

10
Ф-71
736



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Г.Н. Флеров В.В. Волков Л. Поморский
Я. Тыс

P - 736

ОБРАЗОВАНИЕ ЯДЕР N^{17}
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

ЖЭТФ, 1961, т41, в5, с 1365.

Г.Н. Флеров В.В. Волков Л. Поморский^{х/}
Я. Тыс^{хх/}

1079/2 чр

ОБРАЗОВАНИЕ ЯДЕР **N**¹⁷
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

^{х/} Центр ядерных исследований - Краков, Польша.

^{хх/} Институт ядерных исследований - Варшава, Польша.

А н н о т а ц и я

В работе предлагается новый метод изучения реакций передачи, путем использования регистрации нейтроно-активных ядер. На циклотроне тяжелых ионов Объединенного института ядерных исследований проведено облучение мишеней из Li, C, Al и Cu ионами N^{15} , O^{16} , Ne^{22} . Во всех случаях наблюдалось образование ядер N^{17} . Получены сечения образования N^{17} при облучении указанных мишеней ионами N^{15} с энергией 95 Мэв. Для ионов O^{16} и Ne^{22} измерен выход N^{17} из толстых мишеней.

Abstract

A new method of investigation of the transfer reaction, by using the detection of the delay neutron activity of nuclei is proposed. The targets Li, C, Al, and Cu have been bombarded with ions N^{15} , O^{16} , Ne^{22} on the accelerator of Joint Institute of Nuclear Research in Dubna. Nuclei N^{17} were observed in all these cases. Cross sections for production of N^{17} by bombardment of the targets mentioned above with 95 MeV ions N^{15} , have been obtained. Yield of N^{17} from thick targets C, Al and Cu for the ions O^{16} and Ne^{22} has been measured.

Среди многих типов реакций с тяжелыми ионами большой интерес представляют реакции, возникающие при краевых столкновениях ядер мишени с ядрами налетающих частиц. При столкновениях такого рода может происходить непосредственная передача одного или даже целой группы нуклонов от одного ядра к другому без образования составного ядра.

Эти реакции получили в последнее время название "реакции передачи" (transfer reactions).

Поскольку такие процессы происходят на поверхности ядер, можно надеяться, что их изучение даст сведения о состояниях периферийных нуклонов ядра.

В ряде работ^{/1-13/} наблюдался захват нейтрона, протона и α -частицы. Захват двух нейтронов наблюдался в работе^{/14/}, передача более крупных фрагментов - в работе^{/18/}.

При изучении реакции передачи обычно используют регистрацию β -активных продуктов реакции.

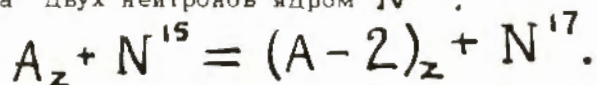
В настоящей работе была сделана попытка исследовать реакции передачи с помощью другой экспериментальной методики.

Принцип метода

При облучении ядер различными лучками тяжелых ионов одним из возможных продуктов реакции передачи может быть N^{17} , который является эмиттером запаздывающих нейтронов с периодом полураспада, равным 4,15 сек^{/17,18/}. Уникальный характер нейтронной активности в области неделящихся ядер позволяет надежно избавиться от фона, создаваемого радиоактивным излучением продуктов других реакций, что особенно важно при изучении реакций, обладающих малым эффективным сечением.

В реакциях могут образоваться и другие нейтроно-активные ядра, такие как $Li^9 / T_{1/2} = 0,16 \text{ сек}/^{17/}$ и $C^{18} / T_{1/2} = 0,74 \text{ сек}/^{19/}$, однако, ввиду значительного различия в периодах полураспада их разделение не будет представлять трудностей. Более того, предлагаемый метод позволит обнаружить новые ядра - эмиттеры запаздывающих нейтронов.

Первоначально предполагалось использовать этот метод для изучения реакции "подхвата" двух нейтронов ядром N^{15} :



Однако из проведенных нами экспериментов видно, что он с успехом может быть использован и для изучения других реакций "передачи".

