

С 3438

К-758

ЯФ, 1968, т. 7, № 1, с. 31-36

11/IV-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P2 - 3201



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В.И. Кочкин, О.В. Ложкин, Н.С. Мальцева,  
В.М. Мальцев, Ю.П. Яковлев

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ОСТАТОЧНЫХ ЯДЕР В КАСКАДНОМ ПРОЦЕССЕ  
ПРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ 660 МэВ

II.

1967.

P2 - 3201

В.И. Кочкин, О.В. Ложкин\*, Н.С. Мальцева,  
В.М. Мальцев, Ю.П. Яковлев\*

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ОСТАТОЧНЫХ ЯДЕР В КАСКАДНОМ ПРОЦЕССЕ  
ПРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ 660 МэВ

II.

Направлено в ЯФ

х) Радиевый институт им. В.Г. Хлопина.



4899/49

В работе рассчитаны угловые и энергетические распределения различных групп (по  $Z$  и  $U_{\text{возб}}$ ) остаточных ядер после завершения каскадного процесса в ядрах  $V$ ,  $Vr$ ,  $Ag$ ,  $Am$ ,  $Bi$  и  $Tl$  при энергии падающих протонов 660 Мэв. Хотя подобного рода данные нельзя непосредственно проверить экспериментально, выделение их казалось целесообразным в связи с вопросами, поставленными при изучении явления фрагментации (см., например, <sup>1/</sup>). В настоящее время при описании явления фрагментации в рамках статистической модели недостаточное внимание уделяется тому факту, что возбужденные ядра имеют широкие распределения по основным характеристикам ( $A$ ,  $Z$ ,  $U$ ,  $\vec{v}$ ) и используется трехпараметрическая модель ( $T_{\text{эфф}}$ ,  $V_{\text{эфф}}$ ,  $v_{11}$ ).

В силу известных трудностей расчета энергетических спектров фрагментов, образующихся на стадии распада возбужденного ядра (см., например, <sup>2/</sup>), желательно иметь исходные кинематические распределения остаточных ядер после завершения каскадного процесса и использовать их для оценок влияния этих распределений на энергетические и угловые распределения фрагментов и на различные корреляции в лабораторной системе координат.

При этом вследствие сильной зависимости сечений испарения частиц от энергии возбуждения особый интерес приобретает группа сильновозбужденных остаточных ядер, обладающих к тому же большими импульсами.

Выделение в расчете каскадного процесса кинематических характеристик остаточных ядер позволяет получить величины средних значений продольной и перпендикулярной составляющих скорости возбужденных ядер и сопоставить их с величинами, используемыми в трехпараметрической модели.

Схема расчета внутриядерного каскада была подобной использованной в

работе <sup>/3/</sup>, а программа, составленная для вычислительной машины М-20, позволяла получать одновременно двойные дифференциальные распределения как каскадных нуклонов (как в работе <sup>/4/</sup>), так и остаточных ядер.

В расчете использовались следующие энергии обрезания для нейтронов ( $E_n$ ) и протонов ( $E_p$ ) в каскадном процессе:

	V <sup>51</sup> <sub>23</sub>	Br <sup>80</sup> <sub>35</sub>	Ag <sup>108</sup> <sub>47</sub>	Au <sup>197</sup> <sub>79</sub>	Bi <sup>209</sup> <sub>83</sub>	Th <sup>232</sup> <sub>90</sub>
$E_n$ , Мэв	38,6	37,6	37,8	36,5	36,4	37,0
$E_p$ , Мэв	45,4	46,2	48,7	51,5	51,9	53,0

Полученные в работе данные по остаточным ядрам представлены в таблицах в виде двойных дифференциальных распределений по величинам скорости  $v$  и по  $\cos\theta$  для различных групп ядер по заряду  $Z$  и энергии возбуждения  $U$ . Такое представление данных дает возможность использовать их как входные данные для расчета кинематических характеристик частиц, образующихся при распаде возбужденных ядер и для расчета угловых корреляций частиц, обусловленных движением испаряющего ядра, для проверки гипотез о механизме образования расщеплений с фрагментами <sup>/5/</sup>.

Для иллюстрации закономерностей, характеризующих остаточные ядра после завершения каскадного процесса, на рис. 1-4 показаны некоторые зависимости, извлеченные из таблиц.

