

Л. М. ХРОМЧЕНКО

ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ЯДЕР АЛЮМИНИЯ
И БОРА МЕТОДОМ МАГНИТНОГО АНАЛИЗА

(Представлено академиком П. И. Лукирским 23 XII 1953)

В предыдущей статье (4), где излагались опыты по изучению энергетических спектров ядер углерода, кислорода и магния методом магнитного анализа, мы привели описание разработанного нами метода. Целью настоящей работы являлось изучение энергетических спектров ядер Al^{28} и $B^{11,12}$ указанным методом, обеспечивавшим большую разрешающую способность, диапазон энергий возбуждения и статистическую достоверность наблюдаемых групп частиц, чем в работах (1-3).

На рис. 1 (на вклейке к стр. 1017) приведены репродукции пластинок, полученных при облучении Al и B дейтеронами. Первая из пластинок снята без фильтра, две остальные — с фильтром, поглощающим дейтроны и пропускающим протоны, на половине ширины пластинки.

Алюминий. В опытах по изучению $Al^{27}(d, p)Al^{28}$ -реакции мишенью служила алюминиевая фольга толщиной в $0,46 \text{ мг/см}^2$. Спектр Al^{28} нами был исследован при двух энергиях бомбардирующих дейтронов: порядка 3 и 4 Мэв. На рис. 2 приведены микрофотограммы соответствующих пластинок. Из них видно, что ядро Al^{28} обладает весьма густой схемой уровней. Самый большой пик с индексом Al^{27} обусловлен упругим отражением дейтронов от ядра алюминия. По нему определялась энергия первичных дейтронов для каждой пластинки. Остальные группы частиц (пики с индексами Al^{28}) являются протонами от реакции $Al^{27}(d, p)Al^{28}$. Исключо-

Таблица 1
Энергия возбуждения уровней ядра Al^{28} (E^* в Мэв)

№№ линий	Наши данные	Келлер (1)	Энге, Бюхнер и Спердудо(2)	№№ линий	Наши данные	Келлер (1)	Энге, Бюхнер и Спердудо(2)
1	0,980	1,04	0,974 1,015	15	5,396	—	5,372
2	1,597	1,58		16	(5,643)	—	5,735
3	2,152	2,17	1,625	17	5,784	5,80	5,792
4	2,574	2,52	2,137	18	5,968	—	6,011
5	2,929	—	2,578	19	6,148	6,10	6,190
6	(3,334)	—	2,980	20	6,298	—	6,307
7	3,520	3,47	3,342	21	6,438	6,40	—
8	(3,747)	—	3,532	22	6,641	—	—
9	3,934	3,98	3,695	23	6,855	6,90	—
10	4,277	—	3,932	24	7,013	—	—
11	4,469	—	4,307	25	7,197	—	—
12	4,720	—	4,457	—	—	7,40	—
13	4,883	4,83	4,759	26	(7,599)	—	—
14	5,170	5,16	4,898	27	((7,896))	—	—
			5,169	—	—	8,50	—

чением является лишь группа частиц на рис. 2 б с индексом Mg^{25} . Ее следует приписать первому уровню возбуждения Mg^{25} ($E^* \cong 0,5$ Мэв), получающемуся при реакции $Al^{27}(d, \alpha)Mg^{25}$. Эта группа наблюдается при бомбардировке мишени дейтеронами с энергией в 4 Мэв и исчезает при понижении E_d до 3 Мэв.

В табл. 1 приведены средние значения энергии возбуждения для уровней ядра Al^{28} . В ней суммированы данные, полученные из изучения 9 пластинок. Значения энергии, взятые нами в скобки, обусловлены менее четко выраженными линиями и поэтому определены с меньшей точностью.

