

С. Ю. Межевич¹, А. Т. Рудчик^{1,*}, К. Русек², К. В. Кемпер³,
А. А. Рудчик¹, О. А. Понкратенко¹, С. Б. Сакута⁴

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

³ Відділ фізики Флоридського державного університету, Таллахассі, США

⁴ Національний дослідницький центр «Курчатовський інститут», Москва, Росія

*Відповідальний автор: rudchik@kinr.kiev.ua

МЕХАНІЗМИ РЕАКЦІЇ $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$ ПРИ ЕНЕРГІЇ 45 МеВ ТА ВЗАЄМОДІЇ ЯДЕР $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$, $^{12}\text{C} + ^{10,11}\text{B}$

Досліджено реакцію $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$ при енергії $E_{\text{лаб}}(^{11}\text{B}) = 45$ МеВ для основних станів ядер ^{12}C і ^{12}B та збуджених станів ядра ^{12}B . Отримано нові експериментальні дані кутових розподілів диференціальних перерізів реакції. Експериментальні дані проаналізовано за методом зв'язаних каналів реакцій (МЗКР). У схему зв'язку включався канал пружного розсіяння ядер $^{13}\text{C} + ^{11}\text{B}$ та канали одно- й двоступінчастих передач нуклонів і кластерів у цій реакції. У МЗКР-розрахунках для вхідного каналу реакції використовувався потенціал Вудса - Саксона (WS), параметри якого було отримано раніше з аналізу експериментальних даних пружного й непружного розсіяння ядер $^{11}\text{B} + ^{13}\text{C}$, а для вихідного каналу $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$ – потенціал WS, параметри якого було отримано з підгонки МЗКР-перерізів реакції $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$ до експериментальних даних цієї реакції. Необхідні для МЗКР-розрахунків спектроскопічні амплітуди (фактори) для переданих у реакції нуклонів і кластерів було обчислено за трансляційно-інваріантною моделлю оболонки. Досліджено прямі механізми передач нуклонів і кластерів у реакції. Отримано параметри потенціалу взаємодії ядер $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$ та проведено порівняння МЗКР-перерізів реакції при використанні у вихідному каналі реакції параметрів потенціалів взаємодії ядер $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$ і $^{12}\text{C} + ^{10,11}\text{B}$. Виявлено відмінності цих МЗКР-розрахунків реакції, тобто спостерігається прояв «ізотопічного ефекту» потенціалів взаємодії ядра ^{12}C з ізотопами бору $^{10,11,12}\text{B}$.

Ключові слова: ядерна реакція $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$, метод зв'язаних каналів реакцій, спектроскопічні амплітуди, оптичні потенціали, механізми реакцій.

С. Ю. Межевич¹, А. Т. Рудчик^{1,*}, К. Русек², К. В. Кемпер³,
А. А. Рудчик¹, О. А. Понкратенко¹, С. Б. Сакута⁴

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

³ Фізический факультет Флоридського державного університету, Таллахассі, США

⁴ Національний дослідницький центр «Курчатовський інститут», Москва, Росія

*Ответственный автор: rudchik@kinr.kiev.ua

МЕХАНІЗМИ РЕАКЦІЇ $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$ ПРИ ЕНЕРГІЇ 45 МэВ І ВЗАЙМОДЕЙСТВИЯ ЯДЕР $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$, $^{12}\text{C} + ^{10,11}\text{B}$

Исследована реакция $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$ при энергии $E_{\text{лаб}}(^{11}\text{B}) = 45$ МэВ для основных состояний ядер ^{12}C и ^{12}B и возбужденных состояний ядра ^{12}B . Получены новые экспериментальные данные угловых распределений дифференциальных сечений реакции. Экспериментальные данные проанализированы по методу связанных каналов реакций (МСКР). В схему связи включался канал упругого рассеяния ядер $^{13}\text{C} + ^{11}\text{B}$ и каналы одно- и двухступенчатых передач нуклонов и кластеров в этой реакции. В МСКР-расчетах для входного канала реакции использовался потенциал Вудса - Саксона (WS), параметры которого были ранее получены из анализа экспериментальных данных упругого и неупругого рассеяния ядер $^{11}\text{B} + ^{13}\text{C}$, а для выходного канала $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$ реакции – потенциал WS, параметры которого были получены из подгонки МСКР-сечений реакции $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$ к экспериментальным данным этой реакции. Нужные для МСКР-расчетов спектроскопические амплитуды (факторы) переданных в реакции нуклонов и кластеров были рассчитаны по трансляционно-инвариантной модели оболочек. Исследованы прямые механизмы передач нуклонов и кластеров в реакции. Получены параметры потенциала взаимодействия ядер $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$ и проведено сравнение МСКР-сечений реакции при использовании в выходном канале реакции параметров потенциалов взаимодействия ядер $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$ и $^{12}\text{C} + ^{10,11}\text{B}$. Обнаружены отличия этих МСКР-сечений реакции, т.е. наблюдается проявление «изотопического эффекта» потенциалов взаимодействия ядра ^{12}C с изотопами бора $^{10,11,12}\text{B}$.

