

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ
СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИИ ${}^1_0n + {}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n$

Х.Ш.АБДУЛЛАЕВ

Бакинский Государственный Университет

В работе проводится оценка существующих экспериментальных данных по сечению реакции ${}^1_0n + {}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n$ с целью получения их рекомендованных значений. Сравниваются между собой результаты параметризации экспериментальных данных для диапазона энергий $2\text{КэВ} < E_n < 1500\text{КэВ}$ по методу наименьших квадратов с использованием ряда различных приближений. При этом результаты разных авторов принимаются равнозначными и приводимые ими ошибки не учитываются. В качестве рекомендуемого приближения использовалось выражение, полученное на основе S-матричной теории. При этом величина подгонки δ существенно уменьшилась и оказалась равной 5,2%. Значительно улучшилось описание области энергий нейтронов $E_n > 500\text{КэВ}$

Сечение реакции ${}^1_0n + {}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n$ $\sigma_{n,p}(E_n)$ в нейтронной физике часто используется в качестве опорной величины. Эта реакция, имеющая $Q \approx 0,6\text{МэВ}$ и идущая даже от тепловых нейтронов (так как барьер легкого ядра для образующихся протонов относительно невисок). Реакция ${}^1_0n + {}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n$ была использована для обнаружения нейтронов деления в первых опытах по изучению процесса деления тяжелых ядер и применяется при регистрации тепловых нейтронов методом ядерных фотоэмульсий, в которых возникают следы протонов длиной несколько микрон.

В диапазоне энергий нейтронов E_n от 0,025 эВ до 100 КэВ $\sigma_{n,p}(E_n)$ известно с точностью $1 \pm 3\%$. В области энергий 500 КэВ $< E_n < 1,7\text{МэВ}$ точность $\sigma_{n,p}(E_n)$ составляет около 15%. Что касается диапазона энергий 100 КэВ $< E_n < 500\text{КэВ}$, то здесь из-за наличия сильного резонанса в районе $E_n = 250\text{КэВ}$ существуют значительные неопределенности. В оценке [1] для этой области энергий были рекомендованы значения $\sigma_{n,p}(E_n)$, полученные из условия наилучшего описания полного сечения, сечения упругого рассеяния нейтронов и сечения реакции (n,p). В послед-

нее время появились новые данные по сечению реакции ${}^{14}_2N(n, p) {}^{14}_6C$ [2 – 4]. Особенно подробно исследовался ход $\sigma_{n,p}(E_n)$ в области энергий $100 \text{ КэВ} < E_n < 500 \text{ КэВ}$.

В данной работе сравниваются между собой результаты параметризации экспериментальных данных [2 – 4] для диапазона энергий $2 \text{ КэВ} < E_n < 1500 \text{ КэВ}$ по методу наименьших квадратов с использованием ряда различных приближений. При этом результаты разных авторов принимаются равнозначными и приводимые ими ошибки не учитываются. В качестве первого приближения использовалось выражение, включающее в себя резонансный член и зависимость $1/\nu$:

$$\sigma_{n,p}(E_n) = \frac{A\sqrt{E}}{(E - E_0)^2 + (\Gamma/2)^2} + \frac{B}{\sqrt{E}} - \Delta\sigma. \quad (1)$$

Здесь A , B и $\Delta\sigma$ - константы, E_0 - энергия резонанса, Γ - ширина резонанса. A , B , E_0 и $\Delta\sigma$ подгоняемые параметры. В результате обработки для них были получены следующие значения: $A=0,0132$; $B=0,1250$; $E_0=0,2445$; $\Gamma=0,030$ и $\Delta\sigma=0,0310$. При этом величина χ^2 в точке, усредненная по области $2 \div 1000 \text{ КэВ}$, составила 3,7, а среднеквадратичное отклонение δ_0 , вычисляемое как:

$$\delta = \sqrt{(\sigma^{pac} - \sigma^{skc})^2 / (\sigma^{skc})^2} 100\%$$

и усредненному по тому же диапазону энергий, составила 7,5%. Результаты расчета вместе с экспериментальными данными работ [2 – 4] показаны на рисунке. В диапазоне энергий $2 \text{ КэВ} < E_n < 500 \text{ КэВ}$ выражение (1) неплохо описывает экспериментальные данные. Для $E_n > 500 \text{ КэВ}$ описание значительно хуже. Несколько улучшает согласие расчета с экспериментом введение в (1) второго резонанса:

$$\delta_{n,p}(E_n) = \frac{A_1\sqrt{E}}{(E - E_{n1})^2 + (\Gamma_{1/2})^2} + \frac{A_2}{(E - E_{02})^2 + (\Gamma_{1/2})^2} + \frac{B}{\sqrt{E}} - \Delta\sigma. \quad (2)$$