1. Аппаратура и измерение

Эксперименты проводились на внутреннем пучке циклотрона тяжелых ионов Объединенного института ядерных исследований. Для регистрации нейтронной активности N^{17} использовались пропорциональные счетчики с BF_3 , помещенные в замедлитель из плексигласа. /Рис. 1/. Плексигласовый блок имел размеры 140x250x340 мм с вырезом в средней части для мишени. Блок помещался внутри медного чехла, охлаждаемого водой; в чехле смонтирован также катодный повторитель на транзисторе. Восемь пропорциональных счетчиков диаметром 2 см и длиной 25 см размещались двумя группами в верхней и нижней части блока. Поскольку все счетчики имели практически совпадающие счетные характеристики, их катоды были соединены вместе и на них подавалось высокое напряжение.

Блок-схема экспериментальной аппаратуры представлена на рис. 2. Импульс, возникавший в любом из счетчиков, поступал на вход катодного повторителя, затем по кабелю передавался на вход линейного усилителя и далее на амплитудный дискриминатор и временной тринадцатиканальный анализатор. Параллельно к анализатору был подключен пересчетный прибор типа "Флокс". Путем ряда проб было найдено, что наиболее подходящим режимом работы счетчика является режим, в котором напряжение на счетчике составляет 3000 вольт, коэффициент радиотехнического усиления 400 и порог дискриминатора 25 в. В этих условиях эффективность детектора составляла 0,5% для полониево-бериллиевого источника, помещенного в месте нахождения мишени. Собственный фон в присутствии Co^{60} /2 МС/ составлял два импульса в минуту.

Так как пропорциональные счетчики нейтронов должны были работать в магнитном поле циклотрона, предварительно был сделан опыт по определению

влияния магнитного поля на их счетные характеристики. Оказалось, что магнитное поле, направленное перпендикулярно к оси счетчика, не изменяет его счетную характеристику.

С целью проверки разработанной нами методики были облучены толстые мишени из Li_2CO_3 , Al , Cu и графита пучками ионов $\text{N}^{15(3+)}$ и $\text{O}^{16(3+)}$. Графит облучался также ионами $\text{Ne}^{22(4+)}$. Вид головки мишени показан на рисунке 16.

При облучении алюминия и меди, все части головки мишени, на которые падал пучок, делались из одного материала. При облучении графита и Li_2CO_3 для задержки однозарядных ионов использовалась алюминиевая фольга, толщиной 15 микрон. В двух последних случаях вклад от "посторонних" элементов оценивался из данных, полученных с алюминием и медью.

Интенсивность пучка, измерявшаяся с помощью интегратора тока, находилась в пределах от 0,05 до 0,5 μA . Энергия бомбардирующих ионов определялась по радиусу пучка. Во время измерений циклотрон работал в импульсном режиме. Поскольку период полураспада N^{17} равняется 4,15 сек, мишень облучалась 30 сек, затем снималось высокочастотное напряжение на дуантах и в течение 30 сек регистрировалась нейтронная активность.

В момент выключения пучка автоматически включалось напряжение на счетчике детектора, а затем включался временной анализатор и пересчетный прибор. В момент включения пучка автоматически выключалось напряжение на счетчиках.

Для каждого значения энергии ионов проводилось 4-5 циклов облучения.

Результаты измерений
а/ Облучение ионами N^{15} .

Для наблюдения реакции "подхвата" двух нейтронов были облучены Li , C , Al и Cu . Литий (естественная смесь изотопов) был взят в виде соли Li_2CO_3 ; углеродная мишень была сделана из чистого графита. Во всех случаях наблюдалось образование нейтронной активности, которая распадалась с периодом полураспада 4 сек. Типичная картина распада показана на рис. 3. По выходу из толстой мишени было рассчитано эффективное сечение реакции. Необ-

ходимые для этого расчета значения пробега N^{15} были вычислены по формулам, приведенным в работе /20/.

б/ Облучение ионами O^{16} и Ne^{22} .

Образование 4-х секундной нейтронной активности наблюдалось также при облучении перечисленных выше мишеней ионами O^{16} и мишеней Li и C ионами Ne^{22} . Выход этих реакций приведен в таблице II. Можно предполагать, что N^{17} в этих случаях возникает в результате реакций, в которых ядро O^{16} отдает ядру мишени протон и захватывает у него 2 нейтрона. Ядро Ne^{22} отдает протон и α -частицу. Не исключена возможность, что N^{17} на легких ядрах образуется в результате распада сильно возбужденного компаунд-ядра, в качестве одного из его фрагментов.

