

Ю. А. НЕМИЛОВ и Л. И. ГЕДЕОНОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОНОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ
БОМБАРДИРОВКЕ МАГНИЯ ДЕЙТОНАМИ**

(Представлено академиком П. И. Лукирским 18 IX 1948)

Для определения энергии протонов, получающихся в результате расщепления магния, около мишени, облучаемой дейтонами, устанавливалась обычная фотопластинка, защищенная клиновидным ступенчатым фильтром, составленным из листков алюминиевой фольги. Если бы все протоны вылетали из мишени с одинаковыми энергиями, то следовало бы ожидать, что в тех местах, где фотопластинка закрыта толстым участком клина, непроницаемым для протонов, она останется незатемненной. Там, где протоны проходят фильтр и заканчивают свой пробег вблизи границы между фотоэмульсией и стеклом пластинки, следует ожидать наибольшего потемнения, так как в конце пробега частицы более интенсивно возбуждают зерна фотоэмульсии. На тех же участках, где протоны пронизывают и фильтр и эмульсию и заканчивают свой пробег в глубине стекла пластинки, потемнение должно быть несколько меньше.

Практически, на облученных пластинках появлялись полосы с различной степенью потемнения, свидетельствующие о наличии групп протонов с различными энергиями. По положению края полосы и толщине фильтра в соответствующем месте определялась энергия группы протонов. В наших опытах фотопластинка, закрытая клиновидным фильтром, располагалась так, что на нее могли попадать протоны, вылетающие из мишени под углами от 90° до 150° к направлению движения первоначального пучка дейтонов. Энергия дейтонов была $3,9 \text{ MeV}$. Магниева мишень получалась напылением в вакууме и имела толщину $2-3 \mu$. Для более точного определения границ спада потемнения, а следовательно, и энергий различных групп частиц, возникающих при ядерной реакции, пластинки фотометрировались. График результатов фотометрирования одной из пластинок представлен на рис. 1. По вертикальной оси отложен коэффициент потемнения (непрозрачность) пластинки, т. е. отношение интенсивности света, проходящего через неэкспонированную часть пластинки, к интенсивности света, проходящего в заданном месте; по горизонтальной оси — расстояние от края фильтра. Для наглядности внизу условно изображен фильтр. Группа (А) протонов с наибольшей энергией на данном снимке отсутствует, она получена с более толстым фильтром. Вообще применялся ряд фильтров с различной начальной и конечной толщиной.

Такие графики вычерчивались в крупном масштабе для каждой пластинки. По числу слоев фильтра, пройденных частицами, определялся пробег этих частиц, причем учитывались все геометрические

условия опыта. Переход от величины пробега к энергии производился по данным Ливингстона и Бете (1). Одновременно по фотометрическим данным определялась относительная интенсивность групп. При этом предполагалось, что между плотностью частиц, упавших на пластинку, и коэффициентом потемнения (непрозрачностью) существует прямая пропорциональность. Это хорошо выполняется, в известных пределах, для световых квантов. Мы проделали контрольный опыт, в котором убедились, что непрозрачность пластинки пропорциональна

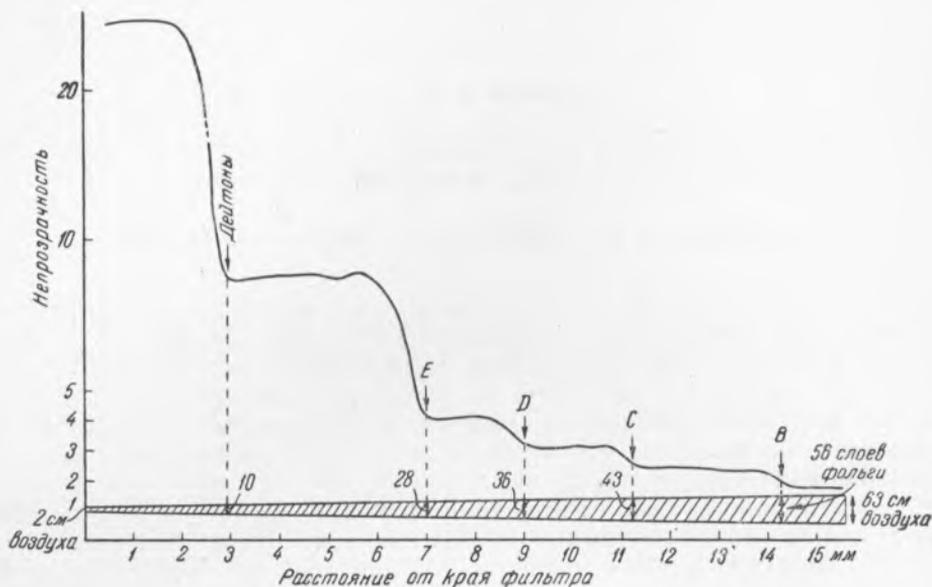


Рис. 1. Потемнение фотоэмульсионной пластинки, облученной продуктами реакции при бомбардировке магния дейтронами

числу α -частиц, вызвавших потемнение, для всего диапазона степеней потемнения, встречавшихся на наших пластинках в опытах с реакцией (d, p). Однако вследствие трудности учета разницы в почернении, вызываемом различными группами протонов, неточности учета фона γ -лучей, неидентичности экспозиций и условий проявления пластинок, интенсивности групп протонов оценены нами весьма грубо.

