УДК 52-48, 524, 539.14, 539.17

С. Б. ДУБОВИЧЕНКО, Д. Н. АДИЛЬБЕКОВ, А. С. ТКАЧЕНКО

(Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова «НЦКИТ» НКА РК, г.Алматы)

РАДИАЦИОННЫЙ ЗАХВАТ ПРОТОНА НА ^{10}B. III

Аннотация. Рассмотрена возможность описания полных сечений радиационного p^{10}B-захвата в модифицированной потенциальной кластерной модели с запрещенными состояниями при астро-физических энергиях. Для определения наличия и количества запрещенных состояний в каждой парциальной волне использовалась классификация орбитальных состояний кластеров по схемам Юнга. Потенциал связанного состояния строился на основе описания характеристик основного состояния ядра ^{11}C. Потенциалы непрерывного спектра согласованы с фазами упругого p^{10}B-рассеяния при энергиях до 1 МэВ. Использованная модель и методы построения потенциалов позволяют в целом правильно передать общее поведение экспериментальных сечений радиа-ционного p^{10}B-захвата.

Ключевые слова: ядерная физика, реакция радиационного захвата, p^{10}B система.

Тірек сөздер: ядролық физика, радиациялық қармау реакциясы, p^{10}B жүйесі.

Keywords: nuclear physics, radiative capture reaction, p^{10}B system.

Продолжая рассмотрение процесса радиационного захвата p^{10}B, перейдем теперь к анализу полных сечений этой реакции.

Полные сечения радиационного p^{10}B захвата

В данной работе был рассмотрен астрофизический S-фактор радиационного p^{10}B-захвата пока только на ОС ядра ^{11}C, форма которого показана на рис.2 (нумерация рисунков продолжается с предыдущей стати № 2) точками и квадратами [1,2]. Как видно их этого рисунка S-фактор не содержит явных резонансов при энергиях 560 или 1050 кэВ, для которых наблюдаются резонансные состояния в упругом p^{10}B-рассеянии [3]. Имеется только резонанс в области нулевых энергий, который соответствует резонансу в $^6S_{5/2}$-волне рассеяния при 10 кэВ. Потенциал для этого состояния строился исключительно на основе правильного описания резонанса в сечениях и S-факторе захвата. В результате были получены параметры (7), приведенные в предыдущей статье, а вид расчетного S-фактора p^{10}B-захвата для $E1$-перехода из $^6S_{5/2}$-волны рассеяния на $^6P_{3/2}$ ОС приведен на рис.2 точечной кривой. Как видно из этого рисунка расчетный S-фактор приемлемо передает результаты двух экспериментальных измерений из работ [1,2] в области резонанса при 10 кэВ и до энергии, примерно, 0.25 МэВ.

Поскольку в области до 1.0 MeV, которую мы рассматриваем, $^6P_{3/2}$ и $^6P_{5/2}$ волны рассеяния не имеют резонансов, будем считать далее, что их фазы близки к нулю, а поскольку они не содержат ЗС, то и глубину таких потенциалов в качестве первого варианта можно просто положить равной нулю. В качестве второго варианта, рассмотренного далее, можно считать, что такой потенциал должен иметь параметры, приводящие к фазам рассеяния близким к нулю.

В области до 1.0 МэВ S-фактор p^{10}B-захвата не носит резонансного характера, поэтому мы рассмотрели нерезонансные $M1$-переходы из $^6P_{3/2}$ и $^6P_{5/2}$-волн рассеяния на $^6P_{3/2}$ ОС – результаты расчета показаны на рис.2 штриховой кривой. Для эти х волн рассеяния использовались потенциалы с нулевой глубиной (первый вариант), поскольку они не содержат резонансов и ЗС и должны приводить к фазам близким или равным нулю. Непрерывной линией на рис.2 приведено суммарное сечение двух рассмотренных выше процессов, которое описывает S-фактор в области до 0.25-0.3 МэВ, причем, только за счет резонансного $E1$-перехода.

Мы не рассматривали далее резо-нансные процессы типа $M1$ из $^6P_{3/2}$-волны рассеяния при 1.05 МэВ или $E1$ из $^6S_{5/2}$-волны при 560 кэВ на ОС ядра ^{11}C, поскольку они приводят к резонансам в расчетных сечениях, которые не наблюдатся в имеющихся изменениях полных сечений и астрофизического S-фактора реакции радиационного p^{10}B-захвата при низких энергиях.

Поскольку результаты фазового анализа для упругого p^{10}B-рассеяния отсутствуют и нет точных значений фаз, то можно предположить, что фазы $^6P_{3/2}$ и $^6P_{5/2}$-рассеяния не обязательно должны быть равны нулю, они вполне могут быть близкими к нулю, т.е. иметь величину порядка 1–2 градуса.

