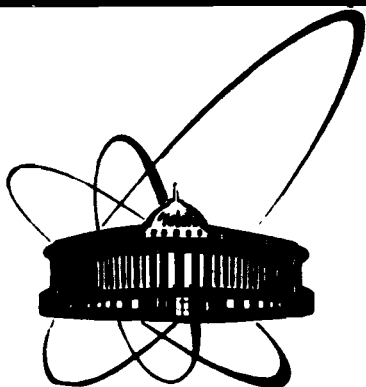


89-757



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б416

P1-89-757

Ц. Дамдинсурэн, В. И. Илющенко, П. Козма,
Б. Тумэндэмбэрэл*, Д. Чултэм*

ОБРАЗОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ЯДЕР
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ДЕЙТРОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 3,65 А·ГэВ С ЯДРАМИ ^{93}Nb , ^{108}Ag ,
 ^{159}Tb , ^{197}Au И $^{207,2}\text{Pb}$

Направлено в журнал "Ядерная физика"

*Монгольский государственный университет,
Улан-Батор

1989

1. Введение

В последние годы отмечается возрастающий интерес к неупругим взаимодействиям релятивистских ядер с ядрами. Это связано с поиском новых состояний ядерной материи, в частности, с достижением высоких плотностей и возможностью обнаружения кварковых степеней свободы в ядрах. Эксперименты проводятся на пучках релятивистских частиц и ядер в широком диапазоне их энергий и масс^{/1/}. В основном исследуются реакции глубокого расщепления и фрагментации ядер. Привлечение данных по этим процессам позволяет более подробно взглянуть на механизм глубоконоупругих взаимодействий и выделить основные черты этих процессов.

Эффективным методом экспериментального изучения фрагментации является регистрация остаточных ядер, образовавшихся в этих взаимодействиях. Для регистрации остаточных ядер используется метод активационного анализа, основанный на гамма-спектроскопии. Измерение наведенной активности облученных мишеней, т.е. измерение основных характеристик наблюдаемых γ -переходов, позволяет идентифицировать широкий спектр остаточных ядер. Сечения образования, массовые и зарядовые распределения остаточных ядер зависят от переданной энергии, типа налетающих снарядов, изотопного состава ядер мишеней и т.д. Анализ полученных результатов проводится в рамках модельных представлений о релятивистских взаимодействиях^{/2/} и используется для тестирования основных гипотез релятивистской физики (факторизация, предельная фрагментация)^{/3/}.

На Дубненском синхрофазотроне был проведен цикл работ, посвященный изучению остаточных ядер, образующихся во взаимодействии снарядов с энергией 3,65 А·ГэВ со средними и тяжелыми ядрами^{/4-13/}, в том числе дейтронов с ядрами ^{nat}Cs /4/, ^{nat}Ni /5/ и ^{181}Ta /6/.

В настоящей работе представлены результаты исследования взаимодействия дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с тяжелыми ядрами ^{93}Nb , ^{nat}Ag , ^{159}Tb , ^{197}Au и ^{nat}Pb . Эти данные сравниваются с данными, полученными нами ранее^{/4-6/}, и с данными из работы Бутцева и др.^{/14/} для очень толстых мишеней тербия и свинца. Анализ массовых и зарядовых распределений позволяет сделать выводы о механизме взаимодействия релятивистских дейтронов со средними и тяжелыми ядрами.

2. Методика эксперимента и результаты измерений

Облучение мишеней проводилось на выведенном пучке дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ синхрофазотрона ЛЭО ОИЯИ. Мишени были изготовлены в виде дисков диаметром 50 мм, их толщины приведены в таблице 1. Мишени окружались защитными фольгами из лавсана того же самого диаметра толщиной 17,5 мг/см², мониторинг пучка дейтронов осуществлялся по реакциям $^{27}Al(d,x)^{24}Na$ и $^{12}C(d,x)^{11}C$, сечения которых равны $(14,2 \pm 1,2)$ мб^{/15/} и $(35,2 \pm 0,7)$ мб^{/16/} соответственно. Время облучений соответствовало интегральному потоку $\sim 10^{13}$ дейтронов.

Таблица 1

Толщины использованных мишеней

Мишень	Толщина в мг/см ²
^{93}Nb	35,0
^{nat}Ag	41,4
^{159}Tb	75,2
^{197}Au	35,5
^{nat}Pb	58,6

Гамма-активность, наведенная в мишенях, лавсановых и мониторинговых фольгах, измерялась полупроводниковыми детекторами $\text{Be}(\text{Li})$ с объемом 28, 45 и 50 см^3 и разрешением 2,8, 2,3 и 2,5 кэВ соответственно, для гамма-линии с $E_\gamma = 1332,5$ кэВ калибровочного источника ^{60}Co . Экспериментальная методика, процедуры идентификации ядер-продуктов и определения сечений подробно описаны в предыдущих работах^{/4,6/}.

