

С 343Д

К-553

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

ЯФ, 1967, т. 5, в. 3,

С. 510-513

16/01/67



P - 2796

А.П. Кобзев, А.В. Громов, К. Кашлик, К. Недведюк,
В.И. Салацкий, С.А. Тележников

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИЙ
 $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$ И $O^{16}(t, p)O^{18}$
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ 0,6 - 1,75 МЭВ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

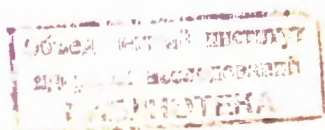
1966

Р - 2796

4372/1, 28
А.П. Кобзев, А.В. Громов, К. Кашлик, К. Недведюк,
В.И. Салацкий, С.А. Тележников

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИЙ
 $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$ И $O^{16}(t, p)O^{18}$
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ 0,6 - 1,75 МЭВ

Направлено в ЯФ



В в е д е н и е

Реакция взаимодействия ядер трития и кислорода исследована в работах^{/1-7/}. При энергиях ионов трития до 2 Мэв выполнены только две работы. Джарми^{/1/} привел полные сечения реакции $O^{16}(t, n)F^{18}$ в диапазоне энергий ионов трития от 0,68 до 2,13 Мэв. Жерарден и др.^{/2/} измерили относительную кривую выхода реакции $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$ при энергиях от 1,4 до 3,4 Мэв.

До сих пор нет измерений дифференциальных сечений реакций $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$ и $O^{16}(t, p)O^{18}$ при энергиях ниже 2 Мэв. Целью настоящей работы было восполнить этот пробел и проверить наличие уровней промежуточного ядра F^{19} в области энергий от 11,69 до 13,16 Мэв.

Э к с п е р и м е н т

Измерения проводились на электростатическом генераторе на 1,8 Мэв с использованием тонких газовых и твердых мишеней. Входные окна газовых мишеней заклеивались пленками из слюды толщиной от 0,13 мг/см² до 0,31 мг/см². Мишени наполнялись CO_2 , O_2 и воздухом. Технический углекислый газ и кислород очищались от возможных примесей путем перегонки при низких температурах. Воздух, впускаемый в мишени, не осушался, и влажность его была от 85 до 85%. Давление газа в мишенях составляло от 50 до 85 мм рт.ст. и измерялось ртутным манометром. Твердые мишени готовились из слюды сорта мусковит толщиной от 0,12 мг/см² до 0,24 мг/см².

Для регистрации α - частиц и протонов, вылетающих из мишеней, применялся детектор, изготовленный из кремния p - типа, компенсированного литием. Геометрия эксперимента при работе с газовыми мишенями была такова, что детектор "не видел" окон мишени, через которые проходил пучок ионов трития. Импульсы от детектора усиливались специальным усилителем с низким уровнем шумов и подавались на 128-канальный амплитудный анализатор. Так как амплитудный анализатор имел разрешающее время около 150 микросекунд, для определения просчетов анализатора с усилителя с низким уровнем шумов импульсы также подавались через второй усилитель и дискриминатор на пересчетный прибор.

Разрешающее время этой линии регистрации импульсов было примерно в двадцать раз меньше, чем анализатора. При измерении реакции $O^{16} + T$ загрузки устанавливались такими, чтобы просчеты анализатора не превышали 5%, при этом точность определения просчетов была не хуже 0,5%.

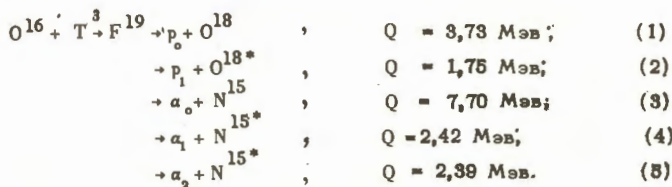
Энергия ионов трития, падающих на мишень, определялась с помощью магнитного анализатора, прокалиброванного по резонансу при 1117 кэВ из реакции $C^{12}(t, p_0) C^{14}$. При наполнении мишеней углекислым газом калибровка электростатического генератора, как правило, уточнялась по тому же резонансу.

Для контроля чистоты пучка ионов с массой три (T^+ , NNH^+ , HD^+) при нескольких энергиях были измерены сечения реакции $D(t, a)_n$ на пучке с массой шесть (TT^+) и массой три. Заметного различия в сечениях не было обнаружено, поэтому чистота пучка принималась равной (99,5±0,5)%, как было определено в работе /11/, выполненной на этом же ускорителе.

Исследование уменьшения плотности газа мишени в области прохождения пучка ионов трития в результате местного нагрева было сделано для данной конструкции мишени по измерению выхода из реакции $D(t, a)_n$ в зависимости от тока ионов трития. Оказалось, что при изменении тока ионов от 0,004 до 0,1 мкА выход не меняется с точностью до экспериментальных ошибок (около 1%). Средний ток ионов трития, падающих на мишень, при исследовании реакции $O^{16} + T$ составлял около 0,05 мкА, поэтому поправки на изменение плотности газа не вносились.