При интерпретации явления фрагментации в рамках статистической модели определяющим фактором является плотность уровней возбужденного ядра, которая в области высоких энергий возбуждения аппроксимируется выражением  $\rho(u) = \text{const} \exp 2\sqrt{aAU}$ , где  $A$  - атомный вес,  $a$  - константа, равная примерно 0,1. Поэтому, чтобы характеризовать остаточные ядра с различными  $A$ , в качестве параметра было взято отношение  $U/A$ . Рис. 1 показывает распределение остаточных ядер по величине  $U/A$  при облучении мишеней из V, Ag и Th. На рис. 2 и 3 показаны угловые распределения и распределения по скоростям остаточных ядер, характеризуемых параметром  $U/A \geq 1$ , т.е. тех остаточных ядер, которые



могут дать наибольший вклад в процессе испарения сложных частиц. На рис. 4 приведены зависимости продольной и перпендикулярной компонент скорости для той же группы остаточных ядер в зависимости от атомного номера мишени. Примечательно постоянство величины  $\bar{v}_{11}$  в большой области атомных весов ядер мишеней. Эта величина  $\bar{v}_{11} \approx 0,002$  с может быть сопоставлена с хорошо известной величиной переносной скорости  $v = 0,013 - 0,015$ , которая используется в трехпараметрической модели для описания угловых распределений фрагментов  $Li^8$  (см., например, /1,2/). Это сравнение показывает, что и третий параметр данной модели не имеет физического содержания, подобно параметрам  $T_{эфф}$  и  $V_{эфф}$ .

Полученные в расчете кинематические характеристики остаточных ядер после каскадного процесса можно в известной мере проверить сопоставлением с экспериментальными данными по ядрам отдачи в процессе расщепления ядер  $Ag$   $Bг$  протонами 660 Мэв. На рис. 5 и 6 приведены экспериментальные пробеговое и угловое распределения ядер отдачи при расщеплении ядер  $Ag$   $Bг$  протонами 660 Мэв /6/. Для сравнения на тех же рисунках показаны расчетные распределения для остаточных ядер из  $Ag$  с  $U > 80$  Мэв, а в случае углового распределения еще и с ограничением по скорости  $v \geq 8 \cdot 10^{-3}$  с. Это необходимо для лучшего сопоставления с экспериментальными данными, которые получены для многочувствительных расщеплений и при наличии нижней границы наблюдавшихся импульсов ядер отдачи  $\geq 500$  Мэв/с (пробег  $\geq 1$  мк). Для расчета пробегового распределения остаточных ядер использовалось соотношение пробег-энергия для  $Ag$  и  $Bг$ , полученное в работе /7/. Для сравнения с экспериментальным угловым распределением ядер отдачи рассчитанное угловое распределение было трансформировано в распределение по углам в проекции.

Из рис. 5 можно сделать вывод о достаточно удовлетворительном совпадении расчета с экспериментом, если учесть следующие факторы: пропуск треков ядер-отдачи с  $R \lesssim 1$  мк в эксперименте, наличие ядер-отдачи от расщепления  $Bг$ , влияние испарения частиц на энергетический спектр остаточных ядер, которое увеличивает их среднюю кинетическую энергию /8/. В то же время расчетное угловое распределение остаточных ядер существенно отличается от углового распределения ядер отдачи (рис. 6), особенно в пределах передней полусферы, хотя отношения  $F/V$  для расчетного распределения оказалось близким к экспе-

риментальному (2,1 и  $3,1 \pm 0,5$  соответственно). Как известно, расчет каскадного процесса с учетом отражения нуклонов от границы ядра <sup>19/</sup> приводит к более анизотропному угловому распределению ( $F/V \approx 30$ ) и к более мягкому энергетическому спектру остаточных ядер, чем и в эксперименте (рис. 5 и 6), и в то же время к большей энергии возбуждения, чем в нашем расчете, хотя, казалось бы, в данном случае рассчитывается более реальная картина. Таким образом, возникает вопрос о причинах расхождений расчетных и экспериментальных угловых распределений остаточных ядер.

Потребуется, по-видимому, варьирование в расчете каскадного процесса ряда параметров, чтобы понять происхождение данных различий.

