

Ю. А. НЕМИЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГИЙ ПРОТОНОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ  
ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЯ ДЕЙТОНАМИ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 14 III 1949)

Распределение по энергиям протонов, образующихся при облучении алюминия и кремния дейтонами, изучалось при помощи клиновидного фильтра. Условия опытов были такими же, как и в нашей работе (1). На фотослой, закрытый клиновидным фильтром, могли попадать протоны, вылетающие из мишени под углами от 130 до 150° к направлению движения дейтонов, вызывающих расщепления. Энергия дейтонов равнялась 3,9 MeV.

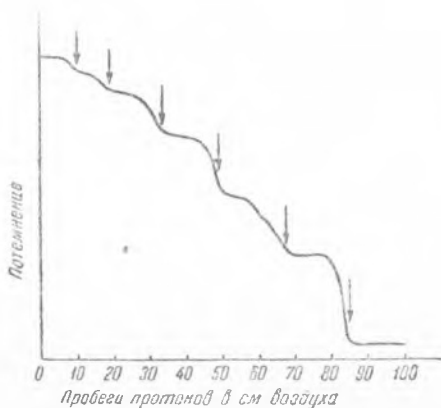


Рис. 1. Потемнения фотопластины, облученной через клиновидный фильтр протонами, образующимися в реакции  $Al^{27}(d, p) Al^{28}$

Мишенью в опытах с алюминием являлась фольга, толщина которой была эквивалентна пробегу частиц в воздухе в 1,1 см. Мишень из кремния готовилась осаждением частиц размерами в несколько микрон, взвешенных в смеси эфира с ацетоном. В качестве подкладки для кремниевой мишени использовалась тонкая платиновая фольга. Толщина слоя кремния при этом соответствовала примерно 1 мг на площадь мишени в 1 см<sup>2</sup>. В ряде опытов в качестве кремниевой мишени применялись пленки кварца толщиной около 5 μ.

Протонами от алюминия было облучено 12 пластинок, из них окончательной обработке подверглись 4 наиболее удачных, которые были профотометрированы. По полученным кривым потемнения определялись энергии групп и оценивались их относительные интенсивности.

Одна из этих кривых представлена на рис. 1, где по вертикальной оси отложены «непрозрачности» фотослоя, а по горизонтальной — тол-

щины фильтра, пересчитанные в эквивалентные пробеги в воздухе. Все 4 обработанных снимка были облучены с разными фильтрами, благодаря чему при определении средних ошибок измерений учитывались и неточности фильтров. По измеренным длинам пробегов изотопов разных групп вычислялись соответствующие энергии реакции. Полученные результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Группа протонов	Алюминий		Кремний
	Энергия реакции в MeV	Относительная интенсивность	Энергия реакции в MeV
1	$5,47 \pm 0,15$	1	$6,12 \pm 0,15$
2	$4,37 \pm 0,15$	1,5	$4,95 \pm 0,15$
3	$3,05 \pm 0,10$	3	$4,05 \pm 0,15$
4	$1,78 \pm 0,10$	5,5	$2,49 \pm 0,15$
5	$0,28 \pm 0,10$	7	$1,24 \pm 0,10$

Наиболее короткопробежная группа (рис. 1) принадлежит упруго рассеянными дейтонам. По ней контролировалось значение энергии частиц, бомбардирующих мишень. При оценке относительных интенсивностей групп, из сопоставления вызываемых ими потемнений фотослоя, за единицу принималась интенсивность группы с максимальным пробегом. Пропорциональность непрозрачности фотослоя числу попавших в него частиц проверялась специальными опытами, в которых разные участки фотопластинки облучались  $\alpha$ -частицами от препарата полония в течение различных промежутков времени.

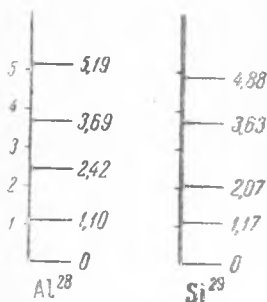


Рис. 2. Возбужденные уровни ядер  $Al^{28}$  и  $Si^{29}$  (в MeV)

Так как существует только один стабильный изотоп алюминия с массовым числом 27, то, очевидно, все наблюдаемые группы протонов могут относиться только к реакции  $Al^{27}(d, p)Al^{28}$ . Максимальное значение энергии реакции, соответствующее образованию ядра  $Al^{28}$  в невозбужденном состоянии, хорошо согласуется с принятыми в настоящее время значениями масс изотопов алюминия (<sup>2</sup>, <sup>3</sup>).