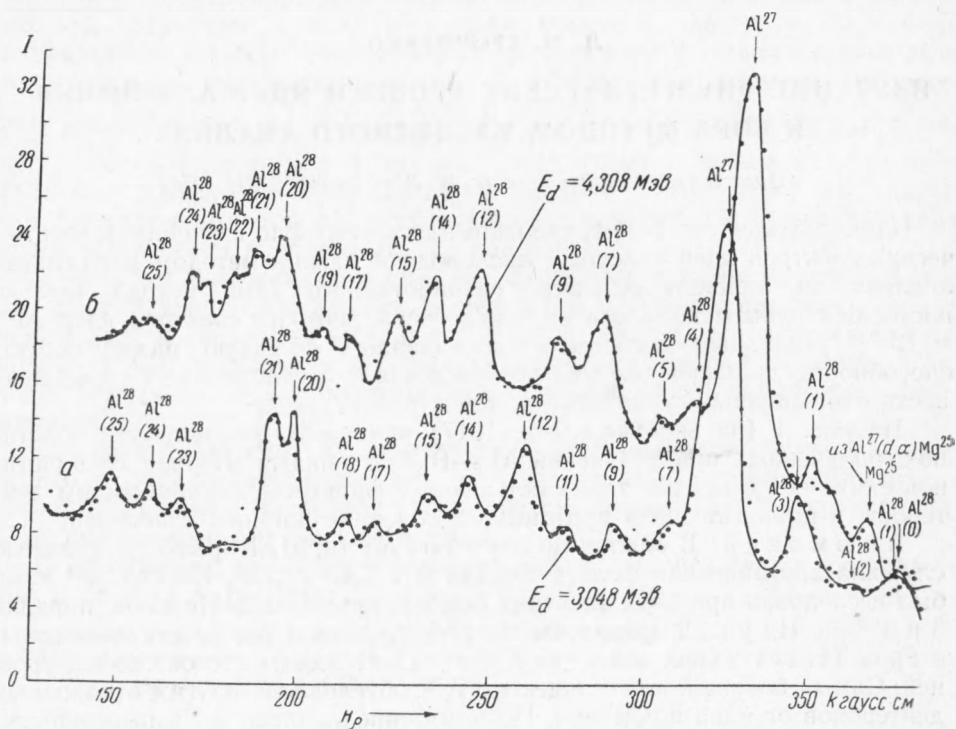


Рис. 2. Спектр алюминия

Результаты наших опытов сравниваются с данными работы Келлера (1), исследовавшего эту же реакцию в несколько большем диапазоне энергий возбуждения, но с заметно меньшей разрешающей способностью: Келлер зарегистрировал 14 протонных групп; у нас, в меньшем интервале энергий, наблюдается 28 групп протонов.

В четвертой колонке табл. 1 приводятся значения энергии возбуждения, сопоставимые с нашими и взятые из работы Энге, Бюхнера и Спердудо (5). Статья эта, опубликованная в процессе нашей работы над алюминием, дает еще более подробную схему энергетических уравнений ядра Al^{28} : в ней наблюдалось 50 групп протонов. Правда, не все из этих уровней кажутся нам достаточно достоверными — некоторые обусловлены слишком слабо выраженными пиками. Схема уровней Энге и др. обрывается, однако, при меньших значениях энергии возбуждения, чем в опытах Келлера и наших.

Для изучения реакции нами было получено среднее значение энергии реакции: $Q_0 = 5,475$ Мэв. В работе Келлера было получено $Q_0 = 5,53$ Мэв; Энге, Бюхнер и Спердудо дают $Q_0 = 5,494$ Мэв. Сопоставление данных табл. 1 показывает, что, помимо ранее опубликованных значений энергии возбуждения уровней ядра Al^{28} , в наших опытах наблюдаются 4 уровня, ранее неизвестных: $E_{22}^* = 6,641$ Мэв, $E_{24}^* = 7,013$ Мэв, $E_{25}^* = 7,197$ Мэв,

$E_{27}^* = 7,896$ Мэв. Четвертый из этих уровней при $E_{27}^* = 7,896$ Мэв, взятый в табл. 1 в двойные скобки, мы не можем считать вполне достоверным по идентификации. Малая интенсивность соответствующей группы не дает возможности исключить его интерпретацию как уровня Al^{27*} .