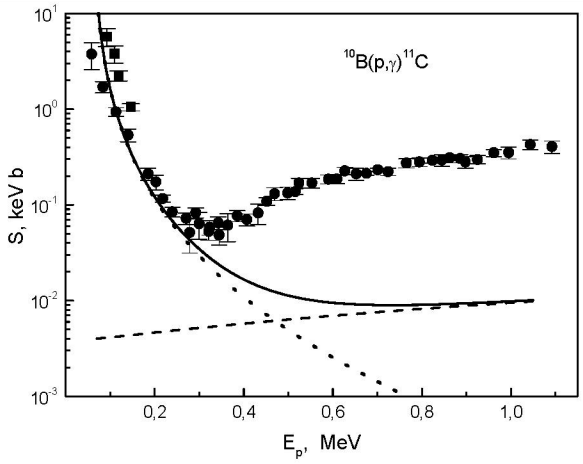

Рисунок 2 – Астрофизический S-фактор радиационного p^{10}B-захвата на ОС. Эксперимент: точки (●) – [1], квадраты (■) – [2]

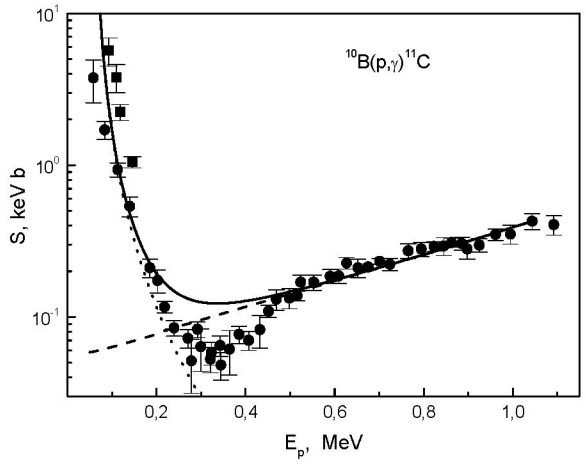

Рисунок 3 –Астрофизический S-фактор радиационного p^{10}B-захвата на ОС. Эксперимент: точки (●) – [1], квадраты (■) – [2]

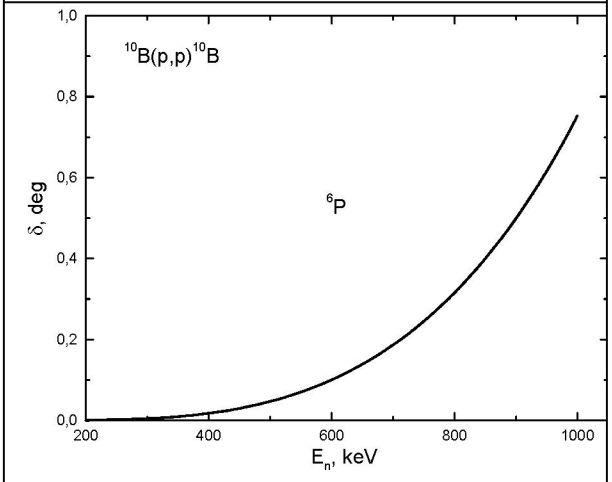

Рисунок 4 – P-фазы упругого p^{10}B-рассеяния при низких энергиях

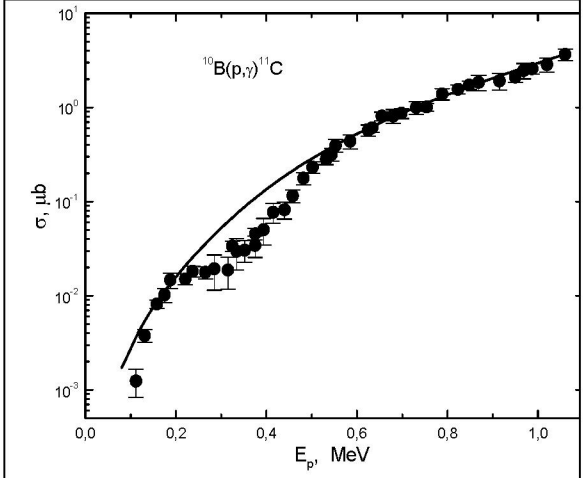

Рисунок 5 – Полные сечения радиационного p^{10}B-захвата на ОС. Эксперимент: точки (●) – [1]

Поэтому попробуем выяснить, может ли нерезонансный $M1$-переход для некоторых $^6P_{3/2}$ и $^6P_{5/2}$-потенциалов рассеяния позволить правильно передать общий ход S-фактора p^{10}B-захвата выше 0.25 МэВ и иметь фазы близкие к нулю. Оказалось, что параметры $^6P_{3/2}$ и $^6P_{5/2}$-потенциалов без ЗС

$$V_0 = 291.0 \text{ МэВ и } \alpha = 1.0 \text{ Фм}$$

позволяют в целом правильно описать имеющиеся экспериментальные данные по S-фактору при энергиях до 1.0 МэВ, как это показано на рис.3 штриховой кривой. Непрерывная линия, по-прежнему, показывает суммарное полное сечений для рассмотренных $M1$ и $E1$-переходов. Фаза рассеяния такого потенциала при 1.0 МэВ достигает 0.8 градуса и показана на рис.4. Этот результат вполне соответствует представлению о близости фазы к нулю и позволяет, как будет видно далее, приемлемо передать поведение полных сечений при энергиях до 1.0 МэВ.