Результаты измерений представлены в табл.2, где приведены наблюдаемые радионуклиды и сечения их образования при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ на ядрах Nb , Ag , Tb , Au и Pb соответственно. Там же указан тип выхода нуклидов – кумулятивный (К) или независимый (Н). Ошибки значений сечений приведены статистические.

3. Анализ и обсуждение результатов

Сечения образования многозарядных продуктов в реакциях глубокого расщепления в широкой области масс мишеней и энергий налетающих снарядов обычно аппроксимируются модифицированной Рудстама^{/17/} формулой

$$\sigma(A, Z) = \sigma_0 \exp(-R|Z - Z_p(A)|^{3/2}), \quad (1)$$

где A и Z – массовые и зарядовые числа ядра-продукта соответственно, $Z_p(A)$ – наиболее вероятный заряд:

$$Z_p(A) = SA - TA^2, \quad (2)$$

σ_0 [мб], P и R – подгоночные параметры. В табл.3 указаны значения параметров P , R , S и T , полученных методом SVD -подгонки^{/18/}. Сравнение параметров зарядовых дисперсий S и T , полученных во взаимодействиях релятивистских протонов со средними и тяжелыми ядрами-мишенями^{/4-6, 19-22/}, с настоящими результатами приведены в табл.4.

Таблица 2

Значения сечений остаточных ядер (мб)

Нуклид	Тип выхода	$\sigma(^{93}\text{Nb})$	$\sigma(^{108}\text{Ag})$	$\sigma(^{159}\text{Tb})$	$\sigma(^{197}\text{Au})$	$\sigma(^{207.2}\text{Pb})$
		3	4	5	6	7
^{24}Na	К	6.1 ± 0.7	6.8 ± 0.8	7.5 ± 0.8	24 ±3	25 ±4
^{28}Mg	К	0.9 ± 0.2	0.8 ± 0.1	1.1 ± 0.2	6 ±0.5	3 ±0.5
^{42}K	Н		2.9 ± 0.3	0.4 ± 0.1		0.7 ± 0.1
^{43}K	К		2.2 ± 0.3		2.7 ±0.3	
^{44}Sc	Н		2.0 ± 0.2			
^{46}Sc	Н	3.7 ± 0.6	3.5 ± 0.3		8 ±1	11 ±2
^{47}Sc	Н	1.6 ± 0.5				
^{48}Sc	Н	0.4 ± 0.1	0.8 ± 0.1		1.6 ±0.3	1.1 ± 0.1
^{48}V	К	4.0 ± 0.3				
^{52}Mn	Н	2.6 ± 0.3				
^{54}Mn	Н	8.3 ± 1.4	8.3 ± 1.1		5.5 ±0.8	
^{55}Co	К		0.6 ± 0.05			
^{56}Co	К	3.2 ± 1.0	5.9 ± 0.6	3.1 ± 0.5		
^{58}Co	К				4.1 ±0.5	0.9 ± 0.2
^{59}Fe	К		0.9 ± 0.1		2.6 ±0.4	
^{65}Zn	К	13.7 ± 1.6	9.2 ± 1.1	5.5 ± 1.1	6.1 ±0.9	
^{71}As	К	10.7 ± 2.0	9.5 ± 0.9			
^{72}As	Н	12.8 ± 1.1	11.2 ± 1.2			
^{74}As	Н	4.5 ± 0.8			3.5 ±0.4	
^{73}Se	К		6.6 ± 0.8	2.4 ± 0.7		
^{75}Se	Н	9.3 ± 1.0	12.4 ± 1.1		7.2 ±0.9	
^{75}Br	К				0.8 ± 0.1	
^{76}Br	Н	11.2 ± 1.5	9.0 ± 1.2			
^{77}Br	Н	13.1 ± 2.3				
^{76}Kr	К		3.0 ± 0.4			