Градуировка интегратора ионного тока производилась неоднократно (во время измерений сечений реакции) при помощи калиброванной емкости, разряжаемой через интегратор тока.

В исследуемом диапазоне энергий (0,6 - 1,75 МэВ) можно было наблюдать две группы протонов и две группы α -частиц, соответствующих следующим каналам реакции:



Разрешить α -частицы, соответствующие каналам реакции (4) и (5), не было возможности, и они регистрировались как одна группа. Для более надежного выделения вылетающих из реакции заряженных частиц перед детектором устанавливались алюминиевые фольги. Протоны лучше выделялись при толщине фольги более 2 мг/см², а α -частицы - когда толщина фольги была 0,2 - 0,5 мг/см².

Результаты

Дифференциальные сечения реакций $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$ и $O^{16}(t, p)O^{18}$ под углом 90° л.с., полученные в настоящей работе, приведены в таблице 1 и на рисунке. Энергия взаимодействия ядер трития с ядрами кислорода определена во всем диапазоне с точностью около 1,5%. Основной вклад в эту ошибку вносит точность (1,25%) резонанса при 1117 кэв в реакции $C^{12}(t, p_0)C^{14}$, который был использован для калибровки шкалы энергий. Сечения, приведенные в таблице 1, сняты с кривой, проведенной по большому числу экспериментальных точек, полученных на твердых и газовых мишенях. Сравнение выходов из твердых и газовых мишеней показало хорошее совпадение результатов за исключением районов с резкими максимумами и минимумами, где на твердых мишенях из-за их большей толщины максимумы и минимумы заметно смазываются. В таких районах сечения приведены по данным, полученным на газовых мишенях. При энергиях выше 1,63 Мэв измерения проделаны только на твердых мишенях.

Сложная форма кривых дифференциальных сечений позволяет предположить существование нескольких уровней составного ядра F^{19} , энергия которых приведена в таблице 2. При определении энергий уровней реакция $O^{16}(t, \alpha_{1,2})N^{15*}$ не принималась во внимание. Уровни F^{19} , о которых сообщалось в ^{/2, 12/}, хорошо согласуются с полученными в настоящей работе.

Сравнение кривой выхода реакции $O^{16}(t, \alpha_0)N^{15}$ из ^{/2/} с полученной в настоящей работе в перекрывающемся диапазоне энергий 1,60 – 1,75 Мэв показывает, что ход кривых одинаков, но в работе ^{/2/} рост выхода примерно в 1,5 раза больше.

В заключение авторы выражают благодарность И.В. Сизову за участие в обсуждении полученных результатов, П.П. Костромину за изготовление слюдяных пленок, а также группе обслуживания электростатического генератора в составе Е.С. Смирнова и Н.Н. Счетчикова.

Л и т е р а т у р а

1. N. Jarmie. Phys. Rev., 98 (1955), 41.
2. C. Gerardin, M. Wery, R. Seltz, D. Magnac-Valette. Compt. Rend., 1965, t. 261, N6, 1512.
3. N. Jarmie and M.G. Silbert. Phys. Rev., 120 (1960), 914.
4. F.H. Read and J.M. Calvert. Nucl. Phys., 41 (1963), 210.
5. A.A. Jaffe, F.S. Barros, P.D. Forsyth, J. Muto, I.J. Taylor, S. Ramavaram. Proc. Phys. Soc., 76 (1960), 914.
6. S. Hinds, H. Marchant, R. Middleton. Nucl. Phys., 38 (1962), 81.
7. R. Middleton and D. J. Pullen. Nucl. Phys., 51 (1964), 63.
8. D. J. Pullen, A.E. Litherland, S. Hinds, R. Middleton. Nucl. Phys., 36 (1962), 1.

9. А.М. Говоров, Ли Га Ен, Г.М. Осетинский, В.И. Салацкий, И.В. Сизов. Препринт ОИЯИ, Р-726, Дубна, 1981.
10. S.K. Allison and S.D. Warshaw. Rev. Mod. Phys., 25 (1953), 779.
11. А.М. Говоров, Ли Га Ен, Г.М. Осетинский, В.И. Салацкий, И.В. Сизов. ЖЭТФ, 41 (1961), 703.
12. J.P. Blaier, F. Voem, P. Marmier, P. Scherrer. Helv. Phys., 24 (1951), 465.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 июня 1986 г.

Таблица I

Дифференциальные сечения реакций $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$ и $O^{16}(t, p)O^{18}$
под углом 90° л.с.

