

# Измерение сечений перезарядки и ионизации ионов и атомов водорода с энергией 40—400 кэВ в литии

Б. А. ДЬЯЧКОВ

УДК 621.039.6

Практическое применение лития в установках термоядерного синтеза [1, 2] ставит задачу исследования перезарядных свойств лития, которые пока еще мало изучены. Н. В. Федоренко с сотрудниками измерил сечения перезарядки протонов в литии в диапазоне энергий 10—180 кэВ [3], в работах [4, 5] измерены коэффициенты преобразования ионов  $H_1^+$ ,  $H_2^+$ ,  $H_3^+$  в литии (5—400 кэВ), а также соответствующие оптимальные толщины перезарядных мишеней.

В настоящей работе измерены сечения перезарядки протонов ( $\sigma_{10}$ ) и ионизации нейтралов ( $\sigma_{01}$ ) в литии в диапазоне 40—400 кэВ. Для проведения измерений была

использована установка, описанная в работе [5], в нее были внесены некоторые изменения и дополнения.

В качестве перезарядной мишени использовался направленный поток атомов лития с концентрацией  $\sim (10^{12} - 10^{13})$  атом/см<sup>3</sup>. Расход литиевого потока измерялся калориметрическим методом с использованием высокочувствительного термоядерного детектора.

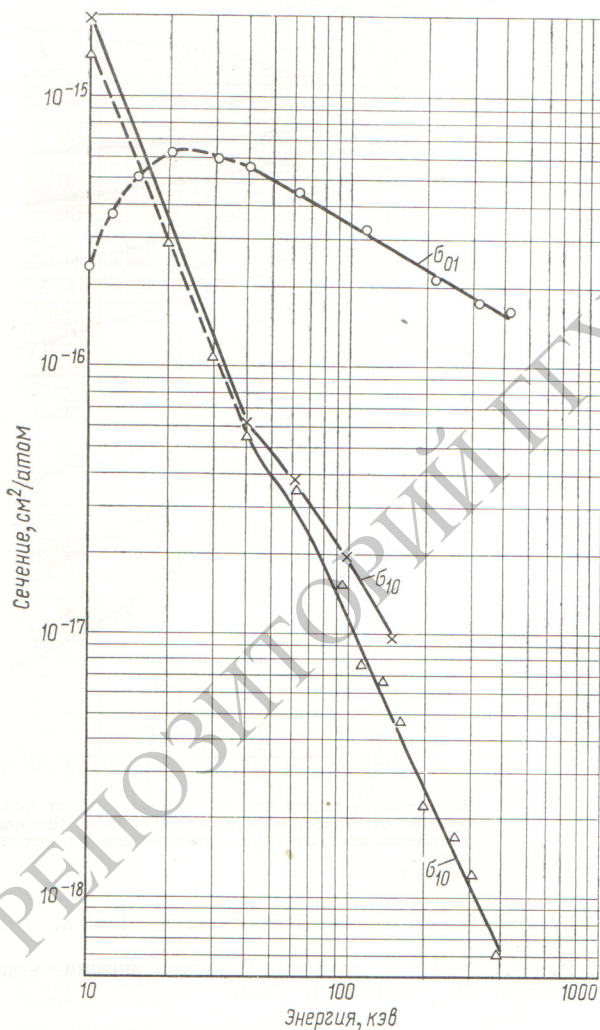
Методика измерения интенсивности компонентов пучка, выходящих из перезарядной мишени, аналогична описанной в работе [5]. Детектор нейтралов был собран на основе термоядерной лампы ЛТ-2, в термокрест которой тугоплавким приютом был припаян серебряный диск диаметром 5 мм и толщиной 10 мкм. Соответствующие сечения определялись по наклону прямой возрастания числа частиц в зависимости от толщины мишени. Вакуумные условия при измерениях были такие же, как в работе [5]. Влияние остаточного газа (фон) учитывалось согласно методике, описанной в работе [6], при этом поток атомов лития перекрывался электромагнитной заслонкой. Значения сечений для каждой энергии частицы получали путем усреднения пяти измерений. Максимальное отклонение измеренных значений сечений от усредненных составляло  $\pm 4\%$ . Скорость потока атомов лития принималась равной среднетепловой в кипятыльнике. Контрольные измерения выхода нейтралов из толстой литиевой струи находятся в удовлетворительном согласии с результатами измерения сечений  $\sigma_{10}$  и  $\sigma_{01}$ . Общая ошибка в измерении  $\sigma_{10}$  и  $\sigma_{01}$  составляет  $\sim (10 - 20)\%$ .

Результаты измерения сечений  $\sigma_{10}$  и  $\sigma_{01}$  в диапазоне 40—400 кэВ, полученные в настоящей работе, приведены на рисунке. Приведены также значения указанных сечений в диапазоне 10—40 кэВ, вычисленные из данных работы [4]. Сшивка двух кривых осуществлена в точке с  $U = 41$  кэВ, где  $U$  — энергия частицы. Для сравнения на рисунке нанесена зависимость  $\sigma_{10}(U)$ , приведенная в работе [3].

В заключение следует отметить, что разработанная в настоящей работе калориметрическая методика определения толщины тонкой струйной литиевой мишени удобна в работе и с успехом может быть использована для исследования перезарядных свойств паров многих металлов.