Таблица 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7
⁷⁹ Kr	K	21.7±3.9		3.3±1.0		
⁸¹ Rb	K		14.2±1.0			2.1±0.3
⁸³ Rb	K		20.0±1.7	1.7±0.3		
⁸⁴ Rb	H	7.1±1.2			2.0±0.4	
⁸⁶ Y	H	14.5±2.7	12.2±1.4	4.4±0.9		3.5±0.7
⁸⁷ Y	H	15.4±3.5		3.8±0.7	7.5±1.2	2.1±0.4
⁸⁸ Y	H	14.2±1.4				
⁸⁶ Zr	K	7.9±1.0				
⁸⁸ Zr	K			4.7±1.2		
⁸⁹ Zr	K	25 ±4	19.9±2.0	3.8±0.6	7.2±1.2	1.9±0.4
⁸⁹ Nb	H		1.7±0.2			
⁹⁰ Nb	H	16 ±2	15.6±1.3	1.9±0.3	8.7±1.0	1.5±0.2
⁹³ Tc	K			0.9±0.1		
⁹⁴ Tc	H		12 ±1	2.5±0.6	8.0±1.3	
⁹⁵ Tc	K				5.3±0.9	1.6±0.3
⁹⁶ Tc	H				4.4±0.5	2.0±0.3
⁹⁷ Ru	H		22 ±3	3.7±1.0		
¹⁰⁰ Rb	H		19 ±1.5			
¹⁰¹ Pd	K		22 ±2			
¹⁰⁴ Ag	K		18 ±2	2.8±0.4	3.3±0.9	
¹⁰⁵ Ag	K		47 ±5		5.2±1.0	
¹¹¹ In	K			8.0±1.1		
¹²¹ Te	K			3.5±0.6	10.6±1.0	4.0±0.5
¹²⁵ Xe	K				7 ±1	
¹²⁷ Xe	K			1.4±0.3	16.0±1.5	
¹²⁹ Cs	K			1.1±0.3	7.3±1.0	
¹³³ Ba	K				13.4±1.2	
¹³¹ La	K				6.9±0.8	5.7±0.9

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
¹³² La	K			8.4±1.2		7.9±1.1
¹³² Ce	K			13 ±2		
¹³³ Ce	K			21 ±1		
¹³⁵ Ce	K				8.1±0.9	
¹⁴⁵ Eu	K			16 ±3		11.5±2.0
¹⁴⁶ Eu	K					8.6±1.9
¹⁴⁷ Eu	K			12 ±1.5	21.1±1.8	
¹⁴⁶ Gd	K				18.4±1.9	
¹⁴⁷ Gd	K			14 ±2		10 ±2
¹⁴⁹ Gd	K			20 ±3	29.1±2.5	14 ±2
¹⁵¹ Tb	K			23 ±5		
¹⁵³ Dy	K					9 ±2
¹⁵⁵ Dy	K			15 ±2.5	5.9±0.7	9.2±1.7
¹⁵⁷ Dy	K			9 ±1		
¹⁶⁰ Er	K					10 ±2
¹⁶⁹ Yb	K				32 ±1	5 ±2.5
¹⁷¹ Lu	K				29 ±1	11 ±1
¹⁷³ Hf	K				25 ±3	22 ±3
¹⁷⁵ Hf	K				30 ±5	
¹⁸³ Re	K				30 ±1	
¹⁸⁶ Ir	K					20 ±3
¹⁸⁸ Ir	K					14 ±1.5
¹⁹⁰ Ir	H				31 ±6	
¹⁹⁴ Au	H				53 ±8	
¹⁹⁶ Au	H				80 ±10	
¹⁹⁸ Tl	K					26 ±3.5
²⁰⁰ Tl	K					14.5±2.0
²⁰¹ Tl	K					12 ±3
²⁰¹ Pb	K					26 ±4.5

Таблица 2 (продолжение)

I	2	3	4	5	6	7
^{203}Pb	К					$28 \pm 3,5$
^{202}Bi	К					31 ± 5
^{204}Bi	К					63 ± 9
^{205}Bi	К					48 ± 6
^{206}Bi	К					29 ± 4

Таблица 3

Значения подгоночных параметров по формуле Рудстама

Реакция	P	R	S	T
$d + \text{Nb}$	0.037	1.21	0.487	0.00041
$d + \text{Ag}$	0.032	1.15	0.482	0.00028
$d + \text{Tb}$	0.027	0.44	0.483	0.00035
$d + \text{Au}$	0.020	0.18	0.483	0.00051
$d + \text{Pb}$	0.021	0.11	0.480	0.00036

Отметим, что по систематике Рудстама невозможно описать сечения образования остаточных ядер в реакциях $d + \text{Tb}$ и $d + \text{Pb}$ на очень толстых мишенях /14/.

Рис. 1-3 иллюстрируют зарядовые дисперсии остаточных ядер, образующихся при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами ^{33}Nb , ^{159}Tb и ^{208}Pb соответственно. Зарядово-дисперсионные кривые, вычисленные по формулам (1) и (2), описывают зависимость парциальных выходов $F - F(Z_p - Z)$ от разности вероятного заряда Z_p и заряда-продукта Z . Экспериментальные точки соответствуют независимым выходам, причем поправки на β -распад учтены по методике, подробно описанной в работе /23/.