#### Л и т е р а т у р а

1. О.В. Ложкин, Н.А. Перфилов. Сб. "Ядерная Химия", стр. 96, М. 1965.
2. В.В. Авдейчиков, Е.Л. Григорьев, О.В. Ложкин, Ю.П. Яковлев. Препринт ОИЯИ Р-2093, Дубна 1965.
3. V. S. Barashenkov, V. M. Maltsev, E. K. Mikhail. Nucl. Phys., 24, 642 (1961).
4. В.И. Кочкин, О.В. Ложкин, Н.С. Мальцева, В.М. Мальцев, Ю.П. Яковлев. Препринт ОИЯИ Р-1713, Дубна 1964.
5. С.А. Азимов, П.А. Горичев, Р. Каримова, О.В. Ложкин. Изв. АН Узб. ССР, № 2, 50 (1964).
6. В.И. Остроумов. ЖЭТФ 32, 3 (1957).
7. В.А. Кузьмин, В.И. Остроумов. ПТЭ, № 4, 49 (1965).
8. Ф.П. Денисов, В.П. Милованов, Р.А. Латышева, П.А. Черенков. ЯФ 2, 1042 (1965).

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 марта 1967 г.

## Пояснение к таблицам

$U$  - энергия возбуждения остаточных ядер.

$v$  - величина скорости остаточного ядра.

$\theta$  - угол относительно падающего протона.

$\Delta Z$  - изменение заряда ядра мишени.

$N_p$  - число протонов в расчете.

$N_{вз}$  - число ядерных взаимодействий данного числа протонов.

$N_k$  - общее число каскадных нуклонов на данное число взаимодействий.

$v_{32}$

$N_p = 4762; N_{4b} = 8258$

$N_{ne} = 15782$

$\Delta z = 0 \text{ и } 1$

$v (10^{-3} \text{ c})$	0 + 6					6 + 12					12 + 18					18 + 24					> 24				
	U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV				
Cos $\theta$	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80
0 + 0,6	30	I7	6	4	3	I2	7	I4	8	I2	2	6	II	5	I6	3	0	4	6	II	I	I	7	4	II
0,6 + 0,2	29	II0	24	3	I	85	62	35	22	I2	60	37	36	25	20	36	25	22	8	24	II	II	I2	9	I4
0,2 + -0,2	78	26	8	2	4	IOI	IO3	29	25	I3	I57	79	4I	34	28	89	63	34	20	I7	29	32	25	I9	26
-0,2 + -0,6	28	2I	5	6	0	II9	77	32	20	9	42	4I	20	I4	I4	I4	I3	I3	IO	IO	0	5	5	0	4
-0,6 + -I,0	48	23	II	5	2	28	I9	II	I4	3	9	8	5	5	3	0	2	4	2	5	2	0	0	2	I

$\Delta z = 2 \text{ и } 3$

$v (10^{-3} \text{ c})$	0+6					6+ 12					12+18					18+24					> 24				
	U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV				
Cos $\theta$	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80	0-20	20-40	40-60	60-80	> 80
I + 0,6	0	I	0	0	I	0	I	I	0	3	0	0	I	2	5	0	4	5	2	4	0	2	2	0	4
0,6 + 0,2	0	I	0	0	0	0	4	3	3	2	I	6	5	3	5	2	6	9	2	IO	I	II	I7	IO	22
0,2 + -0,2	I	2	2	0	0	3	7	3	2	4	4	6	I6	8	8	5	I4	I4	IO	IO	5	I5	I5	9	I6
-0,2 + -0,6	I	I	0	0	0	3	4	5	4	8	7	6	2	5	9	I	7	7	2	IO	0	2	2	2	6
-0,6 + -I,0	I	0	2	0	3	2	5	6	I	2	6	7	3	I	I	0	0	3	0	3	0	0	0	I	4

$\Delta z = 4 \text{ и } 5 - 28 \text{ случаев; } \Delta z \geq 6 - 0 \text{ случаев}$



B<sub>55</sub><sup>80</sup> $\Delta Z = 0$ N<sub>5</sub> = I426 ;N<sub>65</sub> = II29N<sub>64</sub> = 5842

$v (10^{-3} \text{ C})$		0+4					4+8					8+12					12+16					> 16				
U, MeV	Cos $\theta$	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160
		I + 0,6	I6	5	3	0	I	4	8	5	3	0	I	3	3	3	6	I	2	4	2	0	0	I	0	0
0,6 + 0,2	22	27	4	0	I	26	I9	I5	I5	4	20	8	I7	I0	9	I8	I5	6	I	2	4	8	I8	5	II	
0,2 + -0,2	34	4	I	0	3	3I	27	I6	3	6	35	27	I4	8	4	37	28	II	9	3	5	I2	7	2	4	
-0,2 + -0,6	IO	7	3	I	0	3I	I9	I2	2	0	I6	6	3	8	I	4	IO	8	4	5	0	I	8	0	3	
-0,6 + -I,0	8	7	5	0	0	6	4	I	3	0	0	5	2	I	3	0	I	3	I	I	0	0	0	0	0	

