

УДК 539.17; 519.6; 52-1/-8:539.14; 524.1:539.14

DOI: 10.17223/00213411/63/7/14

С.Б. ДУБОВИЧЕНКО^{1,2}, Л.М. ЧЕЧИН¹, Н.А. БУРКОВА², А.В. ДЖАЗАИРОВ-КАХРАМАНОВ¹,
Ч.Т. ОМАРОВ¹, С.Ж. НУРАХМЕТОВА², Б.У. БЕЙСЕНОВ², А. ЕРТАЙУЛЬ², Б. ЕЛЕУШЕВА²

СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО $p^2\text{H}$ -ЗАХВАТА *

В рамках модифицированной потенциальной кластерной модели с запрещенными состояниями рассмотрен радиационный $p^2\text{H}$ -захват при энергиях от 1 кэВ до 10 МэВ. Показано, что на основе потенциалов, которые согласованы с энергией связанного состояния и его асимптотической константой, удастся правильно передать имеющиеся экспериментальные данные. На основе полученных полных сечений выполнен расчет скорости реакции $p^2\text{H}$ -захвата в области температур от 0.01 до 10 T_9 . Результаты для скорости реакции аппроксимируются простыми выражениями, что упрощает их использование в других исследованиях.

Ключевые слова: ядерная астрофизика, легкие атомные ядра, низкие и астрофизические энергии, упругое рассеяние, $p^2\text{H}$ -система, потенциальное описание, радиационный захват, полные сечения, термоядерные реакции, потенциальная кластерная модель, запрещенные состояния, классификация орбитальных состояний по схемам Юнга.

Введение

Как известно, термоядерный процесс радиационного захвата $p^2\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \gamma$ является первой ядерной реакцией протон-протонного (pp) цикла, которая протекает за счет электромагнитных взаимодействий и обуславливает наблюдаемую скорость горения Солнца и большинства звезд Главной последовательности нашей Вселенной [1]. В pp -цикле процесс радиационного $p^2\text{H}$ -захвата является основным для перехода от первичного слияния протонов $p + p \rightarrow {}^2\text{H} + e^- + \nu_e$, который происходит за счет слабых взаимодействий, до одной из финальных в pp -цепочке реакции захвата двух ядер ${}^3\text{He}$ [2]: ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2p$, протекающей за счет сильных взаимодействий. Детальное изучение реакции радиационного $p^2\text{H}$ -захвата постоянно продолжается, и в начале 2000-х гг. благодаря европейскому проекту LUNA появились новые экспериментальные данные для астрофизического S -фактора при энергиях от 2.5 кэВ.

Мы уже рассматривали этот процесс в нескольких работах, начиная с 1995 [3] по 2011 г. [4, 5]. Затем эти результаты были приведены в обзорах [6, 7] и монографии [8], которая к 2019 г. претерпела четвертое издание на русском языке и второе издание на английском [9]. Но ранее мы никогда не исследовали скорость этой реакции, которая и будет рассмотрена в данной работе на основе традиционно используемой нами модифицированной потенциальной кластерной модели (МПКМ) с классификацией орбитальных состояний по схемам Юнга, которая приводит к разрешенным (РС) и запрещенным состояниям (ЗС) [8–11].

Методы расчета

Во всех дальнейших расчетах астрофизические S -факторы определяются следующим образом [12]:

$$S(NJ, J_f) = \sigma(NJ, J_f) E_{\text{c.m.}} \exp \left(\frac{31.335 Z_1 Z_2 \sqrt{\mu}}{\sqrt{E_{\text{c.m.}}}} \right),$$

где σ – полное сечение процесса радиационного захвата в барн; $E_{\text{c.m.}}$ – энергия частиц, измеряемая в кэВ, в системе центра масс; μ – приведенная масса частиц входного канала в а.е.м.; $Z_{1,2}$ – заряды частиц в единицах элементарного заряда; N – это E - или M -переходы J -й мультипольности на конечное J_f состояние ядра.

* Настоящая работа поддержана грантом МОН РК по программе № CR05236322 «Исследования физических процессов во внегалактических и галактических объектах и их подсистемах» в рамках темы «Изучение термоядерных процессов в звездах и первичном нуклеосинтезе Вселенной» и грантом МОН РК № AP05134454 «Эволюция возмущений плотности темной материи в очень ранней Вселенной» через Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова «НЦКИТ» АКА МЦРИАП РК.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>