Таблица 4

Сравнение зарядовых параметров по систематике Рудстама

Реакция	Энергия, ГэВ	S	$T \cdot 10^{-4}$	Примечание
$p + \text{Cu}$	3.9	0.457		Cumming et al. /19/
$p + \text{Cu}$	8.1	0.490	3.4	Kozma et al. /4/
$p + \text{Ni}$	8.1	0.488	4.4	Kozma et al. /5/
$p + \text{Cu}$	28.0	0.485		Cumming et al. /20/
$p + \text{Nb}$	12.0	0.488	4.1	Tominaka et al. /21/
$p + \text{Ta}$	8.1	0.495	1.8	Kozma et al. /6/
$p + \text{Ag}$	300.0	0.481	2.9	Porile et al. /22/
$d + \text{Cu}$	7.3	0.491	4.0	Kozma et al. /4/
$d + \text{Ni}$	7.3	0.488	3.8	Kozma et al. /5/
$d + \text{Nb}$	7.3	0.487	4.1	наст. работа
$d + \text{Ag}$	7.3	0.482	2.8	наст. работа
$d + \text{Tb}$	7.3	0.483	3.5	наст. работа
$d + \text{Ta}$	7.3	0.477	2.4	Kozma et al. /6/
$d + \text{Au}$	7.3	0.483	5.1	наст. работа
$d + \text{Pb}$	7.3	0.480	3.6	наст. работа

В работе /24/ показано, что для описания сечений $\sigma(A, Z)$ образовавшихся ядер-продуктов именно в реакциях релятивистских частиц и ядер с тяжелыми ядрами можно с успехом применить общую параметризацию типа

$$\sigma(A, Z) = \sigma(A) F(Z_p(A) - Z), \quad (3)$$

учитывая монотонную зависимость $\sigma(A)$ от массового числа ядра-продукта в определенном массовом диапазоне

$$\sigma(A) = \exp(a_0 + a_1 A + a_2 A^2 + \dots) \quad (4)$$

и зарядовую дисперсию в общей форме

$$F(Z_p(A)-Z) = (2\pi C_2^2)^{-1/2} \cdot \exp\left(-\frac{(Z_p(A)-Z)^2}{2C_2^2}\right), \quad (5)$$

где

$$Z_p(A) = b_0 + b_1 A + b_2 A^2 + \dots \quad (6)$$

Нами показано^{/6/}, что для такой параметризации можно применить метод робастной (помехоустойчивой) минимизации^{/25/}. Для анализа настоящих

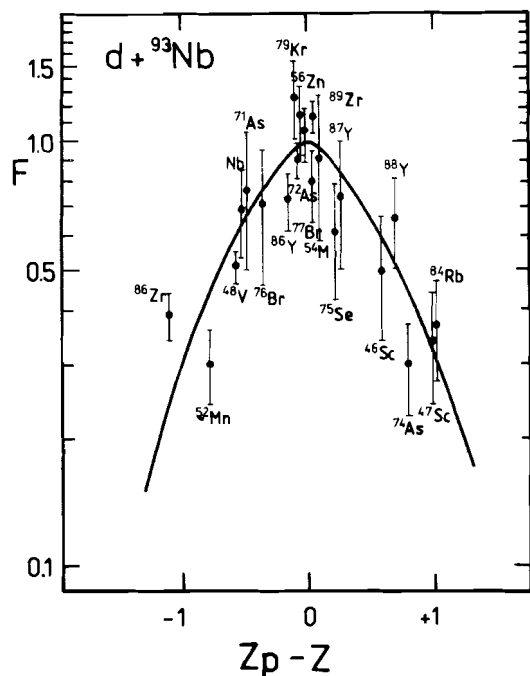


Рис. 1. Зарядовая дисперсия остаточных ядер, образующихся при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами ниобия. Сплошная кривая – результат подгонки по модифицированной CDMD формуле Рудстама.

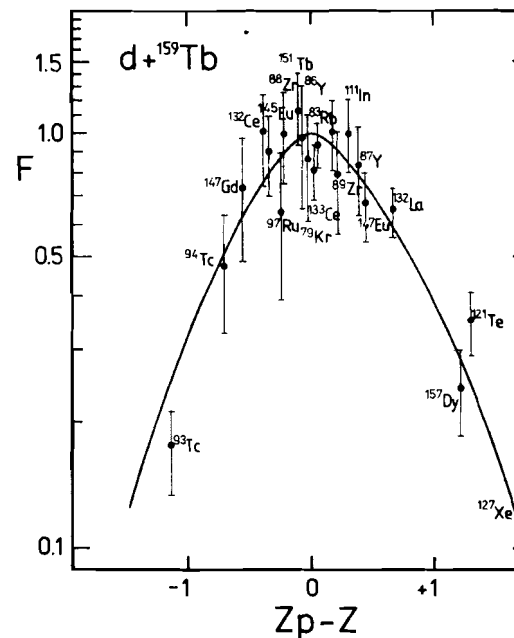


Рис. 2. Зарядовая дисперсия остаточных ядер, образующихся при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами тербия. Сплошная кривая – результат подгонки по модифицированной CDMD формуле Рудстама.