 $\Delta Z = 2 \text{ и } 3$ 

$v (10^{-3} \text{ C})$		0+4					4+8					8+12					12+16					> 16				
U, MeV	Cos $\theta$	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160
		I + 0,6	I	I	0	0	0	I	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	I	0	I	2
0,6 + 0,2	0	0	0	0	0	0	3	I	0	I	0	3	3	0	0	0	2	I	0	I	0	9	I	3	6	
0,2 + -0,2	I	0	0	0	0	0	I	3	I	I	0	2	2	0	3	I	2	3	2	0	I	4	2	2	5	
-0,2 + -0,6	0	0	0	I	0	3	3	I	I	I	3	I	I	3	I	2	0	0	0	5	0	I	2	I	2	
-0,6 + -I,0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	I	2	I	I	3	0	0	0	I	0	0	0	I	I	0	

 $\Delta Z = 4$  и 5 - 10 случаев;  $\Delta Z > 6$  - 0 случаев

Ag<sup>108</sup><sub>47</sub>

N<sub>p</sub> = 6809;

N<sub>6b</sub> = 5284

AZ = 0

N<sub>K</sub> = 80096

v (10 <sup>-3</sup> .C)	0+4					4+8					8+12					12+16					>16					
	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	
I + 0,6	60	17	I	I	2	I8	47	I2	6	2	I	II	7	10	I	0	10	8	0	0	0	0	0	0	I	8
0,6 + 0,2	286	I30	I9	2	0	I88	88	8I	I8	8	52	58	42	22	10	0	8I	I9	9	I2	2	5	7	0	I	8
0,2 + 0,2	I98	8I	I4	5	2	2I8	I86	88	I6	0	I66	69	8I	II	I	10	I8	20	I	0	0	0	I	0	I	8
-0,2 + -0,6	68	84	II	I	0	I88	47	I4	2	4	20	10	I7	4	0	8	5	4	0	0	0	0	0	I	0	8
-0,6 + -I,0	72	I4	I	8	0	I9	I4	5	0	4	0	10	4	0	0	0	0	0	I	0	0	0	0	0	0	0

AZ = 1

v (10 <sup>-3</sup> .C)	0+4					4+8					8+12					12+16					>16					
	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	
I + 0,6	38	II	6	I	0	10	I8	10	4	5	I2	I8	5	4	I	0	8	6	4	I	0	2	I	0	0	0
0,6 + 0,2	48	80	8	4	0	68	5I	28	I4	4	46	40	8I	9	8	12	88	I4	10	10	2	II	I4	4	0	0
0,2 + -0,2	82	I4	8	8	8	150	48	27	10	8	I47	70	44	7	6	27	32	I8	4	6	0	4	6	4	0	0
-0,2 + -0,6	32	I8	2	0	I	99	87	I5	I	I	20	88	8	2	I	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,6 + -I,0	47	I8	I	2	I	8I	I9	I5	6	4	0	9	0	8	0	0	0	I	0	0	0	0	0	0	0	0

$A_{\beta}^{100}$   
 $47$ 
 $\Delta Z = 2$ 

v (10 <sup>-8</sup> C)	0+4					4+8					8+12					12+16					> 16				
	U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV				
Cos $\theta$	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160
I $\neq$ 0,6	0	I	7	0	0	0	0	I3	8	2	2	I	6	5	8	4	I	2	I	4	0	8	2	4	8
0,6 $\neq$ 0,2	8	4	10	0	I	7	I3	8	0	8	17	28	16	8	8	21	10	15	4	I	4	10	10	8	11
0,2 $\neq$ -0,2	0	5	2	0	0	18	20	9	5	8	28	38	5	7	8	11	11	7	4	8	8	2	I	4	0
-0,2 $\neq$ -0,6	7	I	9	4	0	20	I4	I3	6	0	7	16	7	0	0	7	2	5	8	0	0	0	2	0	0
-0,6 $\neq$ -I,0	7	10	4	0	I	12	9	2	I	6	2	10	7	4	0	0	I	4	8	0	0	0	0	0	0