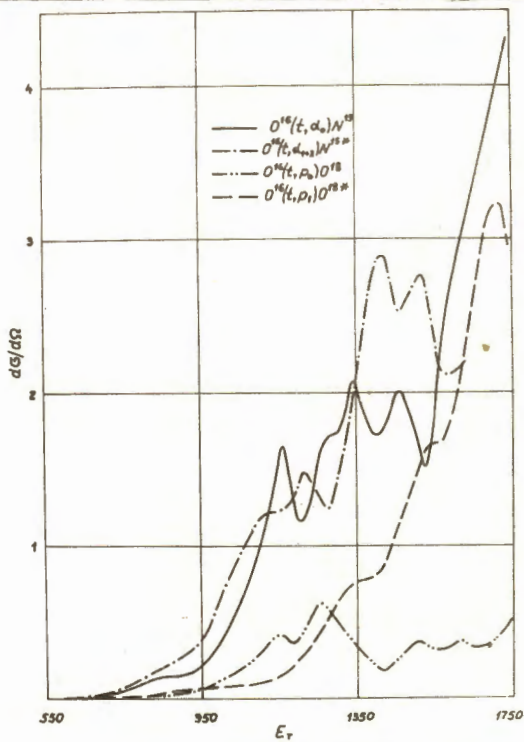
Энергия ионов третия, кэВ	$O^{16}(t, \alpha)N^{15}$		$O^{16}(t, \alpha_{+2})N^{15*}$		$O^{16}(t, p)O^{18}$		$O^{16}(t, p)O^{18*}$	
	сечение,	эксперим.	сечение,	эксперим.	сечение,	эксперим.	сечение,	эксперим.
	<u>мбарн</u> стерад.	<u>ошибка,</u> <u>мбарн</u> стерад.	<u>мбарн</u> стерад.	<u>ошибка,</u> <u>мбарн</u> стерад.	<u>мбарн</u> стерад.	<u>ошибка,</u> <u>мбарн</u> стерад.	<u>мбарн</u> стерад.	<u>ошибка,</u> <u>мбарн</u> стерад.
590			0,010	0,004				
610	0,002	0,001	0,014	0,006				
625	0,005	0,002	0,016	0,006				
640	0,008	0,002	0,019	0,008	0,003	0,001		
650	0,009	0,002	0,021	0,005	0,003	0,001		
675	0,015	0,003	0,030	0,006	0,004	0,001		
700	0,022	0,004	0,043	0,008	0,006	0,002		
725	0,028	0,004	0,062	0,009	0,008	0,002		
750	0,050	0,007	0,089	0,013	0,011	0,002		
760	0,060	0,009	0,100	0,015	0,012	0,002	0,010	0,002
775	0,075	0,011	0,117	0,018	0,014	0,002	0,015	0,002
800	0,100	0,012	0,151	0,019	0,018	0,002	0,022	0,003
825	0,124	0,012	0,185	0,018	0,023	0,002	0,030	0,004
850	0,148	0,012	0,209	0,021	0,030	0,002	0,040	0,005
875	0,150	0,011	0,253	0,025	0,037	0,003	0,049	0,006
900	0,151	0,011	0,287	0,029	0,046	0,003	0,058	0,007
925	0,177	0,012	0,33	0,03	0,058	0,003	0,064	0,008
950	0,231	0,016	0,39	0,04	0,078	0,005	0,069	0,008
975	0,283	0,020	0,51	0,05	0,104	0,006	0,074	0,009
1000	0,38	0,02	0,68	0,07	0,132	0,007	0,080	0,009
1025	0,49	0,02	0,82	0,06	0,162	0,008	0,086	0,009
1050	0,63	0,03	0,94	0,07	0,202	0,010	0,093	0,009
1075	0,79	0,03	1,07	0,07	0,256	0,013	0,101	0,010
1100	0,99	0,03	1,19	0,07	0,312	0,014	0,109	0,011
1125	1,25	0,04	1,23	0,06	0,385	0,015	0,122	0,012
1140	1,43	0,04	1,23	0,06	0,420	0,017	0,139	0,014
1150	1,54	0,05	1,23	0,06	0,427	0,017	0,155	0,014
1160	1,64	0,05	1,23	0,06	0,423	0,017	0,176	0,014
1180	1,40	0,04	1,29	0,06	0,374	0,015	0,218	0,017
1187	1,31	0,04	1,32	0,07	0,366	0,015	0,232	0,019
1195	1,22	0,04	1,36	0,07	0,378	0,015	0,248	0,020
1200	1,19	0,04	1,39	0,07	0,400	0,016	0,260	0,021
1210	1,16	0,04	1,46	0,07	0,448	0,018	0,285	0,023
1215	1,18	0,04	1,49	0,07	0,470	0,019	0,30	0,03
1225	1,25	0,04	1,46	0,07	0,517	0,021	0,33	0,03

