

**С. Ю. Межевич^{1,*}, А. Т. Рудчик¹, 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: sermezhev@gmail.com

МЕХАНІЗМИ РЕАКЦІЇ $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$ ЗА ЕНЕРГІЇ 45 МеВ ДЛЯ ОСНОВНИХ І ЗБУДЖЕНИХ СТАНІВ ЯДЕР ^{10}B І ^{15}C

Отримано нові експериментальні дані диференціальних перерізів реакції $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$ за енергії $E_{\text{лаб}}(^{11}\text{B}) = 45$ МеВ для основних та збуджених станів ядер вихідного каналу реакції. Експериментальні дані проаналізовано за методом зв'язаних каналів реакцій (МЗКР). У схему зв'язку включались канал пружного розсіяння ядер $^{14}\text{C} + ^{11}\text{B}$ та канали одно- та двоступінчастих передач нуклонів і кластерів. 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 $^{11}\text{B} + ^{14}\text{C}$, а для вихідного каналу $^{15}\text{C} + ^{10}\text{B}$ – потенціал WS, параметри якого було отримано з підгонки МЗКР-перерізів реакції $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$ 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 механізми одно та двоступінчастих передач нуклонів і кластерів у даній реакції. Отримано параметри потенціалу взаємодії ядер $^{15}\text{C} + ^{10}\text{B}$ та проведено порівняння МЗКР-перерізів реакції при використанні у вихідному каналі реакції параметрів потенціалів взаємодії ядер $^{15}\text{C} + ^{10}\text{B}$ і $^{12,13}\text{C} + ^{10}\text{B}$. Виявлено відмінності цих МЗКР-розрахунків реакції, тобто спостерігається прояв «ізотопічного ефекту» потенціалів взаємодії ядра ^{10}B з ізотопами вуглецю $^{12,13,15}\text{C}$.

Ключові слова: ядерна реакція $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$, метод зв'язаних каналів реакцій, спектроскопічні амплітуди, оптичні потенціали, механізми реакцій.

**S. Yu. Mezhevych^{1,*}, A. T. Rudchik¹, 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 *Russian Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia*

*Corresponding author: sermezhev@gmail.com

MECHANISMS OF $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$ REACTION AT ENERGY 45 MeV FOR GROUND AND EXCITED STATES OF ^{10}B AND ^{15}C NUCLEI

New experimental data for differential cross-sections of the reaction $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$ at $E_{\text{lab}}(^{11}\text{B}) = 45$ MeV were obtained for transitions to the ground and excited states of the exit reaction channel nuclei. The experimental data were analyzed within the coupled-reaction-channels method (CRC). The $^{14}\text{C} + ^{11}\text{B}$ 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 the parameters deduced previously from the analysis of the experimental data of $^{11}\text{B} + ^{14}\text{C}$ elastic and inelastic scattering, whereas the WS potential for the exit $^{15}\text{C} + ^{10}\text{B}$ reaction channel was deduced from the fit of CRC cross-sections to the $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$ 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 mechanisms for one- and two-step transfers of nucleons and clusters were investigated in this reaction. The $^{15}\text{C} + ^{10}\text{B}$ potential parameters were deduced, and comparisons of the CRC reaction cross-sections calculated with the $^{15}\text{C} + ^{10}\text{B}$ and $^{12,13}\text{C} + ^{10}\text{B}$ potential parameters were performed. The differences between these CRC calculations were observed, e.g. “isotopic effects” were observed for the potentials of ^{10}B interaction with $^{12,13,15}\text{C}$ carbon isotopes.

Keywords: nuclear reaction $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{10}\text{B})^{15}\text{C}$, coupled-reaction-channels method, spectroscopic amplitudes, optical potentials, reaction mechanisms.

REFERENCES

1. S. Yu. Mezhevych et al. Elastic and inelastic scattering of $^{14}\text{C} + ^{11}\text{B}$ versus $^{12,13}\text{C} + ^{11}\text{B}$. *Eur. Phys. J. A* **50** (2014) 4.
2. M. Kowalczyk. SMAN: a Code for Nuclear Experiments. Warsaw University Report, 1998.
3. S. Yu. Mezhevych et al. $^{13}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{12}\text{B}$ reaction at 45 MeV, $^{12}\text{C} + ^{12}\text{B}$ interaction versus that of $^{12}\text{C} + ^{10,11}\text{B}$. *Acta Phys. Pol. B* **51** (2020) 1949.
4. I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. *Comp. Phys. Rep.* **7** (1988) 167.
5. Yu. F. Smirnov, Yu. M. Tchuvil'sky. Cluster spectroscopic factors for the p -shell nuclei. *Phys. Rev. C* **15** (1977) 84.
6. A.T. Rudchik, Yu.M. Tchuvil'sky. Calculation of spectroscopic amplitudes for arbitrary associations of nucleons in $1p$ -shell nuclei (program DESNA). Prepr. of the Institute for Nucl. Res., AS UkrSSR. KINR-82-12 (Kyiv, 1982) 27 p. (Rus)
7. A.T. Rudchik, Yu.M. Tchuvil'sky. 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.N. Boyarkina. *The Structure of the $1p$ -shell Nuclei* (Moskva: Moscow University, 1973) 62 p. (Rus)
9. J.F. Mateja et al. $^{11}\text{B} + ^{12}\text{C}$ and $^{10}\text{B} + ^{13}\text{C}$ fusion cross sections. *Phys. Rev. C* **25** (1982) 2963.
10. N. Burtebayev et al. Measurement and analysis of $^{10}\text{B} + ^{12}\text{C}$ elastic scattering at energy of 41.3 MeV. *Int. J. Mod. Phys. E* **28** (2019) 1950028.
11. S.Yu. Mezhevych et al. The $^{13}\text{C} + ^{11}\text{B}$ elastic and inelastic scattering and isotopic effects in the $^{12,13}\text{C} + ^{11}\text{B}$ scattering. *Nucl. Phys. A* **724** (2003) 29.
12. M. N. El-Hammamy et al. Study of ^3He inelastic scattering on ^{13}C and ^{14}C at 37.9 MeV. *Chin. Phys. C* **38** (2014) 034102.
13. Ahmed N. Abdullah. Investigation of halo structure of neutron rich ^{14}B , ^{15}C , ^{19}C and ^{22}N nuclei in the two-body model. *Int. J. Mod. Phys. E* **29** (2020) 2050015.

Надійшла/Received 20.08.2020