 $\Delta Z = 3$ 

v (10 <sup>-8</sup> C)	0+4					4+8					8+12					12+16					> 16				
	U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV					U, MeV				
Cos $\theta$	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160	0-40	40-80	80-120	120-160	> 160
I $\neq$ 0,6	0	0	0	0	0	8	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	8	I	0	I	0	0	8	0	2
0,6 $\neq$ 0,2	0	0	0	0	8	0	4	I	I	I	6	8	5	2	0	5	I	4	I	0	0	I	5	2	I
0,2 $\neq$ -0,2	0	0	4	0	0	0	6	2	0	I	0	7	5	4	I	0	4	2	7	0	5	0	2	7	I
-0,2 $\neq$ -0,6	0	0	0	0	I	0	I	I	8	2	0	2	4	0	0	0	0	I	0	0	0	0	0	8	0
-0,6 $\neq$ -I,0	0	0	0	8	0	8	I	0	0	0	I	0	2	I	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

 $\Delta Z = 4$  - 80 случаев

 $\Delta Z > 5$  - 0 случаев



v (10 <sup>-3</sup> c)	0+2					2+4					4+6					6+8					> 8					
	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	
I + 0,6	I9	6	0	0	0	39	I5	I	2	0	I6	I4	4	0	0	2	7	4	0	0	0	8	I0	5	0	0
0,6 + 0,2	III	8	0	0	0	I00	28	3	0	0	78	36	3	3	0	42	I4	3	0	0	8I	I8	7	I	0	
0,2+(-0,2)	5I	8	0	0	0	I3I	27	I	0	0	I43	25	5	0	0	40	25	4	0	0	I	0	0	0	0	
(-0,2)+(-0,6)	54	5	0	0	0	98	23	I	0	0	28	8	3	0	0	9	7	2	0	0	0	I	0	0	0	
(-0,6)+(-I,0)	34	I	0	0	0	29	3	2	0	0	I2	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	I	0	0	0	

v (10 <sup>-3</sup> c)	0+2					2+4					4+6					6+8					> 8				
	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400	0- -100	100- -200	200- -300	300- -400	>400
I + 0,6	3	I	0	0	0	2	2	0	0	0	2	I	I	0	0	I	4	I	0	0	4	3	2	0	0
0,6 + 0,2	2	2	0	I	0	I0	4	0	0	0	6	I5	2	0	0	8	9	3	0	0	6	6	I	0	0
0,2+(-0,2)	I	0	0	0	0	I0	3	0	0	0	6	8	4	0	0	7	II	0	0	0	5	4	0	0	0
(-0,2)+(-0,6)	I	0	0	0	0	6	6	2	0	0	4	3	2	I	0	3	5	0	0	0	I	2	I	0	0
(-0,6)+(-I,0)	3	0	0	0	0	5	0	I	0	0	5	3	0	0	0	I	I	0	0	0	0	0	0	0	0

ΔZ=4 и 5 - IO случаев  
ΔZ>6 - 0 случаев

v (10 <sup>3</sup> c)	0 + 2					2+4					4+6					6+8					> 8				
	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200
I + 0,6	I9	28	2	0	I	I6	I6	I6	I0	6	I	5	6	4	9	0	I	I0	4	8	0	8	5	I	8
0,6+0,2	69	I8	II	0	0	67	55	I9	6	2	45	36	22	4	I	I2	2I	I0	2	5	8	I5	8	7	5
0,2+(-0,2)	55	6	I	0	3	I0I	60	I2	I	I	6I	32	I6	4	7	26	23	6	I4	6	0	I	0	4	0
(-0,2)+(-0,6)	39	I4	4	0	3	60	42	26	3	0	II	29	7	6	2	3	6	0	0	8	0	0	0	0	0
(-0,6)+(-I,0)	30	6	0	3	0	I0	I4	5	0	0	I	2	I8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

v (10 <sup>3</sup> c)	0+2					2+4					4+6					6+8					> 8				
	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200	0- -50	50- -100	100- -150	150- -200	>200
I + 0,6	3	0	0	0	0	0	3	2	0	0	2	2	5	0	0	0	5	0	0	0	0	3	4	0	0
0,6 + 0,2	0	0	0	0	0	5	I	0	0	2	3	I	5	2	3	6	4	II	9	0	0	0	8	3	0
0,2+(-0,2)	3	0	0	I	0	7	I	0	4	3	0	5	6	I	0	0	I0	7	0	I	I	0	0	8	0
(-0,2)+(-0,6)	5	I	0	0	0	6	7	3	I	0	8	9	8	2	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
(-0,6)+(-I,0)	0	3	0	0	0	4	I	I	I	0	0	6	I	0	0	0	0	0	I	0	0	0	0	0	0

