

**С. Ю. Межевич<sup>1,\*</sup>, А. Т. Рудчик<sup>1</sup>, О. А. Понкратенко<sup>1</sup>, К. Русек<sup>2</sup>, К. В. Кемпер<sup>3</sup>,  
В. М. Кир'янчук<sup>4</sup>, А. А. Рудчик<sup>1</sup>, Ю. М. Степаненко<sup>1</sup>, В. В. Улещенко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

<sup>2</sup> Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

<sup>3</sup> Відділ фізики Флоридського державного університету, Таллахассі, США

<sup>4</sup> Відокремлений підрозділ «Науково-технічний центр» державного підприємства «Національна атомна енергогенеруюча компанія "Енергоатом"», Київ, Україна

\*Відповідальний автор: sermezhev@gmail.com

## **ПОТЕНЦІАЛИ ВЗАЄМОДІЇ ІЗОТОПІВ <sup>10,11,12,13</sup>B З ЯДРОМ <sup>12</sup>C**

Проведено порівняльний аналіз розрахунків для пружного розсіяння <sup>12</sup>C(<sup>10</sup>B, <sup>10</sup>B)<sup>12</sup>C при енергії  $E_{\text{лаб}}(^{10}\text{B}) = 41,3$  МеВ, пружного розсіяння <sup>12</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>11</sup>B)<sup>12</sup>C при енергії  $E_{\text{лаб}}(^{11}\text{B}) = 40,0$  МеВ, реакцій передач <sup>13</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>12</sup>B та <sup>14</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>13</sup>B при енергії  $E_{\text{лаб}}(^{11}\text{B}) = 45,0$  МеВ за методом зв'язаних каналів реакцій (МЗКР) з використанням потенціалів взаємодії ядер вихідних каналів <sup>10,11,12,13</sup>B + <sup>12</sup>C у формі Вудса - Саксона (WS), визначених раніше, та потенціалів для цих систем, отриманих за моделлю подвійної згортки з використанням змодельованих теоретично форм розподілів густини протонів та нейтронів в ядрах <sup>10,11,12,13</sup>B та <sup>12</sup>C. Досліджується зв'язок ізотопічних ефектів (відмінності розрахованих МЗКР-перерізів при заміні потенціалу для визначеної пари ядер на потенціал взаємодії одного з ядер з ізотопом іншого ядра) з внутрішньою структурою, тобто формою розподілу густини нуклонів, у взаємодіючих ядрах. Порівняно форми (радіальні залежності) визначених раніше потенціалів WS та розрахованих за моделлю подвійної згортки потенціалів для систем ядер <sup>10,11,12,13</sup>B + <sup>12</sup>C. За результатами аналізу експериментальних даних зроблено припущення щодо можливих відмінностей поверхневих форм розподілів густин нуклонів, від змодельованих теоретично, в ізотопах <sup>10,11</sup>B.

*Ключові слова:* ядерні реакції <sup>12</sup>C(<sup>10</sup>B, <sup>10</sup>B)<sup>12</sup>C, <sup>12</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>11</sup>B)<sup>12</sup>C, <sup>13</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>12</sup>B, <sup>14</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>13</sup>B, метод зв'язаних каналів реакцій, оптичні потенціали, розподіли густини нуклонів.

**S. Yu. Mezhevych<sup>1,\*</sup>, A. T. Rudchik<sup>1</sup>, O. A. Ponkratenko<sup>1</sup>, K. Rusek<sup>2</sup>, K. W. Kemper<sup>3</sup>,  
V. M. Kyrianchuk<sup>4</sup>, A. A. Rudchik<sup>1</sup>, Yu. M. Stepanenko<sup>1</sup>, V.V. Uleshchenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Heavy Ion Laboratory, University of Warsaw, Warsaw, Poland

<sup>3</sup> Physics Department, Florida State University, Tallahassee, USA

<sup>4</sup> Scientific and Technical Center of National Nuclear Energy Generating Company "Energoatom",  
Kyiv, Ukraine