данных нами применена программа **ROLSM**^{/26/}. Результаты анализа приведены в табл.5.

Отметим, что для определения вероятного заряда Z_p достаточно первых двух членов разложения^{/6/}, а также того факта, что параметр b_1 аналогичен параметру S зарядовой дисперсии по формуле Рудстама (см. табл.3 и 4). Из этих данных следует, что дисперсии, полученные двумя независимыми методами подгонки, почти не различаются между собой. Это указывает на достоверность результатов.

Таблица 5

Параметры зарядовых распределений по общей систематике

Реакция	Массовый диапазон	C_s	Z_p
d + Ni	24- 57	0.49	-0.166 + 0.473A
d + Cu	24- 60	0.50	0.027 + 0.467A
d + Nb	24- 90	0.78	-0.308 + 0.455A
	42- 65	0.63	0.590 + 0.453A
d + Ag	71- 89	1.10	-0.025 + 0.445A
	89-105	0.825	0.940 + 0.447A
d + Tb	24- 88	0.42	0.160 + 0.453A
	89-127	0.92	-0.418 + 0.443A
	132-157	1.00	2.083 + 0.471A
	24- 59	0.45	-0.374 + 0.468A
	65- 81	1.05	0.900 + 0.431A
	84- 90	0.75	4.070 + 0.406A
d + Ta	93-104	1.00	1.907 + 0.426A
	121-135	1.00	2.054 + 0.414A
	145-151	0.355	4.727 + 0.401A
	155-169	0.61	1.798 + 0.409A
	170-176	0.94	-1.891 + 0.431A
d + Au	43- 75	0.71	1.086 + 0.439A
	84-121	0.96	-5.246 + 0.516A
	125-155	0.98	0.051 + 0.430A
	169-196	0.81	0.089 + 0.412A
d + Pb	24- 94	0.81	-1.053 + 0.466A
	101-153	0.92	5.207 + 0.399A
	155-201	1.20	3.042 + 0.397A
	201-206	0.65	4.829 + 0.382A

Таблица 6

Значения сечений σ^p и σ^{tot} и прицельных параметров b для исследуемых реакций†

Реакция	Массовый диапазон	σ^p (мб)	σ^{tot} (с)	b (фм)
d + Nb	24- 93	1050±225	1.625	5.78±0.67
d + Ag	24-108	1120±240	1.790	6.97±2.76
d + Tb	24-159	1365±305	2.235	6.59±3.12
d + Au	24-197	1745±400	2.540	7.45±3.57
d + Pb	24-207	1840±445	2.620	7.65±3.76

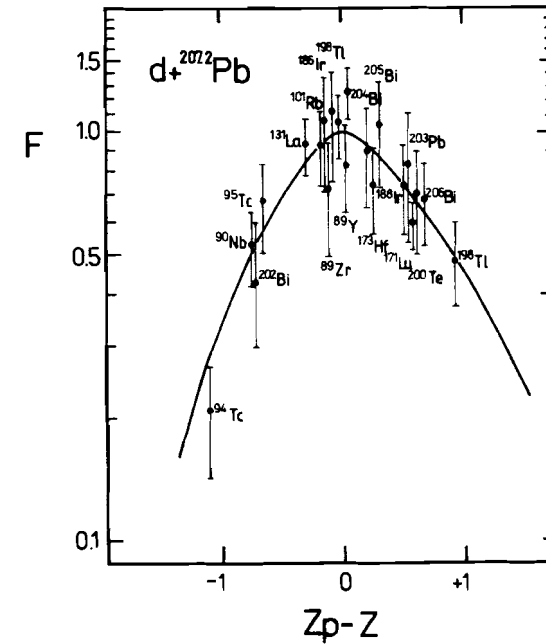


Рис. 3. Зарядовая дисперсия остаточных ядер, образующихся при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами свинца. Сплошная кривая - результат подгонки по модифицированной CDMD формуле Рудстама.

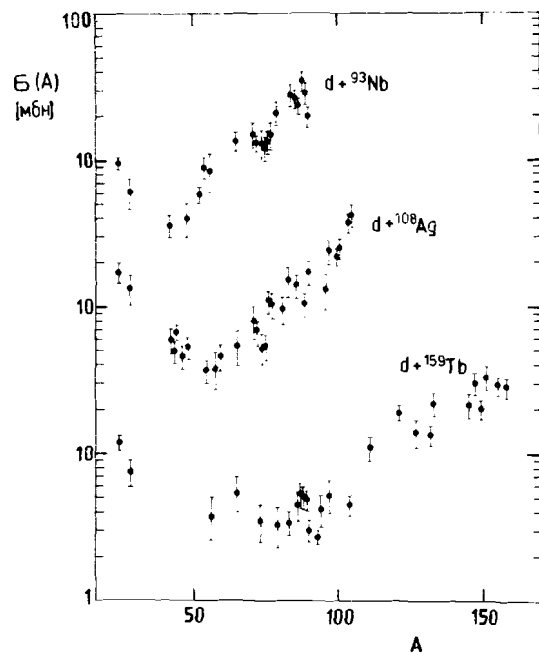


Рис. 4. Массовые распределения ядер-остатков, образующихся при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами ^{93}Nb , ^{108}Ag , ^{159}Tb .