ΔZ=4 и 5 18 шт.  
ΔZ=6 и 7 3 шт.  
ΔZ ≥ 8 0 шт.

v (10 <sup>-8</sup> .C)		0+2					2+4					4+6					6+8					v 8									
U, MeV																															
Cos θ		0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200
I + 0,6		25	28	19	9	2	0	40	28	11	9	2	4	7	13	7	0	6	7	2	3	0	1	3	1	18	0	1	3	1	18
0,6 + 0,2		172	68	12	6	1	82	78	54	28	10	15	35	39	24	10	14	20	7	11	12	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0
0,2 + -0,2		94	32	15	1	1	138	108	31	7	3	36	28	14	18	7	8	18	6	1	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0
-0,2 + -0,6		55	15	2	1	0	73	6	15	7	0	12	18	13	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,6 + -1,0		25	10	0	1	1	14	17	3	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ΔZ=1

v (10 <sup>-8</sup> .C)		0+2					2+4					4+6					6+8					v 8									
U, MeV																															
Cos θ		0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200
I + 0,6		14	12	15	0	0	12	26	30	1	1	8	2	0	0	10	1	0	5	9	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1
0,6 + 0,2		22	1	9	0	2	41	30	23	3	0	60	15	16	4	3	6	8	18	0	1	3	1	3	13	1	0	0	0	0	0
0,2 + -0,2		34	17	0	1	0	72	42	32	10	2	32	28	9	4	5	19	5	12	3	12	1	7	2	0	1	0	0	0	0	0
-0,2 + -0,6		20	16	2	0	1	25	37	10	17	11	2	15	10	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,6 + -1,0		28	7	2	0	0	19	5	8	0	2	5	10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ΔZ=2

v (10 <sup>-8</sup> .C)		0 + 2					2 + 4					4 + 6					6 + 8					v 8									
U, MeV																															
Cos θ		0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200
I + 0,6		4	0	2	0	1	0	0	8	1	0	0	7	0	2	0	0	0	9	0	8	0	0	1	6	6	0	0	0	0	0
0,6 + 0,2		0	2	0	0	0	8	1	0	1	0	5	1	4	6	1	0	16	2	1	7	0	0	6	8	1	0	0	0	0	0
0,2 + -0,2		2	6	0	0	1	10	14	8	8	0	18	11	1	2	7	0	1	18	13	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,2 + -0,6		1	1	0	6	0	8	2	10	0	1	8	15	18	8	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
-0,6 + -1,0		1	12	1	0	0	7	9	13	8	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ΔZ=3

v (10 <sup>-8</sup> .C)		0 + 2					2 + 4					4 + 6					6 + 8					v 8									
U, MeV																															
Cos θ		0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200	0-50	50-100	100-150	150-200	> 200
I + 0,6		0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	7	0	0	0	0	1	2	7	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
0,6 + 0,2		0	0	0	6	0	0	7	0	0	0	0	6	1	1	1	0	6	0	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
0,2 + -0,2		0	0	6	0	0	0	1	6	0	0	0	6	7	6	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,2 + -0,6		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,6 + -1,0		0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



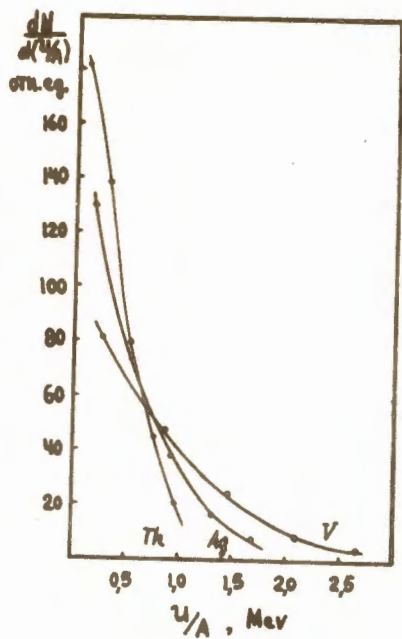


Рис. 1. Распределения остаточных ядер из V, Ag, Th в зависимости от величины  $U/A$ .