Автор выражает благодарность Б. К. Шембелю за поддержку работы, Г. А. Горнищину, С. И. Прохорову и Л. С. Шилиной — за помощь при ее выполнении.

№ (339/4597. Статья поступила в Редакцию 30/X 1967 г., в окончательной редакции — 3/XII 1968 г., аннотация — 11/II 1969 г. Полный текст 0,4 а. л., 4 рис., 12 библиографических ссылок.)



Результаты определения сечений  $\sigma_{10}$  и  $\sigma_{01}$ :

— — данные настоящей работы; — — — — рассчитано из зависимости выхода нейтралов от толщины толстой струи; × — из работы [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Thermonuclear Division Semiannual Progress Report. ORNL-3564, 1963, p. 16; ORNL-3652, 1964, p. 28.
2. Г. Ф. Богданов, А. Н. Кархов, Ю. А. Кучеряев. «Атомная энергия», 19, 381 (1965).

3. Р. Н. Ильин и др. ЖТФ, 36, 1241 (1966).  
 4. Б. А. Дьячков, В. И. Зиненко. «Атомная энергия», 24, 18 (1968).  
 5. Б. А. Дьячков. ЖТФ, 38, 1259 (1968).  
 6. Я. М. Фогель. «Успехи физ. наук», 71, 243 (1960).

## Магнитные поверхности тороидального винтового поля вблизи сепаратрисы

А. В. КОМИН, Л. С. КРАСИЦКАЯ, В. П. МИНАЕВ

УДК 533.9

Для винтового тороидального магнитного поля, имеющего потенциал

$$\Phi = R\varphi + R(\operatorname{ch} \eta - \cos \theta)^{1/2} Q_{n-1/2}^m(\operatorname{ch} \eta) \sin(n\theta + m\varphi),$$

рассчитываются магнитные поверхности, угол прокручивания, шир и интеграл  $B_0/L \int dl/B$  в широком диапазоне параметров. Из оценочных расчетов следует, что выбранный потенциал хорошо описывает реальное магнитное поле стелларатора.

Показано, что для получения максимального значения шира во всем объеме оптимальным углом намотки винтовых обмоток является угол  $40-50^\circ$ . Уменьшение тороидальности (отношение радиуса винтовых обмоток

к большому радиусу систем) от 0,2 до 0,02 увеличивает шир в два — четыре раза; дальнейшее уменьшение тороидальности на характеристики магнитного поля практически не влияет. Максимальное значение шира трехзаходного поля приблизительно в два раза больше, чем для двухзаходного поля.

Полученные максимальные значения среднего по радиусу шира, равные  $\sim 0,22$  (при обычной для экспериментальных установок тороидальности 0,1), вполне достаточны для стабилизации большинства дрейфовых неустойчивостей. Как и следовало ожидать, рассматриваемое поле не обладает «минимумом  $B$  в среднем». (№ 340/5202. Статья поступила в Редакцию 20/XII 1968 г., аннотация — 9/IV 1969 г. Полный текст 0,25 а. л., 11 рис., 6 библиографических ссылок.)

## Номограмма для определения энергии продуктов ядерной реакции типа $I + II = 1 + 2$ и $Q$ реакции

Г. Н. ПОТЕТЮНКО

УДК 539.107.1:518.3

В статье описывается методика построения номограммы с ориентированным транспарантом [1] для уравнения [2]

$$E_1 - 2 \frac{\sqrt{m_1 m_1}}{M} \sqrt{E_1 E_1} \cos \Theta_1 - \frac{1}{M} [m_2 Q + (m_2 - m_1) E_1] = 0, \quad (1)$$

позволяющая решать для ядерных реакций бинарного типа при нерелятивистских энергиях следующие кинематические задачи: 1) находить энергию продукта ядерной реакции, когда известна  $Q$  реакции; 2) находить  $Q$  реакции, когда из экспериментальных данных известна энергия продукта ядерной реакции.

На неподвижной плоскости номограммы имеются следующие поле  $\left(\frac{m_1}{M}, \frac{Q}{E_1}\right)$ :

$$\left. \begin{aligned} \frac{x-a}{\mu_x} &= \left(\frac{Q}{E_1} + 1\right) (1 - 10^{(y-b)/\mu_y}); \\ y &= \mu_y \lg \frac{m_1}{M} + b \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

и семейство кривых, зависящих от  $\Theta_1$ :

$$x = -2\mu_x 10^{y/(2\mu_y)} \cos \Theta_1. \quad (3)$$

На транспаранте имеются две шкалы: шкала  $E_1/E_1$ :

$$x' = \mu_x \frac{E_1}{E_1} + a; \quad y' = -\mu_y \lg \frac{E_1}{E_1} + b \quad (4)$$

и шкала  $m_1/M$ :

$$x' = -\mu_x \frac{m_1}{M}; \quad y' = \mu_y \lg \frac{m_1}{M}. \quad (5)$$

Здесь  $\mu_x$  и  $\mu_y$  — масштабные множители по осям  $Ox$  и  $Oy$  соответственно;  $a$  и  $b$  — произвольные постоянные, значения которых выбираются так, чтобы вся номограмма приняла наиболее компактный и удобный для работы вид.

Для обеспечения достаточно высокой точности отсчета необходимо строить серию разрезных номограмм, причем каждой из них соответствуют свои пределы изменения переменных. Эскиз одной из таких номограмм