Результаты определения энергии и относительной интенсивности групп даны в табл. 1.

Таблица 1

	Группы протонов					Дейтроны
	A	B	C	D	E	
Энергия (MeV) . . .	$7,74 \pm 0,12$	$7,09 \pm 0,14$	$6,11 \pm 0,12$	$5,57 \pm 0,11$	$4,93 \pm 0,10$	$3,94 \pm 0,15$
Оценка относительной интенсивности .	1	2	1,5	3,5	27	—

Группы протонов A, B, C, D получаются при бомбардировке магния дейтронами. Группа E, видимо, принадлежит протонам, испускаемым при расщеплении дейтронами кислорода, содержащегося в мишени.

Эта группа наблюдалась и в других опытах, когда в мишени имелся кислород. Весьма вероятно, что магниевая мишень в наших опытах была частично окислена. Энергия этой группы протонов соответствует с точностью до $\pm 0,2$ MeV образованию в основном состоянии изотопа O^{17} , согласно реакции:



Последняя группа — дейтоны, упруго рассеянные материалом подкладки мишени. Контрольные опыты с чистым серебром или платиной без магния давали только эту последнюю группу упруго рассеянных дейтонов. Отсюда получена энергия дейтонов 3,94 MeV. Все измерения проводились для частиц, вылетающих из мишени под углом $130-150^\circ$ к направлению пучка первичных дейтонов.

Всего было обработано 4 пластинки, облученных с разными фильтрами. В результате промера ряда пластинок средняя ошибка в определении положения края полосы была $\pm 0,2$ мм, что соответствует 1,5 см пробега в воздухе. Проистекающие от этого ошибки в определении энергии групп даны в табл. 1. Магний состоит из трех изотопов: Mg^{24} , Mg^{25} и Mg^{26} , содержание которых составляет соответственно: 77,4, 11,5 и 11,1%. По энергиям реакции, соответствующим группам испущенных протонов, и значениям масс (²) изотопов магния были вычислены уровни энергии возбуждения результирующих ядер.

Вообще говоря, не исключена возможность того, что отдельные найденные нами группы протонов относятся к разным изотопам магния. Если же предположить, что они получаются только при реакции с наиболее распространенным изотопом:



то группы протонов А, В, С, D для невозбужденное состояние (с точностью до $\pm 0,30$ MeV) и три уровня возбуждения ядра Mg^{25} с энергиями $(0,70 \pm 0,27)$ MeV, $(1,70 \pm 0,26)$ MeV и $(2,25 \pm 0,25)$ MeV.

Недавно Поллард, Сэйлор и Уали (³) нашли из реакции $Al^{27} (d, \alpha) Mg^{25}$ два уровня возбуждения ядра Mg^{25} : 0,68 и 1,35 MeV. Первый из этих результатов хорошо, а второй удовлетворительно согласуются с нашими данными. Изучая то же превращение $Al^{27} (d, \alpha) Mg^{25}$, Мак-Милан и Лоуренс (⁴) нашли два значения энергии реакции, дающие величину 0,7 MeV для первого уровня возбуждения Mg^{25} . Эти совпадения свидетельствуют в пользу нашего предположения для первых трех групп протонов и являются еще одним случаем, когда уровни возбуждения конечного ядра получаются одинаковыми из разных реакций. Что касается группы D протонов, то кажется допустимым отнести и ее к реакции $Mg^{24} (d, p) Mg^{25}$, так как интенсивность этой группы того же порядка, что и первых трех.

Если бы предположить реакцию:



то наблюдаемые группы протонов соответствовали бы образованию ядер Mg^{26} в следующих состояниях возбуждения: $(5,70 \pm 0,30)$; $(6,39 \pm 0,30)$; $(7,45 \pm 0,29)$ и $(8,02 \pm 0,28)$ MeV. При этом протонов, которые в этом случае соответствовали бы переходу к основному состоянию, мы не наблюдали.

Реакция:



не могла бы дать в нашем случае группу А протонов, для этого понадобились бы дейтоны с энергией 4,7 MeV. Остальные три группы В, С, D могут получиться при этой реакции и соответствуют образованию ядер Mg^{27} в невозбужденном состоянии (группа В) и двух состояниях возбуждения с энергиями $(0,98 \pm 0,29)$ и $(1,55 \pm 0,28)$ MeV.

Как сопоставление наших результатов с данными других авторов, полученными из других реакций, так и распространенность изотопов магния говорят, скорее всего, что наблюдаемые нами группы протонов относятся к реакции с Mg^{24} .

Считаем своей приятной обязанностью выразить нашу глубокую благодарность акад. П. И. Лукирскому за руководящие указания и советы при выполнении настоящей работы.

Поступило
3 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ M. S. Livingston and H. A. Bethe, Rev. Mod. Phys., 9, 245 (1937).
² S. Mattauch, Nuclear Physics Tables, N. Y., 1946. ³ E. Pollard, V. S. Sailor and L. D. Wyly, Bull. Am. Phys. Soc., 29, No. 3 (1948). ⁴ E. McMillan and E. O. Lawrence, Phys. Rev., 47, 343 (1935).