

М. И. КУЗНЕЦОВ, академик П. И. ЛУКИРСКИЙ и Н. А. ПЕРФИЛОВ

ЗАВИСИМОСТЬ ЗАРЯДА ЛИТИЕВЫХ ИОНОВ ОТ ИХ СКОРОСТИ

Как известно, зависимость энергии от пробега подробно изучена для α -частиц и протонов. Это дает возможность довольно точно устанавливать ту же зависимость для одно- и двухзарядных частиц других сопоставимых масс.

В случае многозарядных ядер положение иное, так как в литературе известны лишь немногочисленные измерения пробегов некоторых частиц при отдельных значениях их энергии. Установление теоретическим путем такой зависимости затруднено тем, что, как известно, частицы с большим начальным зарядом теряют свой заряд, захватывая в процессе торможения электроны встречных атомов среды.

Согласно критерию Н. Бора, вероятность захвата электрона будет преобладать над вероятностью его потери ионом в случае, если поступательная скорость иона равна или меньше орбитальной скорости захваченного ионом электрона на вновь образуемой им в этой системе орбите. Этот критерий дает возможность вычислить зависимость энергии от пробега. Однако при сравнении с отдельными экспериментальными результатами он оказался очень приближенным, ввиду чего Брюнингом, Книппом, Теллером и др. был введен в этот критерий поправочный множитель γ :

$$\gamma v_i = v_e,$$

где v_i — скорость иона, v_e — орбитальная скорость электрона. Величина этого множителя обычно берется различной для различных ядер, чтобы удовлетворить опытным данным.

Для ряда ядер, однако, возможно экспериментальное изучение процесса изменения заряда в зависимости от скорости ионов. Нами были для этой цели выбраны быстрые литиевые ионы, получающиеся в толстослойных пластинках Иلفорд С-2 при ядерных расщеплениях. Как известно, частицы Li^8 после β -распада дают Be^8 , распадающийся на две α -частицы. След литиевого ядра и двух α -частиц образует «молоток», что и дает возможность идентифицировать литиевые ядра.

Для изучения процесса перезарядки нами был выбран следующий метод. Вдоль следа Li^8 производилось микрофотометрирование его при помощи фотоумножителя, установленного после окуляра бинокулярной насадки микроскопа. Щель с видимыми размерами $2,5 \times 0,8 \mu$, вставленная в окуляр, выделяла часть следа Si^8 , причем она располагалась вдоль следа. Было изучено таким путем 11 литиевых следов, расположенных в фокусе на всем своем протяжении в поле зрения микроскопа.

Во всех случаях кривые почернения $\frac{I_0 - I}{I_0}$ (где I_0 — интенсивность света, прошедшего через фотослой около следа, а I — интенсивность света, прошедшего через тот же прямоугольник при наличии в нем

части следа) показывали характерные изломы в одних и тех же местах. Однако, вследствие не очень большой точности способа фотометрирования, значения почернения для различных следов в местах между

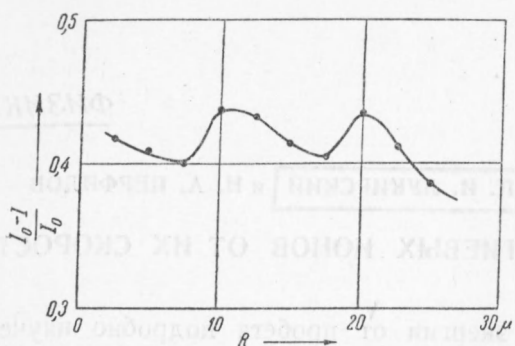


Рис. 1

изломами имели разброс. Зависимость почернения от глубины залегания следа специально изучалась, и соответственные поправки введены в окончательные кривые почернения.

На рис. 1 приведена суммарная кривая для всех изученных следов. Как видно, на кривой, идущей от конца пробега, имеется два резких излома. Эти изломы, естественно, соответствуют процессу изменения заряда иона Li^8 во время его движения. В начале пробега ядро Li^8 имеет тройной

заряд; на расстоянии $\sim 19 \mu$ от конца происходит захват одного электрона. Второй излом расположен на $\sim 9 \mu$ остаточного пробега, он соответствует захвату литием второго электрона. После второго излома литий имеет один заряд с последующими перезарядками и обращением в конце пути в нейтральный атом.

Сравнив получаемую нами на опыте кривую почернения для α -частиц (от 0 до 15μ) с известной зависимостью потери энергии α -частицы ($-dE/dR$) от пробега (данные Богаардта и Виньерона ⁽¹⁾), мы можем установить связь между почернением и потерей энергии.

Пользуясь этой зависимостью, мы можем получить для литиевых ионов зависимость потери энергии от пробега. Соответственная кривая приведена на рис. 2.