\*Corresponding author: sermezhev@gmail.com

## **POTENTIALS OF INTERACTION OF <sup>10,11,12,13</sup>B ISOTOPES WITH <sup>12</sup>C**

A comparative analysis of calculations for the <sup>12</sup>C(<sup>10</sup>B, <sup>10</sup>B)<sup>12</sup>C elastic scattering at  $E_{\text{lab}}(^{10}\text{B}) = 41.3$  MeV, the <sup>12</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>11</sup>B)<sup>12</sup>C elastic scattering at  $E_{\text{lab}}(^{11}\text{B}) = 40.0$  MeV, transfer reactions <sup>13</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>12</sup>B and <sup>14</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>13</sup>B at  $E_{\text{lab}}(^{11}\text{B}) = 45.0$  MeV was performed within the coupled-reaction-channels method (CRC) using previously deduced Woods-Saxon potentials for the interaction of <sup>10,11,12,13</sup>B + <sup>12</sup>C nuclei in the exit reaction channels, as well as potentials for these systems of nuclei generated by means of the double-folding method using theoretically modeled shapes for the distributions of protons and neutrons in <sup>10,11,12,13</sup>B and <sup>12</sup>C. The relationship of isotopic effects (differences of the calculated CRC cross sections when replacing the potential for a given pair of nuclei by interaction potential for one nucleus with the isotope of another nucleus) with the internal structure, e.g. the shapes of nucleon density distributions in the interacting nuclei, is investigated. The shapes (radial dependence) of recently deduced Woods-Saxon potentials and potentials calculated by means of the double-folding method for the systems of <sup>10,11,12,13</sup>B + <sup>12</sup>C nuclei are compared. Based on the results of the analysis of experimental data, an assumption is made about the possible differences in the shapes of surface nucleon density distributions from the ones modeled theoretically in <sup>10,11</sup>B isotopes.

*Keywords:* nuclear reactions <sup>12</sup>C(<sup>10</sup>B, <sup>10</sup>B)<sup>12</sup>C, <sup>12</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>11</sup>B)<sup>12</sup>C, <sup>13</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>12</sup>B, <sup>14</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>12</sup>C)<sup>13</sup>B, coupled-reaction-channels method, optical potentials, nucleon density distributions.

## **REFERENCES**

1. Yong-Li Xu et al. Applicability of <sup>9</sup>Be global optical potential to description of <sup>8,10,11</sup>B elastic scattering. *Chin. Phys. C* 44(3) (2020) 034101.
2. S.Yu. Mezhevych et al. <sup>14</sup>C(<sup>11</sup>B, <sup>10</sup>B)<sup>15</sup>C reaction at  $E_{\text{lab}} = 45$  MeV and the <sup>10</sup>B + <sup>15</sup>C optical potential. *Acta Phys. Pol. B* 52(2) (2021) 109.

3. D. Pereira et al. An imaginary potential with universal normalization for dissipative processes in heavy-ion reactions. *Phys. Lett. B* 670(4-5) (2009) 330.
4. M. Cavallaro et al. Quantitative analysis of two-neutron correlations in the  $^{12}\text{C}(^{18}\text{O}, ^{16}\text{O})^{14}\text{C}$  reaction. *Phys. Rev. C* 88(5) (2013) 054601.
5. D. Paes et al. Long-range versus short-range correlations in the two-neutron transfer reaction  $^{64}\text{Ni}(^{18}\text{O}, ^{16}\text{O})^{66}\text{Ni}$ . *Phys. Rev. C* 96(4) (2017) 044612.
6. A.T. Rudchik et al.  $^7\text{Li}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{N})^8\text{Be}$  reaction at 81 MeV and  $^{14}\text{C} + ^8\text{Be}$  interaction versus that of  $^{13}\text{C} + ^8\text{Be}$ . *Nucl. Phys. A* 971 (2018) 138.
7. S.Yu. Mezhevych et al. Reaction  $^{14}\text{C}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{13}\text{B}$  at  $E_{\text{lab}}(^{11}\text{B}) = 45$  MeV, interaction of  $^{13}\text{B} + ^{12}\text{C}$  versus that of  $^{10,11,12}\text{B} + ^{12}\text{C}$ . *Nucl. Phys. At. Energy* 2(1) (2022) 12.
8. 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(04) (2019) 1950028.
9. A.T. Rudchik et al. The  $^{11}\text{B} + ^{12}\text{C}$  elastic and inelastic scattering at  $E_{\text{lab}}(^{11}\text{B}) = 49$  MeV and energy dependence of the  $^{11}\text{B} + ^{12}\text{C}$  interaction. *Nucl. Phys. A* 695(1-4) (2001) 51.
10. 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(10) (2020) 1949.
11. S. Ahmad, A.A. Usmani, Z.A. Khan. Matter radii of light proton-rich and neutron-rich nuclear isotopes. *Phys. Rev. C* 96(6) (2017) 064602.
12. 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(6) (1982) 2963.
13. S. Albergo et al. Elastic transfer in the  $^{11}\text{B} + ^{12}\text{C}$  system in the c.m. energy range 5 - 40 MeV. *Phys. Rev. C* 43(6) (1991) 2704.
14. I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. *Comp. Phys. Rep.* 7(4) (1988) 167.
15. J. Cook. DF POT – A program for the calculation of double folded potentials. *Comput. Phys. Commun.* 25(2) (1982) 125.
16. G. Bertsch et al. Interactions for inelastic scattering derived from realistic potentials. *Nucl. Phys. A* 284(3) (1977) 399.
17. S.Yu. Mezhevych, K. Rusek. Quadrupole deformation of  $^{11}\text{B}$  ( $3/2^-$ , 5.02 MeV) excited state from  $^{11}\text{B} + ^{12}\text{C}$  scattering. *Acta Phys. Pol. B* 34(4) (2003) 2415.

Надійшла/Received 05.08.2022