Для окончательного решения этого вопроса необходимы дальнейшие более детальные исследования. Однако независимо от окончательного решения этого вопроса, полученные результаты показывают, что нейтронная активность N^{17} может быть успешно использована для изучения широкого круга реакций передачи.

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность всем сотрудникам циклотронной группы, обеспечившим бесперебойную работу машины, в особенности Ю.Ц. Оганесяну, Ю.В. Лобанову, А.С. Пасюку, Б.Н. Маркову, И.А. Шелаеву, В.А. Шеголеву. Мы благодарны также А.Ф. Линеву и Л. Кумпф за конструирование и изготовление временного анализатора и А.Н. Филиппону за испытание пробника на вакуум.

Т а б л и ц а 1.
Эффективное сечение реакции $N^{15} \rightarrow N^{17}$ для энергии ионов N^{15} , равной 95 МэВ и значение Q для этих реакций.

Мишень	σ см ²	Q , МэВ
Li_2CO_3	$1,2 \cdot 10^{-28}$	- 4,40 ^{x/}
Cu	$4,6 \cdot 10^{-29}$	-10,85 ^{xx/} - 9,38 []]
Al	$3,8 \cdot 10^{-29}$	-16,05
C	$1,2 \cdot 10^{-29}$	-23,68

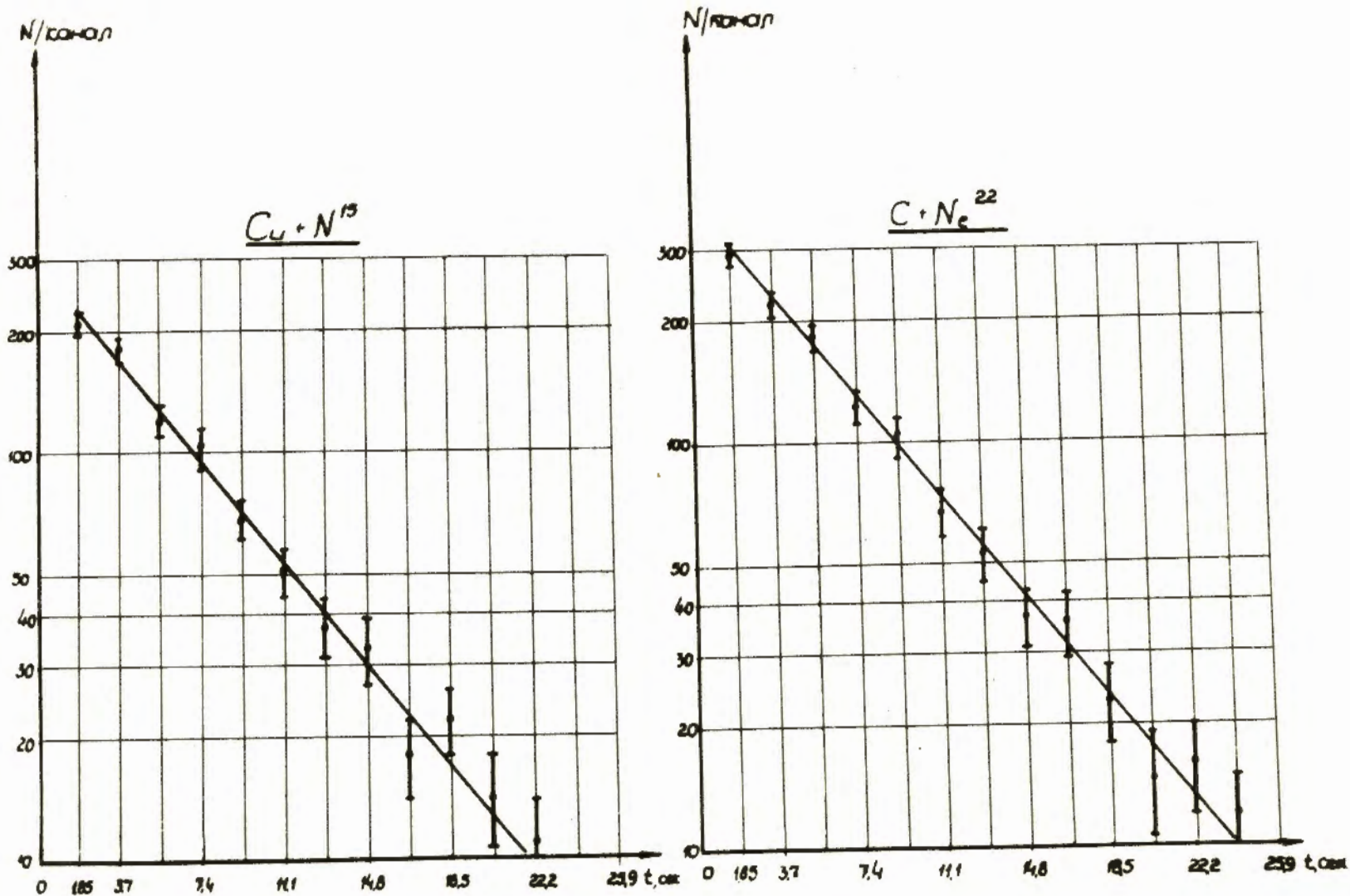
Значение Q вычислялось по массам изотопов из таблиц А.Н. Wapstra
Physika XXI 1955.