Неизвестен был до сих пор из (d, p)-реакции и уровень Al^{28} с энергией возбуждения $E_{26}^* = 7,599$ Мэв. Близкий уровень был найден лишь при изучении реакции ($Al^{27} + n$) (8).

Б о р. В опытах с бором мишень готовилась из мелко истертого порошка обычного бора, нанесенного на подкладку из тонкой медной фольги ($t = 0,5 \mu$).

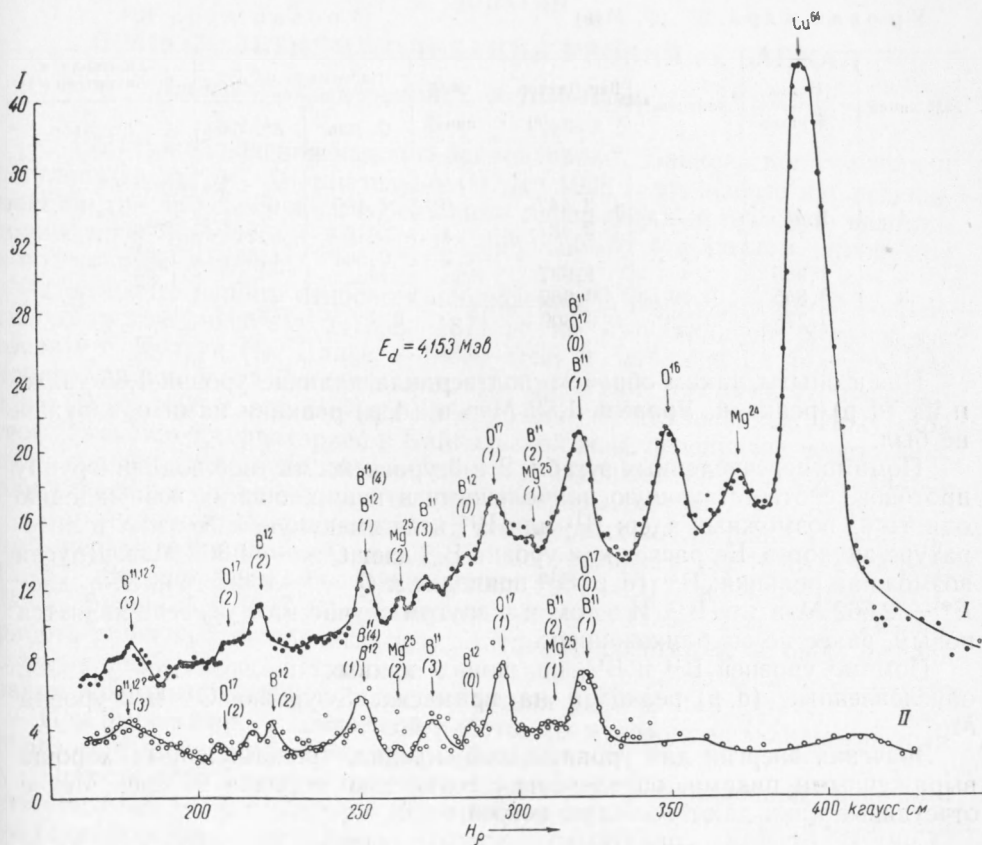


Рис. 3. Спектр бора

На рис. 3 показана микрофотограмма одной из таких пластинок с энергетическим спектром бора. На ней имеются 3 дейтеронных группы на кривой I (микрофотограмма части пластинки без фильтра), отсутствующие на кривой II (то же, но после фильтра). Они обусловлены упругим отражением дейтронов от Cu^{64} и примесей Mg^{24} и O^{16} . Дейтроны, упруго отраженные от B^{11} , совпадают с протонным пиком O^{17} (1).

Для исследования энергетического спектра бора нами были изучены 3 пластинки. Энергия первичных дейтронов в этих опытах была порядка 4 Мэв. Она определялась по упругому отражению от меди, магния и кислорода.

