

А. Т. Рудчик^{1,*}, А. А. Рудчик¹, О. Е. Куцик¹, К. Русек², К. В. Кемпер³, Е. П'ясецкі²,
А. Столяж², А. Тщінська², Вал. М. Пірнак¹, О. А. Понкратенко¹, І. Строск⁴, Є. І. Кошчій⁵, Р. Сюдак⁶,
С. Б. Сакута⁷, В. А. Плюйко⁸, А. П. Ільїн¹, Ю. М. Степаненко¹, В. В. Улещенко¹, Ю. О. Ширма¹, В. В. Хейло¹

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

³ Відділ фізики, Флоридський державний університет, Таллахасі, США

⁴ Національний центр ядерних досліджень, Варшава, Польща

⁵ Циклотронний інститут Техаського А&М університету, Техас, США

⁶ Інститут ядерної фізики ім. Г. Неводнічанського, Краків, Польща

⁷ Національний дослідницький центр «Інститут Курчатова», Москва, Росія

⁸ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

*Відповідальний автор: rudchik@kinr.kiev.ua

МЕХАНІЗМИ РЕАКЦІЇ $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ ПРИ ЕНЕРГІЇ 81 MeV

Отримано нові експериментальні дані диференціальних перерізів реакції $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ при енергії $E_{\text{лаб}}(^{15}\text{N}) = 81$ MeV для основних та збуджених станів ядер ^{14}N і ^{13}C . Експериментальні дані проаналізовано за методом зв'язаних каналів реакцій (МЗКР) із включенням у схему зв'язку каналів реакцій одно- та двоступінчастих передач нуклонів і кластерів та використанням у МЗКР-розрахунках потенціалів Вудса - Саксона (WS) для вхідного і вихідних каналів реакції. Параметри потенціалу WS взаємодії ядер $^{15}\text{N} + ^{12}\text{C}$ взято з результатів раніше дослідженого пружного й непружного розсіяння іонів ^{15}N ядрами ^{12}C при енергії 81 MeV, а параметри потенціалу WS для вихідного каналу $^{14}\text{N} + ^{13}\text{C}$ отримано в даній роботі при підгонці МЗКР-розрахунків перерізів реакції до експериментальних даних реакції $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$. Необхідні для МЗКР-розрахунків реакції спектроскопічні фактори (амплітуди) передаваних у реакції нуклонів і кластерів було розраховано в рамках трансляційно-інваріантної моделі 1p-оболонки. Установлено, що в даній реакції основну роль відіграють передачі нейтронів (n) та дейтронів (d). Внески в реакцію двоступінчастих передач нуклонів і кластерів незначні.

Ключові слова: експериментальні дані реакції $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$, одно- та двоступінчасті механізми реакції, метод зв'язаних каналів реакцій, спектроскопічні амплітуди нуклонів і кластерів.

А. Т. Rudchik^{1,*}, А. А. Rudchik¹, О. Е. Kutsyk¹, К. Rusek², К. W. Kemper³, Е. Piasecki², А. Stolarz²,
А. Trzczińska², Вал. М. Pirnak¹, О. А. Ponkratenko¹, І. Strojek⁴, Е. І. Koshchiy⁵, R. Siudak⁶, S. B. Sakuta⁷,
V. A. Plujko⁸, А. Р. Piyin¹, Yu. M. Stepanenko¹, V. V. Uleshchenko¹, Yu. O. Shyrma¹, V. V. Kheilo¹

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

² Heavy Ion Laboratory, Warsaw University, Warsaw, Poland

³ Physics Department, Florida State University, Tallahassee, USA

⁴ National Institute for Nuclear Research, Warsaw, Poland

⁵ Cyclotron Institute, Texas A&M University, College Station, USA

⁶ H. Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics, Krakow, Poland

⁷ Russian Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

⁸ Taras Schevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: rudchik@kinr.kiev.ua

$^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ REACTION MECHANISMS AT ENERGY 81 MeV

The new experimental data of the $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ reaction cross-sections at the energy $E_{\text{лаб}}(^{15}\text{N}) = 81$ MeV were measured for the ground and excited states of ^{14}N and ^{13}C nuclei. The experimental data were analyzed within the coupled-reaction-channels method (CRC) using channels-coupling scheme with the $^{15}\text{N} + ^{12}\text{C}$ elastic scattering and one- as well as two-step transfers of nucleons and clusters performing CRC-calculations with the Woods - Saxon potentials (WS) for the entrance and exit reaction channels. The WS potential parameters for the $^{12}\text{C} + ^{15}\text{N}$ nuclear interaction were taken from the previously studied elastic and inelastic scattering of ^{15}N ions by ^{12}C nuclei at the energy 81 MeV, when as deduced previously from CRC-analysis of the $^{15}\text{N} + ^{12}\text{C}$ elastic and inelastic scattering data, when as the WS potential parameters for the $^{14}\text{N} + ^{13}\text{C}$ reaction exit channel were deduced from fitting of the $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ reaction data. The spectroscopic factors (amplitudes) of transferred in the reaction nucleons and clusters, used in the CRC-calculations, were computed within translational invariant shell model of 1p-shell. It was found, that transfers of neutrons (n) and deuterons (d) dominate in this reaction. Multi-step transfers of nucleons and clusters give small contributions to the reaction data.

Keywords: nuclear reaction $^{12}\text{C}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^{13}\text{C}$ data, one- and two-step mechanisms of the reaction, coupled-reaction channels method, spectroscopic amplitudes of nucleons and clusters.

REFERENCES

1. А.Т. Рудчик, А.А Рудчик, О.Е. Кузык та ін. Пружне і непружне розсіяння іонів ^{15}N ядрами ^{12}C при енергії 81 МеВ. *Ядерна фізика та енергетика* 19(3) (2018) 210. / A.T. Rudchik, A.A. Rudchik, O.E. Kutsyk. Elastic and inelastic scattering of ^{15}N ions by ^{12}C nuclei at energy 81 MeV. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 19(3) (2018) 210. (Ukr)
2. А.Т. Рудчик, А.А. Рудчик, О.Е. Кутсык et al. Elastic and inelastic scattering of ^{15}N ions by ^{12}C at 81 MeV and the effect of transfer channels. *Acta Phys. Polon. B* 50 (2019) 753.
3. Yu.F. Smirnov, Yu.M. Tchuvil'sky. Cluster spectroscopic factors for the p -shell nuclei. *Phys. Rev. C* 15 (1977) 84.
4. E. Piasecki et al. *Project ICARE at HIL* (Warsaw: Heavy Ion Laboratory, 2007) 38 p.
5. А.Т. Рудчик, Ю.М. Чувильский. Вычисление спектроскопических амплитуд для произвольных ассоциаций нуклонов в ядрах 1p-оболочки (программа DESNA). Препр. Ин-та ядерных исслед. АН УССР. КИЯИ-82-12 (Киев, 1982) 27 с. / 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)
6. А.Т. Рудчик, Ю.М. Чувильский. Спектроскопические амплитуды многонуклонных кластеров в ядрах 1p-оболочки и анализ реакций многонуклонных передач. УФЖ 30(6) (1985) 819. / 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)
7. H. De Vries, C. W. De Jager, C. De Vries. Nuclear charge-density-distribution parameters from elastic electron scattering. *Atomic Data and Nuclear Data Tables* 36 (1987) 495.
8. J. Cook. DF POT: a program for the calculation of double folded potentials. *Comp. Phys. Com.* 25 (1982) 125.
9. I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. *Comp. Phys. Rep.* 7 (1988) 167.

Надійшла/Received 10.08.2020