Основным результатом является определение массовых (изобарических) распределений $\sigma(A)$ остаточных ядер в исследуемых реакциях. Массовые распределения, полученные на основе вышеописанного анализа сечений образования ядер-продуктов в реакциях дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами ^{93}Nb , ^{108}Ag , ^{159}Tb , ^{197}Au и $^{207.2}\text{Pb}$, показаны на рис. 4 и 5 соответственно. Из этих данных следует, что изобарические сечения $\sigma(A)$ во всех изучаемых реакциях уменьшаются при переходе от ^{24}Na к среднетяжелым ядрам, достигая минимума в области массовых чисел продуктов, равных $A/2$ ядра-мишени. Значения сечений $\sigma(A)$ затем возрастают, достигая максимальных значений в области массовых чисел ядра-мишени. Наблюдаемое подобие массовых распределений в реакциях

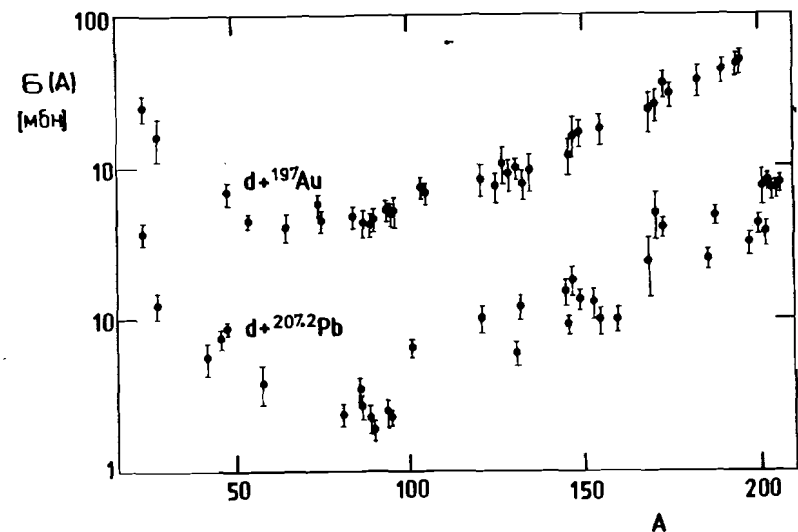


Рис. 5. Массовые распределения ядер-остатков, образующихся при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами ^{197}Au и $^{207.2}\text{Pb}$.

дейтронов, протонов, ядер $^{12}\text{C}/4-6$, $8-13$ с энергией 3,65 А·ГэВ со средними и тяжелыми ядрами указывает на сходный характер возбуждения ядер-мишеней, вызываемый этими снарядами, а также свидетельствует о наблюдении факторизации. Суммированием изобарических сечений по A можно получить полное сечение расщепления σ^P данной реакции, что позволяет определить прицельный параметр взаимодействия b [6]. В табл. 6 приведены соответствующие результаты вместе со значениями сечений σ^{tot} , вычисленных по формуле [27]:

$$\sigma^{\text{tot}} = \pi r_0^2 (A_d^{1/3} + A_{\text{ЯМ}}^{1/3} - \delta)^2, \quad (7)$$

где A_d и $A_{\text{ЯМ}}$ - массовые числа налетающего дейтрона и ядра-мишени соответственно, $r_0 = 1,37$ фм и $\delta = 0,51$. Отсюда следует, что сечение расщепления представляет большую часть (60-72%) полного "геометрического" сечения.