Наличие у бора в сравнимых количествах двух изотопов: B^{10} и B^{11} лишило нас возможности однозначно приписать наблюдаемые группы уровням B^{11} и B^{12} . Там, где имелись литературные данные, такая интерпретация основывалась на сопоставлении с ними. Табл. 2 дает средние значения Q для $B^{10}(d, p)B^{11}$ -реакции. Они сравниваются с соответствующими

щими участками энергетического спектра из работ Бейтсона (2) и Ван-Паттера (3). В табл. 3 даны средние значения энергии уровней ядра В¹², полученных из (d, p)-реакции на основном изотопе бора В¹¹. Они сопоставлены с данными других работ, собранными в обзоре Айзенберга и Лауритсена (9). Значения Q₀ и первый возбужденный уровень В¹² были получены Бюхнером и др. (7) из магнитного анализа протонов от (d, p)-реакции. Уровни В¹² при 0,950; 1,65 и 1,82 Мэв наблюдались Мак-Минном и др. (10) при изучении Ве⁹(α, p)В¹²-реакции.

Таблица 2

Уровни ядра В¹¹ (Q, Мэв)

№№ линий	Наши данные	Бейтсон(2)	Ван-Паттер и др. (3)
—	—	1,36	—
2	1,985	—	1,937
3	0,845	0,70	0,667
4	0,278	0,320	0,309

Таблица 3

Уровни ядра В¹²

№№ линий	Настоящая работа		Айзенберг и Лауритсен (9)
	Q, Мэв	E*, Мэв	E*, Мэв
0	1,100	0	0 (Q ₀ =1,136)
1	0,160	0,940	0,950
2	0,564	1,664	1,65
—	—	—	1,82

Наши опыты, таким образом, подтвердили наличие уровня 1,65 также и из (d, p)-реакции. Уровень 1,82 Мэв в (d, p)-реакции нами обнаружен не был.

Помимо перечисленных в табл. 2 и 3 уровней, мы наблюдали группу протонов, соответствующую наибольшему в наших опытах возбуждению одного из возможных ядер: В¹¹ или В¹² и не имеющую известных в литературе аналогов. Ее расчет как уровня В¹¹ дает Q = — 1,362 Мэв. Другая возможная реакция: В¹¹ (d, p)В¹² приводит к Q = — 1,447 Мэв, т. е. дает E* = 2,562 Мэв для В¹². И в том и в другом случае этот уровень является новым, ранее не опубликованным.

Помимо уровней В¹¹ и В¹², на наших кривых наблюдаются уровни, обусловленные (d, p)-реакцией на примесях: 3 уровня О¹⁷ и 2 уровня Mg²⁵.

Значения энергии для уровней возбуждения, представленных хорошо выраженными пиками, определены с точностью порядка 20 кэв. Менее отчетливые пики дают большую погрешность.

Считаю своим приятным долгом выразить благодарность академ. П. И. Лукирскому и проф. Ю. А. Немилову за неизменный интерес к работе и ее обсуждение.

Поступило
16 XI 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. К. Keller, Phys. Rev., **84**, 884 (1951). ² W. O. Bateson, *ibid.*, **80**, 982 (1950). ³ D. M. Van-Patter, W. W. Buechner, et al., *ibid.*, **82**, 248 (1951). ⁴ Л. М. Хромченко, ДАН, **93**, № 3 (1953). ⁵ H. A. Enge, W. W. Buechner, A. Sperduto, Phys. Rev., **88**, 963 (1952). ⁶ E. Reilley, A. Allen, J. Arthur, et al., *ibid.*, **86**, 857 (1952). ⁷ W. W. Buechner, D. M. Van-Patter, et al., *ibid.*, **74**, 262 (1950). ⁸ D. E. Alburger, E. M. Haffner, Rev. Mod. Phys., **22**, 373 (1950). ⁹ F. Ajzenberg, T. Lauritsen, *ibid.*, **24**, 321 (1952). ¹⁰ W. O. McMinn, M. B. Sampson, V. R. Rasmussen, Phys. Rev., **84**, 963 (1951).