Т а б л и ц а II.
Выход N^{17} на одну бомбардируемую частицу, при облучении мишени из C , Al и Cu ионами O^{16} с энергией 95 МэВ и Ne^{22} с энергией 184 МэВ

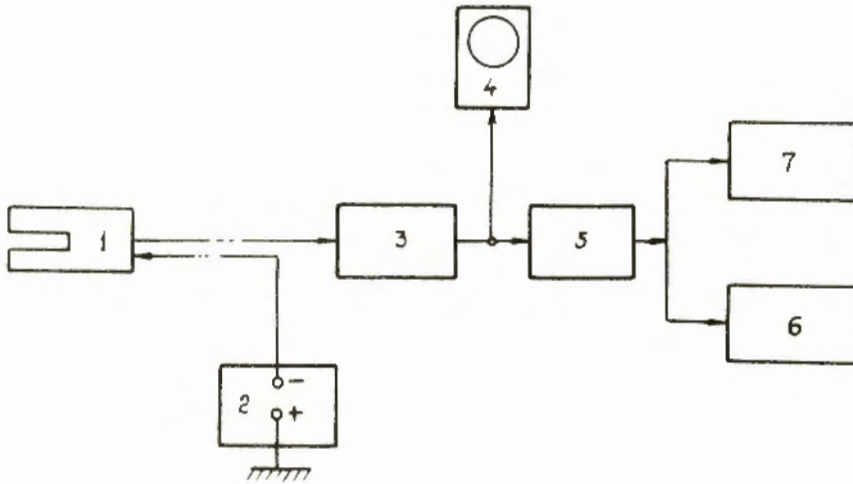
Мишень	O^{16}	Ne^{22}
C	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
Al	$1,2 \cdot 10^{-7}$	-
Cu	$3,0 \cdot 10^{-7}$	-

^{x/} Q -Вычислено для Li^7 Вклад от C и O не учитывался.

^{xx/} Значение Q для Cu^{63} , Cu^{65} соответственно.



Р и с. 3. Типичные кривые распада нейтронной активности, для реакции $Cu + N^{15}$ и $C + Ne^{22}$.



Р и с. 2.

Блок-схема измерительной аппаратуры

1. Детектор нейтронов.
2. Высоковольтный выпрямитель.
3. Линейный усилитель.
4. Осциллограф.
5. Амплитудный дискриминатор.
6. Временной анализатор.
7. Пересчетный прибор.