Система возбужденных уровней ядра  $Al^{28}$ , соответствующая найденным величинам энергии реакции, приведена на рис. 2. Группа протонов с пробегом около 67 см (рис. 1) имеет несколько удлиненный участок спадания потемнения, это же можно было заметить и на других пластинках. Возможно, что в действительности здесь на-

ходятся два близких уровня, которые при данных условиях опытов не могут быть разрешены.

Рассматриваемая здесь ядерная реакция изучалась уже рядом авторов (<sup>4-7</sup>). Полученная нами картина уровней возбуждения ядра  $Al^{28}$  не согласуется полностью ни с одним из результатов упомянутых выше работ, так же как и все они расходятся между собою. Все же полученное распределение уровней несколько ближе в результатах Мак-Милана и Лауренса, чем других авторов.

Протонами, возникающими при расщеплении кремния дейтонами, было облучено 5 пластинок. Две из них были получены от мишени из чистого кремния и три — от мишени из кварца\*. Наличие короткопробежных групп протонов от кислорода, содержащегося в кварце, заставляло ограничиваться в этом случае наблюдением только групп

\* Опыты с мишенями из кварца были проведены Б. М. Репкиным.

протонов от кремния с большими пробегами. Получать фотографии, на которых можно было бы видеть одновременно все группы протонов от кремния, не удавалось вследствие значительного различия в их интенсивности. По этой же причине не была произведена и оценка относительных интенсивностей групп протонов.

Для определения пробегов групп протонов с очень малой интенсивностью более надежным оказалось не фотометрировать пластинки, а совмещать с краем какой-либо группы тонкую царепину на стекле и затем измерять микрокомпаратором расстояние от этой царепины до границы затемненного участка фотослоя, соответствующей краю фильтра. Из найденных таким образом пробегов групп протонов были вычислены значения энергий реакции, которые приведены в табл. 1.

Кремний состоит из 3 стабильных изотопов с массовыми числами 28, 29 и 30, относительное содержание которых равно соответственно 92,28, 4,67 и 3,05%. Полученное максимальное значение энергии реакции 6,12 MeV почти точно совпадает с расчетной величиной, полученной из наиболее новых данных относительно масс изотопов кремния<sup>(3)</sup>, если предположить, что соответствующая группа протонов возникает в реакции  $\text{Si}^{28}(d, p)\text{Si}^{29}$  и образующееся ядро  $\text{Si}^{29}$  оказывается в невозбужденном состоянии. Вероятнее всего, что не только наиболее быстрая, но и все остальные группы протонов возникают в этой же реакции с наиболее распространенным изотопом  $\text{Si}^{28}$ .

При таком предположении мы получаем картину возбужденных состояний ядра  $\text{Si}^{29}$ , которая изображена на рис. 2. Отдельные группы протонов могут принадлежать к реакциям с другими изотопами кремния, но только при условии, что их сечения для процесса (d, p) в несколько десятков раз больше, чем наиболее распространенного изотопа  $\text{Si}^{28}$ . Это представляется маловероятным, тем более, что главный конкурирующий процесс (d, n) для всех трех изотопов примерно в одинаковой степени энергетически менее выгоден.

Реакция (d, p) у кремния изучалась также Алленом и Уилкинсоном<sup>(5)</sup>, которые обнаружили группы протонов, соответствующие энергиям реакции 6,16, 4,87, 4,16 и 3,16 MeV. Первые три значения хорошо согласуются с результатами этой работы.

Считаю своим приятным долгом выразить благодарность акад. П. И. Лукирскому за ценные указания и интерес к данной работе.

Радиевый институт  
Академии наук СССР

Поступило  
14 III 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Ю. А. Немилов и Л. И. Гедеонов, ДАН, 63, 115 (1948). <sup>2</sup> S. M. Tatch, Nuclear Physics Tables, N.-Y., 1946. <sup>3</sup> В. Рицлер, Введение в ядерную физику, 1948 (приложение В). <sup>4</sup> E. McMillan and E. O. Lawrence, Phys. Rev., 47, 343 (1935). <sup>5</sup> H. L. Schultz, W. L. Davidson and L. H. Ott, *ibid.*, 58, 1043 (1940). <sup>6</sup> H. R. Allan and C. A. Wilkinson, Proc. Roy. Soc., 194, 131 (1948). <sup>7</sup> E. Pollard, V. Sailor and L. D. Wily, Phys. Rev., 74, 1232 (1948).