Ключевые слова: ядерная реакция $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$, метод связанных каналов реакций, спектроскопические амплитуды, оптические потенциалы, механизмы реакций.

S. Yu. Mezhevych¹, A. T. Rudchik^{1,*}, K. Rusek², K. W. Kemper³,
A. A. Rudchik¹, O. A. Ponkratenko¹, S. B. Sakuta⁴

¹ Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Heavy Ion Laboratory, University of Warsaw, Warsaw, Poland

³ Physics Department, Florida State University, Tallahassee, USA

⁴ National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia

*Corresponding author: rudchik@kinr.kiev.ua

¹³C(¹¹B, ¹²C)¹²B REACTION MECHANISMS AT 45 MeV AND INTERACTION OF ¹²C + ¹²B, ¹²C + ^{10,11}B NUCLEI

The reaction ¹³C(¹¹B, ¹²C)¹²B at $E_{lab}({}^{11}\text{B}) = 45$ MeV was investigated for the ground states of ¹²C and ¹²B nuclei and excited states of ¹²B nucleus. New experimental data for the angular distributions of the reaction cross-sections were obtained. The experimental data were analyzed within the coupled-reaction-channels method (CRC). The ¹³C + ¹¹B elastic scattering channel as well as channels for one- and two-step transfers of nucleons and clusters were included in the coupling scheme. The Woods - Saxon (WS) potential was used in the CRC-calculations for the entrance reaction channel with parameters deduced previously from the analysis of the experimental data of ¹¹B + ¹³C elastic and inelastic scattering, whereas the WS potential for the exit ¹²C + ¹²B reaction channel was deduced from the fitting of CRC cross-sections to the ¹³C(¹¹B, ¹²C)¹²B reaction experimental data. Needed for CRC-calculations spectroscopic amplitudes (factors) of the nucleons and clusters transferred in the reaction were calculated within the translational-invariant shell model. The direct mechanisms of the transfers of nucleons and clusters were investigated in this reaction. The ¹²C + ¹²B potential parameters were deduced and comparisons of the CRC reaction cross-sections calculated with the ¹²C + ¹²B and ¹²C + ^{10,11}B potential parameters were performed. The differences between these CRC calculations were observed. The “isotopic effects” were observed for the potentials of ¹²C interactions with boron isotopes ^{10, 11, 12}B.

Keywords: nuclear reaction ¹³C(¹¹B, ¹²C)¹²B, coupled-reaction-channels method, spectroscopic amplitudes, optical potentials, reaction mechanisms.

REFERENCES

1. S.Yu. Mezhevych et al. The ¹³C + ¹¹B elastic and inelastic scattering and isotopic effects in the ^{12,13}C + ¹¹B scattering. *Nucl. Phys. A* 724 (2003) 29.
2. M. Kowalczyk. SMAN: a Code for Nuclear Experiments. Report (Warsaw University, 1998).
3. I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. *Comp. Phys. Rep.* 7 (1988) 167.
4. Yu.F. Smirnov, Yu. M. Tchuvil'skiy. Cluster spectroscopic factors for the *p*-shell nuclei. *Phys. Rev. C* 15 (1977) 84.
5. A.N. Boyarkina. *The structure of the 1p-shell nuclei* (Moskva: Moscow University, 1973) 62 p. (Rus)
6. A.T. Rudchik, Yu.M. Chuvil'skiy. Calculation of spectroscopic amplitudes for arbitrary associations of the nucleus in 1p-shell nuclei (program DESNA). Preprint of the Institute for Nucl. Res. AS UkrSSR. KINR-82-12 (Kyiv, 1982) 27 p. (Rus)
7. A.T. Rudchik, Yu.M. Chuvil'skiy. Spectroscopic amplitudes of multinucleon clusters in 1p-shell nuclei and analysis of multinucleon transfer reactions. *Ukrainian Journal of Physics* 30(6) (1985) 819. (Rus)
8. A.T. Rudchik et al. The ¹¹B + ¹²C elastic and inelastic scattering at $E_{lab}({}^{11}\text{B}) = 49$ MeV and energy dependence of the ¹¹B + ¹²C interaction. *Nucl. Phys. A* 695 (2001) 51.
9. N. Burtebayev et al. Measurement and analysis of ¹⁰B + ¹²C elastic scattering at energy of 41.3 MeV. *Int. J. Mod. Phys. E* 28 (2019) 1950028.

Надійшла / Received 25.09.2019