Пользуясь этой кривой, мы можем получить зависимость между энергией и пробегом для литиевых ионов. Для этого необходимо только определить постоянную интегрирования, т. е. узнать значение энергии иона лития в начале или в любой точке пробега. В качестве постоянной мы пользовались наиболее надежными экспериментально полученными значениями энергии Li^8 при пробеге $2,54 \mu$ и энергии $1,03$ Мэв по данным Нойендорфера, Инглис и Ханна ⁽²⁾, совпадающими с данными Кьюэра, Лоншана ⁽³⁾ и Фарагги ⁽⁴⁾.

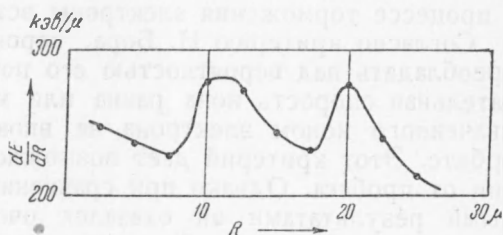


Рис. 2

Таблица 1

R, μ	1	2	2,54	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E, \text{Мэв}$	0,64	0,89	1,03	1,38	1,61	1,85	2,08	2,31	2,56	2,84	3,12	3,39
R, μ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
$E, \text{Мэв}$	3,66	3,92	4,17	4,41	4,64	4,88	5,12	5,40	5,67	5,92	6,16	

В табл. 1 и на рис. 3 приведена зависимость энергии от пробега для Li^8 , полученная таким путем. Необходимо отметить, что данная кривая получена по непосредственным опытным измерениям, в отличие от зависимостей, полученных ранее многими авторами путем вычисления ⁽⁵⁾. На кривой нанесены все известные экспериментально полученные указанными авторами отдельные точки. Как легко видеть,

они хорошо укладываются на найденную нами кривую. На том же рисунке кривая B построена по данным, вычисленным Лоншаном. Как легко видеть, кривая Лоншана ни в какой мере не отражает действительности.

Получив зависимость энергии от пробега, мы можем определить, какими скоростями обладают ионы лития в местах изломов на основной полученной нами зависимости (рис. 2).

Первая перезарядка из трехзарядного иона в двухзарядный происходит около 19μ остаточного пробега, что соответствует скорости $v_i = 11,1 \cdot 10^8$ см/сек, а для второй перезарядки из двухвалентного иона в одновалентный ($\sim 9 \mu$)

$$v_i = 7,8 \cdot 10^8 \text{ см/сек.}$$

Сравнив для первого случая скорости ионов со скоростью первого орбитального электрона лития $v_e = 6,55 \cdot 10^8$ см/сек, мы получаем для коэффициента γ_1 в формуле $\gamma v_i = v_e$ значение $\gamma_1 = 0,60$. Соответственно, для захвата второго электрона имеем $v_e = 5,9 \cdot 10^8$ см/сек и $\gamma_2 = 0,76$.

Таким образом, мы видим, что хотя критерий Н. Бора приблизительно справедлив, но все же потеря ионом электрона начинается и заканчивается при скоростях иона, превышающих орбитальную скорость соответствующего электрона.

Радиовый институт им. В. Г. Хлопина
Академии наук СССР

Поступило
1 XII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ M. Bogaardt, L. Vigneron, J. de phys. et le rad., 11, 652 (1950).
² J. A. Neuendorffer, D. R. Inglis, S. S. Hanna, Phys. Rev., 89, 79 (1951).
³ P. Cüer, J. P. Lonchamp, C. R., 232, 1824 (1951). ⁴ H. Faraggi, Ann. de Phys., 6, 325 (1951). ⁵ J. P. Lonchamp, J. de phys. et le rad., 14, 89 (1953).

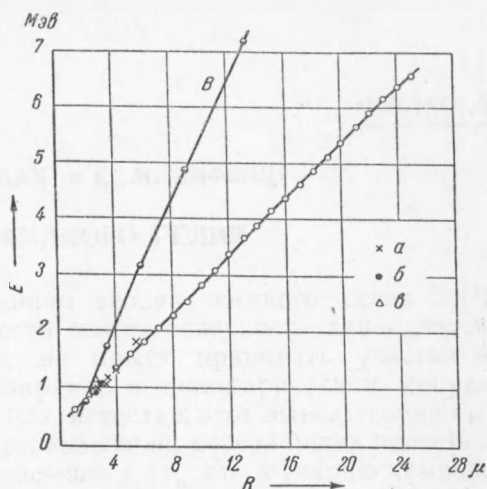


Рис. 3. а — Нойендорфер, б — Фарагги, в — Лоншан