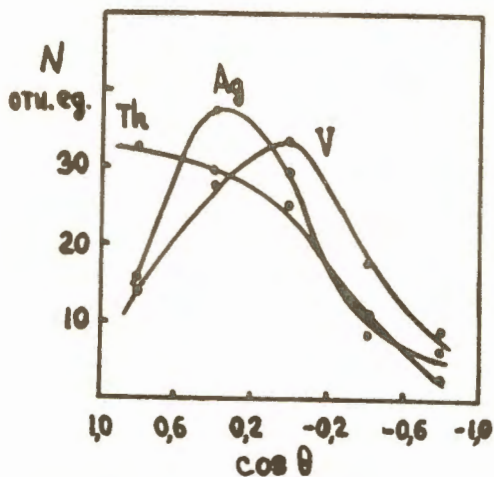


Рис. 2. Угловые распределения остаточных ядер при  $U/A \geq 1$   
V ( $U > 60$  Мэв), Ag ( $U > 120$  Мэв), Th ( $U > 200$  Мэв).

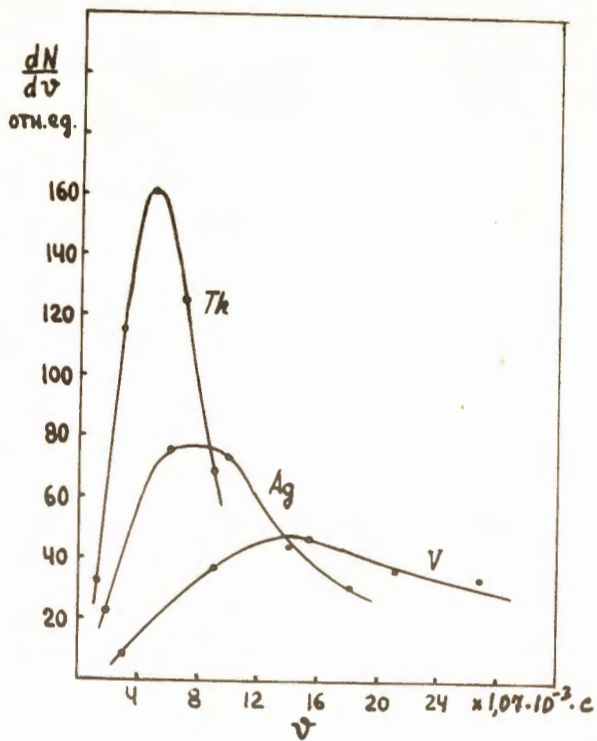


Рис. 3. Распределения остаточных ядер по скоростям при  $U/A \geq 1$ :  
 V ( $U > 60$  Мэв ), Ag ( $U > 120$  Мэв ), Th ( $U > 200$  Мэв ).

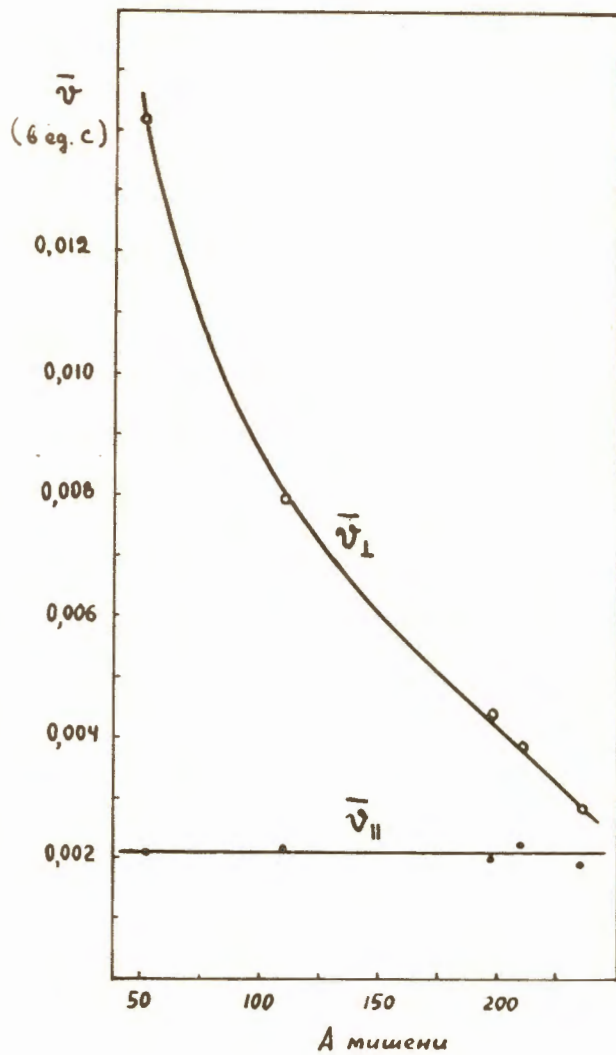


Рис. 4. Зависимость продольной и перпендикулярной составляющей скорости остаточных ядер от атомного веса ядер-мишени при  $U/A \geq 1$ :  
 $V$  ( $U > 60$  Мэв ),  $Ag$  ( $U > 120$  Мэв ),  $Au, Bi, Th$  ( $U > 200$  Мэв ).

