

ОПРЕДЕЛЕНИЕ $\sigma(E, \Theta)$ ИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЧАСТИЦ-ПРОДУКТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

И.Я. Барит, Д.Л. Коган, Л.Е. Кузьмин, Л.К. Никитенко, О.С. Пресняк

Рассмотрена возможность получения $\sigma(E, \Theta)$ путем решения интегрального уравнения, описывающего энергетический спектр частиц-продуктов ядерных реакций для "толстой" мишени.

Измерение дифференциальных сечений ядерных реакций $\sigma(E, \Theta)$ обычно проводят на тонких мишенях путем варьирования энергии E_0 . Однако проблемы, связанные с приготовлением тонких мишеней и изменением их состояния в процессе облучения, а также трудоемкость получения информации снижают достоинства традиционного способа измерения $\sigma(E, \Theta)$. В настоящей работе экспериментально исследована возможность получения $\sigma(E, \Theta)$ из энергетических спектров частиц-продуктов ядерных реакций при $E_0 = \text{const}$, измеренных с использованием "толстой" мишени.

Энергетический спектр зарегистрированных частиц-продуктов реакций при пренебрежимо малом энергетическом разбросе в пучке бомбардирующих частиц можно представить в следующем виде:

$$N(E_i, \bar{E}_0, \Theta) = n c_0 \epsilon \Delta E_i \int_{E_2} \int_{\bar{E}_2} f(E_1, E_2) \frac{\sigma\{\bar{E}_1[\bar{E}_0, x(\bar{E}_2)]\}}{u(\bar{E}_2)} G(E_2, \bar{E}_2) d\bar{E}_2 dE_2, \quad (1)$$

где $N(E_i, \bar{E}_0, \Theta)$ – число зарегистрированных частиц (импульсов) в i -том канале анализатора с энергетической шириной ΔE_i при начальной энергии бомбардирующих частиц \bar{E}_0 и угле регистрации Θ ; $f(E_1, E_2)$ – функция отклика детектора; $\sigma\{\bar{E}_1[\bar{E}_0, x(\bar{E}_2)]\}$ – дифференциальное сечение реакции при средней энергии бомбардирующих частиц \bar{E}_1 на глубине x и средней энергии вылетевших из мишени частиц-продуктов реакции \bar{E}_2 ; $G(E_2, \bar{E}_2)$ – плотность их распределения по энергии; n – число падающих на мишень частиц; ϵ – эффективность регистрации; c_0 – число атомов исследуемого изотопа в 1 г вещества мишени; $u(\bar{E}_2)$ – суммарная тормозная способность материала мишени:

$$u(\bar{E}_2) = \left| \frac{d\bar{E}_2}{dx} \right| = k S_1(\bar{E}_1) + \frac{S_2(\bar{E}_2)}{|\cos \Theta|}, \quad (2)$$

где k – кинематический фактор; $S_1(\bar{E}_1)$ и $S_2(\bar{E}_2)$ – тормозные способности для бомбардирующих и эмиттируемых частиц соответственно в МэВ·см²/г /1/; Θ – угол регистрации (мишень располагается перпендикулярно бомбардирующему пучку частиц).

В случае боровского страгглинга $G(E_2, \bar{E}_2)$ представляет собой гауссово распределение с дисперсией $\Omega^2[x(\bar{E}_2)]$:

$$\Omega^2[x(\bar{E}_2)] = k^2 p^2 \Omega_1^2[x(\bar{E}_2)] + \Omega_2^2[x(\bar{E}_2)],$$

где $p = S_2(\bar{E}_2)/S_2[\bar{E}_k(\bar{E}_1)]$ – поправка на изменение тормозной способности среды в выходном канале реакции; $\Omega_1[x(\bar{E}_2)]$ и $\Omega_2[x(\bar{E}_2)]$ – энергетические страгглинги соответственно во входном и выходном каналах реакции /2/; \bar{E}_k – средняя энергия частиц-продуктов реакции в момент их возникновения.

Проверка способа осуществлялась на примере определения функции возбуждения ядерной реакции $^{12}\text{C}(d,p)^{13}\text{C}$ при $E_0 = 1,5$ МэВ и $\Theta = 165^\circ$. В качестве мишени использовался стеклографит. Энергетическое разрешение детектора для протонов с энергией 3 МэВ составляло 14 кэВ. Решение уравнения (1) осуществлялось на мини-ЭВМ по программе, основанной на использовании нелинейного итерационного алгоритма /3/. В качестве нулевого приближения выбирались значения $\sigma(E, \Theta) = \text{const}$. Суммарное время определения $\sigma(E, \Theta)$ не превышало одного часа.

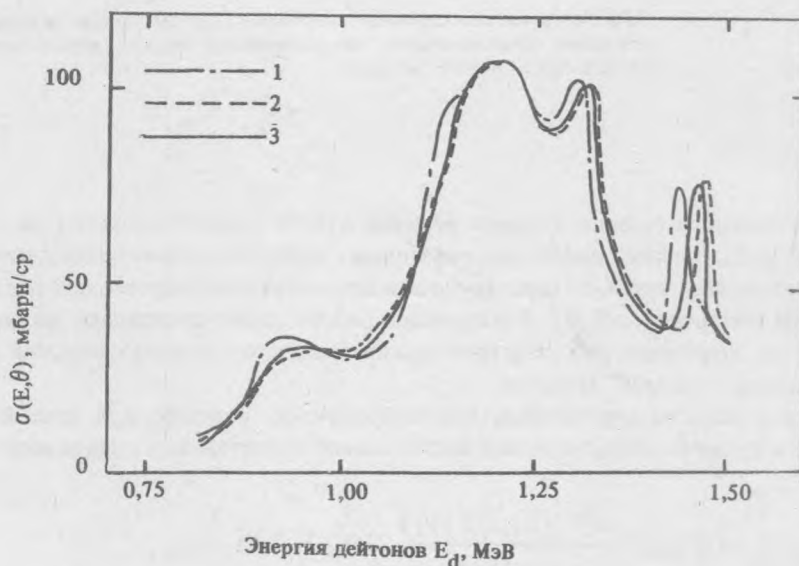


Рис. 1. Функция возбуждения ядерной реакции $^{12}\text{C}(d,p)^{13}\text{C}$ при $E_0 = 1,5$ МэВ и $\Theta = 165^\circ$. 1 - /5/; 2 - /4/; 3 - настоящая работа.

На рис. 1 приведены результаты, полученные в настоящей работе, и данные из работ /4/, /5/, между которыми наблюдалось расхождение в абсолютных значениях энергии на $10 \div 20$ кэВ. При сравнении экспериментального спектра протонов с расчетными, с использованием литературных данных по $\sigma(E, \Theta)$, проценты χ^2 для 50 точек спектра составили 0,82 и 1,46 соответственно для $\sigma(E, \Theta)$ из работ /4/ и /5/. Табличное значение для 95% уровня доверительной вероятности составляет 1,35. Таким образом, наблюдается хорошее согласие полученных результатов с данными работы /4/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Janni J. F. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 27, 147 (1982).
2. Madsen C. V., Venkateswarlu P. Phys. Rev., 74, 1782 (1948).
3. Вайникко Г. М. Атомная техника, вып. 3, 84 (1980).
4. Балин В. Г. и др. Препринт ФЭИ-1341, Обнинск, ФЭИ, 1982.
5. Kashy E., Perry R. R., Risser J. R. Phys. Rev., 117, 1289 (1960).

Поступила в редакцию 10 апреля 1986 г.