Параметры в этом случае принимают следующие значения: $A_1=0,0082$; $E_{01}=0,2700$; $\Gamma_1=0,0870$; $A_2=0,0032$; $E_{02}=0,2170$; $B=0,1340$; $\Delta\sigma=0,0350$. Величина χ^2 становится равной 4,0, а $\delta_0 = 7,2\%$. Область же $E_n > 500 \text{ КэВ}$ по-прежнему описывается плохо.

В качестве третьего приближения использовалось выражение, взятое из работы [5], полученное на основе S-матричной теории. Сечение $\delta_{n,p}(E_n)$ представлялось в следующем виде:

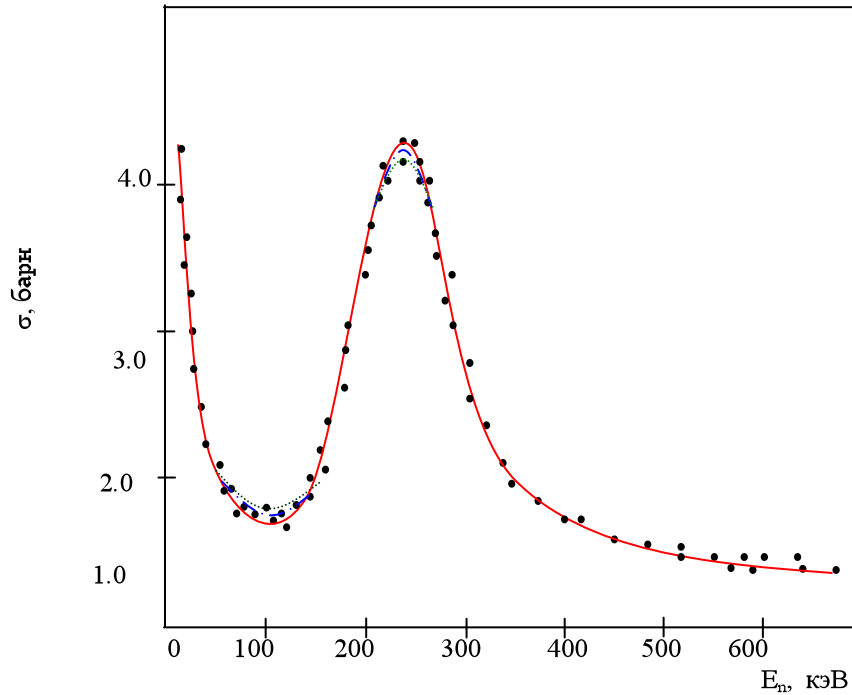


Рис. Энергетическая зависимость сечения реакции ${}^{14}_7\text{N}(n, p){}^{14}_6\text{C}$. Точки, усредненные экспериментальные данные работ [2], [3], [4].

---; - · - · - ; — результаты параметризации с помощью выражений (1), (2), (3) соответственно. В тех областях E_n , где видна только сплошная кривая, остальные кривые совпадают в пределах точности рисунка.

$$\sigma_{n,p}(E_n) = \sum_{j=1}^{\nu} \frac{A_k}{E + E_j} + \sum_{j=1}^{\nu} \frac{A_j^*}{E + E_j^*} + \Delta\sigma . \quad (3)$$

Здесь $A_j = A_j^0 + iB_j$; $A_j^* = A_j^0 - iB$

и $E_j = E_j^0 + i\Gamma_j$; $E_j^* = E_j^0 - i\Gamma_j$

В результате подгонки были получены следующие значения параметров:

$$\nu = 3 ; \quad \Delta\sigma = 0,2280 ;$$

$$\begin{array}{lll}
A_1^0 = 0,0132; & A_2^0 = -0,0567; & A_3^0 = 0,1432; \\
B_1 = 0,6897; & B_2^0 = 0,0135; & B_3 = 0; \\
E_1^0 = 0,2510; & E_2^0 = 0,0798; & E_3^0 = -0,0815; \\
\Gamma_1 = 0,2011; & \Gamma_2 = 0,1685; & \Gamma_3 = 0.
\end{array}$$

При этом величина δ_0 существенно уменьшилась и оказалась равной 5,2%. Кроме того, как видно из рисунка, значительно улучшилось описание области энергий $E_n > 500 \text{KeV}$.