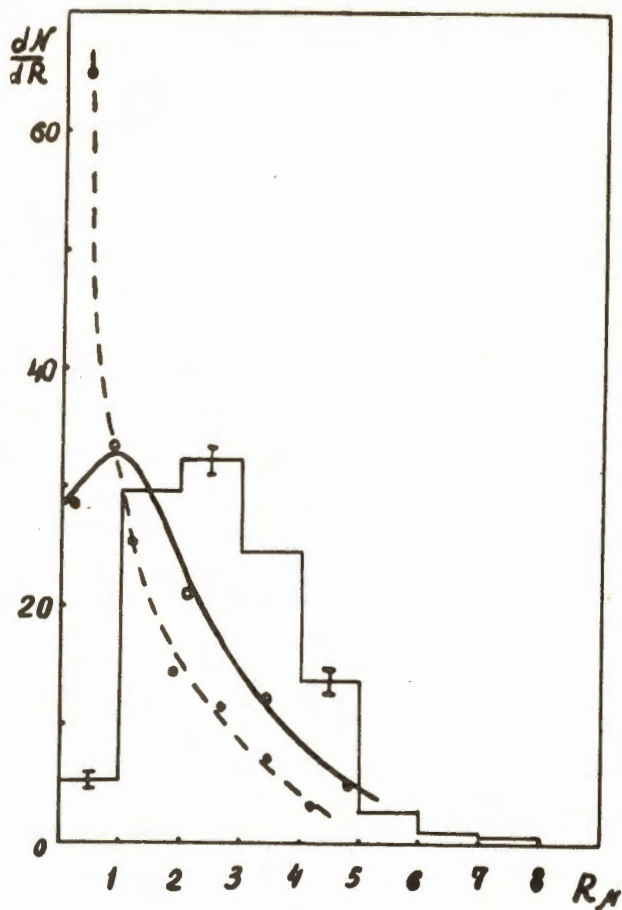


Рис. 5. Расчетное пробеговое распределение остаточных ядер из Ag при  $U > 80$  Мэв (кривая) и экспериментальное пробеговое распределение ядер-отдачи из Ag Br<sub>1</sub> (гистограмма). Пунктирная кривая - пересчет результатов работы /8/.

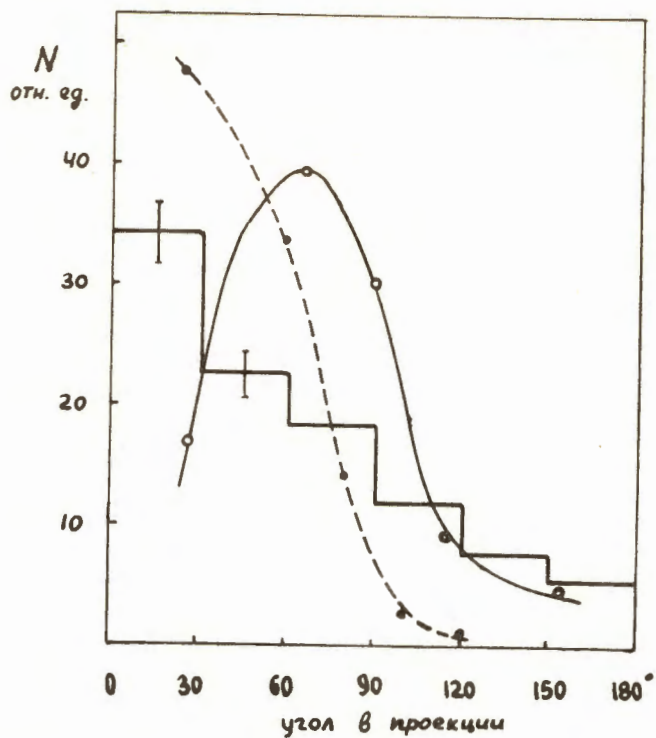


Рис. 6. Расчетное угловое распределение остаточных ядер из Ag при  $U > 80$  Мэв и  $v > 8 \cdot 10^{-3}$  с (кривая) и экспериментальное угловое распределение ядер-отдачи из Ag Br (гистограмма). Пунктирная кривая - пересчет результатов работы [8].