сечения неупругих реакций в  $^{12}\text{C}^{12}\text{C}$ -соударениях.  
 $\sigma_i$  - сечение реакции, представленной графом рис.2 с номером  $i$

$i$	5	6	7	8
$\sigma_i$ /мб/	14,5+4,2	14,5+4,2	10,0+2,3	10,0+2,3
$i$	9	10	11	12
$\sigma_i$ /мб/	14,5+3,6	5,2+2,6	3,1+0,4	3,1+0,4
$i$	13	14	15	16
$\sigma_i$ /мб/	8,4+4,0	8,4+4,0	7,5+2,0	7,5+2,0
$i$	17	18	19	20
$\sigma_i$ /мб/	3,5+1,6	3,5+1,6	8,8+2,1	2,9+0,6
$i$	21	22	23	24
$\sigma_i$ /мб/	2,1+0,5	2,1+0,5	7,4+2,2	7,4+2,2
$i$	25	26		
$\sigma_i$ /мб/	1,3+0,3	3,2+1,5		

Рис.1. Дифференциальное сечение упругого  $^4\text{He}$ -рассеяния при  $\sqrt{s_{\text{cm}}} = 125$  ГэВ. Сплошная кривая - расчет по методу работы /2/. Светлые точки - настоящий расчет. Темные точки - экспериментальные данные /8/.

фов /5/. Для примера в таблице даны сечения различных неупругих реакций в  $^{12}\text{C}^{12}\text{C}$ -соударениях, представленных на рис.2, с помощью реберных графов /1,6/. Для получения этих сечений потребовалось 2 часа счетного времени на ЭВМ ЕС-1060. Из таблицы видно, что в трехкратных и четырехкратных взаимодействиях существенную долю составляют реакции, не учитываемые в обычной каскадной модели /7/. Таким образом, наш расчет подтверждает предположение /6/ о том, что в неупругих соударениях тяжелых ядер существенную роль играют специфические неупругие реакции.

В заключение отметим, что предложенный метод дает возможность использовать различные волновые функции ядер и варьировать характеристики нуклон-нуклонных взаимодействий.

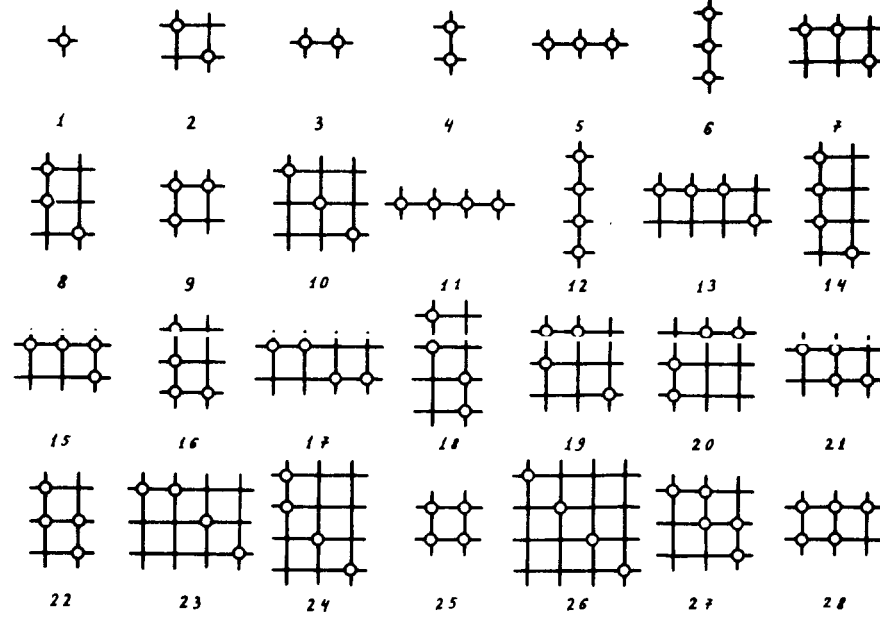


Рис.2. Графы различных неупругих реакций в ядро-ядерных соударениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ужинский В.В. ОИЯИ, P2-81-789, Дубна, 1981.
2. Kofoed-Hansen O. Nuovo Cim., 1969, 60A, p.621.
3. Faessler M.A. CERN, EU/81-61, Geneva, 1981.

4. Нелипа Н.Ф., Пухов А.Е. Вестник МГУ, сер. физика, астрономия, 1980, т.21, вып.5, с.71.
5. Сачков В.Н. В кн.: Вероятностные методы в комбинаторном анализе. "Наука", М., 1978, с.207.
6. Ужинский В.В. ОИЯИ, P2-81-780, Дубна, 1981.
7. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. В кн.: Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. Атомиздат, М., 1972.

Задорожный А.М., Ужинский В.В., Шмаков С.Ю. P2-83-544  
 Стохастический метод вычисления характеристик  
 ядро-ядерного рассеяния в эйкональном подходе

Предлагается метод расчета характеристик ядро-ядерного рассеяния, основанный на монте-карловской оценке средних по различным положениям нуклонов сталкивающихся ядер или конфигурациям нуклон-нуклонных взаимодействий, которые можно моделировать, используя методы генерации случайных графов. С помощью предлагаемого подхода впервые показано, что в неупругих соударениях тяжелых ядер существенную роль играют специфические реакции, не имеющие аналога в адрон-ядерных взаимодействиях.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Zadorozhnyj A.M., Uzhinskij V.V., Shmakov S.Yu. P2-83-544  
 A Stochastic Method of Calculating Nucleus-Nucleus  
 Scattering Characteristics in the Eikonal Approach

A calculation method based on the Monte-Carlo estimation of the values averaged over different allocations of nucleons in colliding nuclei and N-N interaction configurations, which can be simulated using random graph generation methods is proposed. Through the proposed approach it has been shown for the first time that in inelastic collisions of heavy nuclei the substantial part belongs to specific reactions which do not have analogs in hadron-nucleus interactions.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой

Рукопись поступила в издательский отдел  
 27 июля 1983 года.