Таким образом, из рассмотренных выше трех приближений в качестве рекомендуемого следует принять выражение (3). Ошибки δ величин сечений, получаемых с помощью этого выражения, в зависимости от E_n приведены в таблице. Значения δ вычислялись как среднеквадратичные отклонения экспериментальных величин от расчетных и усреднялись по конечному диапазону E_n .

Таблица

Интервал по энергии, КэВ	Ошибка $\delta, \%$	Интервал по энергии, КэВ	Ошибка $\delta, \%$	Интервал по энергии, КэВ	Ошибка $\delta, \%$
2-20	1,6	280-300	2,9	560-580	1,3
20-40	1,6	300-320	2,8	580-600	8,1
40-60	2,3	320-340	2,3	600-620	7,3
60-80	1,2	340-360	3,1	620-640	7,3
80-100	1,2	360-380	4,0	640-660	7,3
100-120	2,5	380-400	8,4	660-680	1,0
120-140	2,7	400-420	7,0	680-720	2,1
140-160	3,3	420-440	4,7	720-760	2,2
160-180	3,2	440-460	10,7	760-800	7,5
180-200	3,1	460-480	5,8	800-860	7,5
200-220	2,5	480-500	11,7	860-940	7,8
220-240	1,5	500-520	10,6	940-980	1,0
240-260	2,2	520-540	13,4	980-1060	14,2
260-280	4,9	540-560	9,7	1060-1200	10,7

ЛИТЕРАТУРА

1. Uffley C.A. et al. Proc. of a Conf. on Neutr. Stand. and Flux Normalization. ANL, Oct., 21-23 1998.
2. Coates M.S. et al. Proc. of a See. IAFA Panel on Neutr. Stand. Ref. Data, 2002.
3. Fort F., Marquette J.P. Cadarache Report DPRMA/CECPP/SEMMD, 72101, 2002.
4. Poenitz W.P., Meadowz J.W. Proc. of a See/ IAFA Panel on Neutr. Stand. Ref. Data/ Vienna, Nov. 20-24 2002/
5. Виноградов В.И., Гай Е.В., Работков Н.С. Ядерные константы. 2003, в. 59 с.17.

${}^{14}_Z N(n, p) {}^{14}_6 C$ REAKSIYASININ EFFEKTİV KƏSİYİNİN ENERJİ
ASILILIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

X.Ş.ABDULLAYEV

XÜLASƏ

İşdə ${}^{14}_Z N(n, p) {}^{14}_6 C$ reaksiyasının effektiv kəsiyinin neytronların enerjisindən asılılığının tövsiyə edilən qiymətlər almaq məqsədilə məlum eksperimental nəticələrə əsasən qiymətləndirilməsinə baxılır.

Müxtəlif formada yaxınlaşmalardan istifadə etməklə ən kiçik kvadratlar üsulu ilə neytronların enerjisinin $2\text{KeV} < E_n < 1500 \text{ KeV}$ intervalında eksperimental işlərin parametrləşmə nəticələri müqayisə edilir. Bu halda müxtəlif müəlliflərin aldığı nəticələr eynigüclü götürülür və gətirilən xətlər nəzərə alınmır. Tövsiyə olunan yaxınlaşma kimi S-matrisa əsasında alınan ifadə qəbul edilir. Bu halda δ müqayisə əmsali xeyli azalır və 5,2% yaxın olur. Neytronların enerjisinin $E_n > 500 \text{ KeV}$ oblastı üçün təsvir nisbətən yaxşı alınır.

THE EVALUATION OF ENERGY DEPENDENCE OF THE CROSS SECTION
OF ${}^{14}_Z N(n, p) {}^{14}_6 C$ REACTION

Ch.Sh.ABDULLAYEV

SUMMARY

In this work the estimation of existing experimental values on the reaction section of ${}^{14}_Z N(n, p) {}^{14}_6 C$ is carried out for the preparation of their recommended values. A parametrization of experimental values for energy range of $2\text{KeV} < E_n < 1500 \text{ KeV}$ are compared on the basis of least squares method results, using the some various approximations among themselves. Thus results of different authors are accepted uniformly precise and mistakes resulted by them are not taken into account. As recommended approximation the expression prepared on the basis of S-matrix theory was used. Thus value of δ -adjustment essentially decreased and equal to 5,2%. The description of energy region of neutrons $E_n > 500\text{KeV}$ has considerably improved.