Разрез по А-А

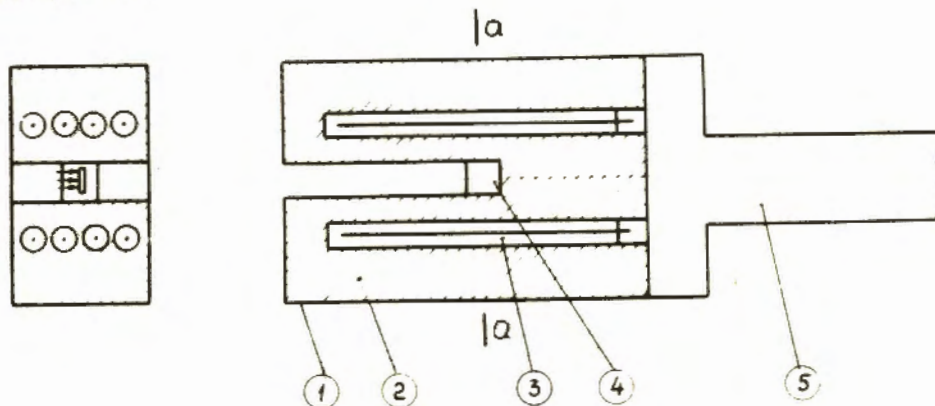


Рис 1а

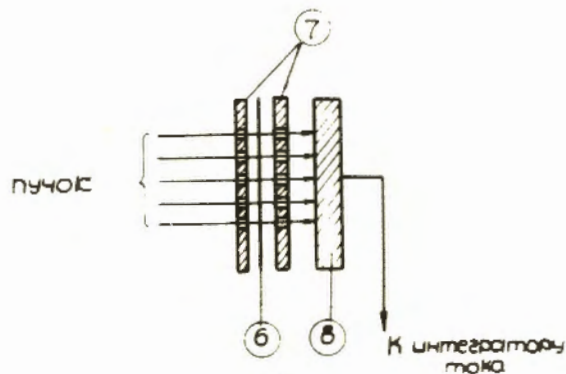


Рис 1б

Р и с. 1.

Общий вид детектора

1. Медный кожух. 2. Замедлитель из плексигласа. 3. Счетчики с BF_3 .
4. Головка мишени. 5. Труба-держатель пробника.
6. Защитная фольга из алюминия. 7. Решетки коллиматора.
8. Мишень - коллектор тока.

Л и т е р а т у р а

1. K.F. Chacket, J.H. Fremlin, Phil.Mag. 45, 735 (1954).
2. K.F. Chacket, J.H. Fremlin. Phil.Mag. 46, 1 (1955).
3. A. Zucker, H.L. Reynolds. Phys.Rev. 94, 748 (1954).
4. H.L. Reynolds, A. Zucker. Phys.Rev. 101, 166 (1956).
5. H.L. Reynolds, D.W. Scott, A. Zucker. Phys.Rev. 102, 237 (1956).
6. W.H. Webb, H.L. Reynolds, A. Zucker. Phys.Rev. 102, 749 (1956).
7. M.L. Halbert, T.H. Handley, J.J. Pinajin, W.H. Webb, A. Zucker. Phys.Rev. 106, 251 (1957).
8. В.В. Волков, А.С. Пасюк, Г.Н. Флеров. ЖЭТФ, 39, 595 /1957/.
9. R.Kaufmann, R.Wolfgang. Phys.Rev.Lett. 3, 232 (1959). Phys.Rev. 121, 198 (1961).
10. M.L. Helbert, A. Zucker. Phys.Rev. 108, 336 (1957).
11. C.E. Anderson, W.J. Knox. Phys.Rev.Lett. 3, 557 (1959).
12. J.A. McIntyre, T.L. Watts, F.C. Jobs. Phys.Rev. 119, 1331 (1960).
13. Kenneth S. Toth. Phys.Rev. 121, 1190 (1961).
14. В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопьян, В.И. Хализев. ЖЭТФ, 38, 748 /1958/.
15. Д.Ф. Алхазов, Ю.П. Гангрский, И.Х. Лемберг. ЖЭТФ, 33, 1180 /1957/.
16. R.Kaufmann, R. Wolfgang. Phys.Rev. 121, 192 (1961).
17. D. Strominger, J.M. Hollander, G.J. Seaborg. Rev.Mod.Phys. 30, 606 (1958).
18. L.W. Alvarez. Phys.Rev. 75, 1127 (1949).
19. S. Hinds, R. Middleton. Phys.Rev.Lett. 6, 113 (1961).
20. L.C. Northcliffe. Phys.Rev. 120, 1744 (1960).

Рукопись поступила в издательский отдел

18 апреля 1961 г.