Таблица 7

Сравнение изобарических сечений, полученных в настоящей работе и в работе /14/

$\alpha + {}^{93}\text{Nb}$			$\alpha + {}^{159}\text{Tb}$			$\alpha + {}^{207,2}\text{Pb}$		
Ядро-остаток	$\sigma(A)$ [мб]	$\sigma(A)^{14/}$ [мб]	Ядро-остаток	$\sigma(A)$ [мб]	$\sigma(A)^{14/}$ [мб]	Ядро-остаток	$\sigma(A)$ [мб]	$\sigma(A)^{14/}$ [мб]
${}^{24}\text{Na}$	9.5 ± 1.2	28.1 ± 7.8	${}^{24}\text{Na}$	12.0 ± 1.5	3.9 ± 0.8	${}^{24}\text{Na}$	37.3 ± 6.0	30 ± 6
${}^{28}\text{Mg}$	6 ± 1.4	13.3 ± 4.0	${}^{28}\text{Mg}$	7.3 ± 1.4	3.1 ± 1.2	${}^{28}\text{Mg}$	15 ± 2.5	20 ± 5
${}^{31}\text{As}$	14.9 ± 2.8	11.1 ± 2.8	${}^{90}\text{Nb}$	3.0 ± 0.5	1.1 ± 0.25	${}^{90}\text{Nb}$	1.9 ± 0.25	4.75 ± 1.25
${}^{72}\text{As}$	12.6 ± 1.3	22 ± 6	${}^{93}\text{Tc}$	2.7 ± 0.3	0.8 ± 0.25	${}^{95}\text{Tc}$	2.3 ± 0.3	6.2 ± 1.8
${}^{76}\text{Br}$	13.2 ± 1.9	54 ± 12	${}^{94}\text{Tc}$	4.2 ± 1.0	0.6 ± 0.12	${}^{132}\text{La}$	12.2 ± 1.7	6.2 ± 1.25
${}^{77}\text{Br}$	14.8 ± 2.7	46 ± 12	${}^{104}\text{Ag}$	4.5 ± 0.7	1.3 ± 0.3	${}^{173}\text{Hf}$	40 ± 6	10 ± 2.4
${}^{86}\text{Y}$	14.5 ± 2.7	40 ± 10	${}^{132}\text{La}$	13.5 ± 2.0	1.0 ± 0.15	${}^{186}\text{Ir}$	24.3 ± 3.5	13.8 ± 5.0
${}^{87}\text{Y}$	20.5 ± 4.8	89 ± 30	${}^{152}\text{Ce}$	19.4 ± 2.8	1.2 ± 0.25	${}^{199}\text{Tl}$	31.2 ± 4.5	46.4 ± 9.5
${}^{86}\text{Zr}$	26.3 ± 3.5	30 ± 10	${}^{153}\text{Ce}$	22 ± 4	0.6 ± 0.1	${}^{200}\text{Tl}$	41.5 ± 5.5	108.6 ± 3.0
${}^{88}\text{Zr}$	28.8 ± 4.6	94 ± 19	${}^{157}\text{Dy}$	28.3 ± 3.8	13.0 ± 3.7	${}^{204}\text{Pb}$	31 ± 5	47 ± 11.2
${}^{90}\text{Nb}$	20.2 ± 2.2	30 ± 7.5				${}^{203}\text{Pb}$	80 ± 10	71 ± 14.3
						${}^{202}\text{Bi}$	77 ± 11	14.1 ± 5.9
						${}^{204}\text{Bi}$	77 ± 10	13.4 ± 5.0
						${}^{206}\text{Bi}$	82 ± 10	25.7 ± 8.6

Табл.7 содержит результаты сравнения изобарических сечений для ядер ${}^{93}\text{Nb}$, ${}^{159}\text{Tb}$ и ${}^{207,2}\text{Pb}$ из настоящей работы с соответствующими сечениями из работы Бутцева и др. /14/, в которой использовались мишени с толщиной 26 мг/см², 1000 мг/см² и 1360 мг/см² соответственно. В работе /14/ не проведен анализ измеренных сечений образования ядер-продуктов с точки зрения зарядовых и массовых распределений. Полученные нами параметры зарядовых дисперсий (рис. 1-3, табл. 3 и 5) позволяют определить соответствующие изобарические сечения. Отметим, что сечения $\sigma(A)$ для ядра-мишени ${}^{93}\text{Nb}$ получаются слишком большими и не позволяют определить сечение расщепления σ^{sp} , превышая в несколько раз даже полное сечение σ^{tot} изучаемой реакции. Данные, приведенные в табл.7 для сравнения изобарических сечений на толстых и тонких мишенях тербия и свинца, также сильно различаются между собой. Это отличие может быть связано со вторичными эффектами, вклад которых для толстых мишеней необходимо определить в эксперименте /6, 19/. Отметим, что эксперименты, в которых наблюдаются остаточные ядра по измерению наведенной активности, проводятся обычно на тонких мишенях (≤ 100 мг/см²), где влияние вторичных эффектов незначительно /19-22/.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность академику А.М.Балдину за поддержку и интерес к работе, профессорам К.Л.Толстову и В.Вылову и В.Г.Калинникову за помощь в проведении экспериментов по теме данной работы, проф. В.А.Карнаухову за обсуждение результатов, А.Д.Кириллову, Ю.А.Панебратцеву и В.Г.Перевозчикову за помощь при проведении сеансов облучения на синхрофазотроне, Л.Климану, А.Лука-Войоми, Р.Хоролжову, Ш.Гербишу и М.Леонарду за участие в измерениях, А.Машталке и О.Кнотеку за изготовление мишеней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fredrikson S., Eliam G., Berlaud G., Bergström L. - Phys.Rev., 1987, 144, 187.
2. Yariv Y., Fraenkel Z. - Phys.Rev., 1979, C 20, 2227.