Энергия ионов трития, кэВ	$O^{16}(t, \alpha_0)N^{15}$		$O^{16}(t, \alpha_{1+2})N^{15*}$		$O^{16}(t, p_0)O^{18}$		$O^{16}(t, p_1)O^{18*}$	
	сечение, мбарн стерад.	эксперим. ошибка, мбарн стерад.	сечение, мбарн стерад.	эксперим. ошибка, мбарн стерад.	сечение, мбарн стерад.	эксперим. ошибка, мбарн стерад.	сечение, мбарн стерад.	эксперим. ошибка, мбарн стерад.
I250	1,55	0,05	1,35	0,08	0,630	0,025	0,42	0,03
I255	1,58	0,05	1,33	0,09	0,634	0,025	0,43	0,03
I275	1,70	0,05	1,25	0,09	0,575	0,023	0,52	0,04
I280	1,72	0,05	1,25	0,09	0,560	0,028	0,54	0,04
I300	1,73	0,05	1,44	0,10	0,495	0,025	0,64	0,04
I325	1,95	0,06	1,77	0,12	0,415	0,021	0,72	0,05
I340	2,07	0,06	1,99	0,14	0,367	0,018	0,76	0,05
I350	2,01	0,06	2,14	0,13	0,338	0,020	0,77	0,05
I360	1,92	0,06	2,28	0,11	0,313	0,019	0,78	0,05
I375	1,82	0,05	2,51	0,13	0,274	0,016	0,78	0,05
I390	1,73	0,05	2,75	0,13	0,235	0,014	0,79	0,05
I400	1,72	0,05	2,86	0,14	0,210	0,013	0,81	0,05
I415	1,73	0,05	2,90	0,14	0,185	0,011	0,85	0,05
I425	1,79	0,05	2,86	0,14	0,200	0,012	0,91	0,05
I450	1,97	0,06	2,60	0,13	0,260	0,016	1,09	0,06
I460	2,00	0,06	2,53	0,13	0,283	0,017	1,16	0,06
I475	1,94	0,06	2,59	0,13	0,318	0,019	1,26	0,06
I500	1,73	0,05	2,71	0,14	0,377	0,023	1,44	0,07
I505	1,67	0,05	2,74	0,14	0,385	0,023	1,48	0,07
I515	1,58	0,05	2,77	0,14	0,373	0,022	1,55	0,08
I525	1,51	0,05	2,72	0,14	0,361	0,022	1,62	0,08
I530	1,55	0,05	2,66	0,13	0,353	0,021	1,65	0,08
I540	1,70	0,05	2,52	0,13	0,340	0,020	1,66	0,08
I550	1,89	0,06	2,40	0,12	0,328	0,020	1,66	0,08
I558	2,08	0,06	2,17	0,11	0,322	0,019	1,66	0,08
I575	2,44	0,07	2,13	0,11	0,337	0,020	1,70	0,08
I600	2,79	0,10	2,13	0,11	0,375	0,026	1,91	0,09
I613	2,94	0,12	2,16	0,11	0,389	0,027	2,07	0,10
I625	3,06	0,12	2,20	0,11	0,373	0,026	2,23	0,11
I650	3,34	0,13			0,344	0,024	2,60	0,13
I675	3,62	0,14			0,357	0,025	2,97	0,15
I700	3,89	0,15			0,394	0,028	3,20	0,16
I713	4,03	0,16			0,420	0,029	3,23	0,16
I720	4,11	0,16			0,437	0,031	3,21	0,16
I730	4,22	0,17			0,473	0,033	3,11	0,16
I740	4,30	0,17			0,516	0,036	2,95	0,15

Таблица 2

Резонансы в реакциях $O^{16}(t, \alpha)N^{15}$ и $O^{16}(t, p)O^{18}$

Энергия ионов трития, кэВ				Уровни энергий F^{18} , кэВ	
$O^{16}(t, \alpha_0)N^{15}$	$O^{16}(t, p_0)O^{18}$	$O^{16}(t, p_1)O^{18}*$	$O^{16}(t, \alpha_{++2})N^{15}*$	настоящая работа	известные уровни
855 ± 30				12413 ± 30	
1160 ± 15	1150 ± 15		1110 ± 30	12661 ± 15	
1270 ± 30	1255 ± 18		1215 ± 18	12750 ± 20	12780 /12/
1342 ± 20		1340 ± 30		12822 ± 20	
1460 ± 20			1413 ± 21	12922 ± 20	
	1505 ± 22	1535 ± 30	1515 ± 22	12973 ± 25	
	1613 ± 24			13051 ± 25	13070 ± 40 /2/
		1713 ± 26		13136 ± 25	



Дифференциальные сечения реакции $O^{16} + T$ под углом 90° л.с. Энергия в кэВ, сечения в мб/стер.