3. Feynman R.P. - Phys.Rev.Lett., 1969, 23, 1415.
4. Kozma P., Kliman J. - Czech.J.Phys., 1988, B 38, 1317.
5. Kozma P., Kliman J. - J.of Physics G:Nuclear Physics, in print.
6. Kozma P., Kliman J., Leonard M. - Czech.J.Phys., 1988, B 38, 973.
7. Kozma P., Tumendemberel B., Chultem C. - Czech.J.Phys., 1990, B 40, in print; JINR Report E1-88-244, Dubna, 1988.
8. Kozma P., Damdinsuren C. - Czech.J.Phys., 1990, B 40, in print; JINR Report E1-88-245, Dubna, 1988.
9. Kozma P., Damdinsuren C., Chultem D. - Nucl.Phys.A, 1990, in print; JINR Report E1-89-252, Dubna, 1989.
10. Kozma P., Ilyushchenko V.I., Kliman J. - JINR Report E1-89-482, Dubna, 1989.
11. Damdinsuren C., Ilyushchenko V.I., Kozma P., Chultem D. - JINR Report E1-89-481, Dubna, 1989.
12. Kozma P., Kliman J., Leonard M. - Physics and Applications, 1988, 15, 73.
13. Kozma P., Kliman J. - Physics and Applications, 1988, 15, 77.
14. Бутцев В.С., Бутцева Г.А., Костин В.И., Цигаления В.Я. - ИЯ, 1986, 4(100), 425.
15. Kozma P., Yanovsky V.V. - Czech.J.Phys., 1990, B 40, in print.
16. Kozma P., Tolstov K.D., Yanovsky V.V. - Nucl.Instr. and Meth., be published.
17. Rudstam G. - Zs.Naturforsch, 1966, 21a, 1027.
18. Ilyushchenko V.I., Kozma P. - JINR Report E 10-89-521, Dubna, 1989.
19. Cumming J.B., Haustein P.E., Stoenner R.W., Mausner L., Naumann R.A. - Phys.Rev., 1974, C 10, 739.
20. Cumming J.B., Stoenner R.W., Haustein P.E. - Phys.Rev., 1976, C 14, 1554.
21. Tominaka T. et al. - Nucl.Phys., 1984, A 414, 385.
22. Porile N.T., Cole G.D., Rudy R.C. - Phys.Rev., 1979, C 19, 2288.
23. Дамдинсүрэн Ц., Козма П., Тумэндэмбэрэл Б., Хорожав Р., Чултэм Д. - Сообщение ОИЯИ PI-88-135, Дубна, 1988.
24. McGaughey P.L., Loveland W., Morrissey D.J., Aleklett K., Seaborg G.T. - Phys.Rev., 1985, C 31, 896.
25. Дамдинсүрэн Ц., Козма П., Злоказов В.Б. - Сообщение ОИЯИ PI-88-312, Дубна, 1988.
26. Злоказов В.Б. - Сообщение ОИЯИ PI0-86-618, Дубна, 1986.
27. Heckmann H.H., Greiner D.E., Lindstrom P.J., Shwe H. - Phys.Rev., 1978, C 17, 1735.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 ноября 1989 года.

Дамдинсүрэн Ц. и др.

PI-89-757

Образование остаточных ядер при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами ^{93}Nb , ^{108}Ag , ^{159}Tb , ^{197}Au и $^{207,2}\text{Pb}$

Методом наведенной активности измерены сечения остаточных ядер, образующихся при взаимодействии дейтронов с энергией 3,65 А·ГэВ с ядрами ^{93}Nb , ^{108}Ag , ^{159}Tb , ^{197}Au и $^{207,2}\text{Pb}$. Анализ экспериментальных данных проводился по общей систематике зарядовых и массовых распределений и по систематике Рудстама. Представленные результаты, полученные с тонкими мишенями, находятся в противоречии с данными, опубликованными ранее для толстых мишеней.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод авторов

Damdinsuren C. et al.

PI-89-757

Target Residues from the Reactions of 3.65 A·GeV Deuterons with ^{93}Nb , ^{108}Ag , ^{159}Tb , ^{197}Au and $^{207.2}\text{Pb}$

Cross sections of target residues from the reactions of 3.65 A·GeV deuterons with ^{93}Nb , ^{108}Ag , ^{159}Tb , ^{197}Au and $^{207.2}\text{Pb}$ have been measured by the induced activity method. The analysis of results has been performed using the general as well as Rudstam's parametrization of charge- and mass-distributions. Present results, obtained for thin targets are in contrast with those previously presented for thick ones.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989