

А. Т. Рудчик<sup>1</sup>, О. В. Геращенко<sup>1</sup>, К. А. Черкас<sup>1</sup>, А. А. Рудчик<sup>1</sup>, С. Клічевські<sup>2</sup>, Вал. М. Пірнак<sup>1</sup>,  
Е. П'ясецькі<sup>3</sup>, К. Русек<sup>3</sup>, А. Трціньська<sup>3</sup>, С. Б. Сакута<sup>4</sup>, Р. Сюдак<sup>2</sup>, І. Строек<sup>5</sup>, А. Столяж<sup>3</sup>,  
С. І. Коший<sup>6</sup>, А. О. Барабаш<sup>1</sup>, А. П. Ільїн<sup>1</sup>, О. А. Понкратенко<sup>1</sup>, Ю. М. Степаненко<sup>1</sup>,  
В. В. Улещенко<sup>1</sup>, Ю. О. Ширма<sup>1</sup>, Я. Хоїньські<sup>3</sup>, А. Щурек<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Інститут ядерної фізики ім. Г. Неводнічанського, Краків, Польща

<sup>3</sup> Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

<sup>4</sup> Національний дослідницький центр «Курчатовський інститут», Москва, Росія

<sup>5</sup> Національний центр ядерних досліджень, Варшава, Польща

<sup>6</sup> Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків

## ПРУЖНЕ ТА НЕПРУЖНЕ РОЗСІЯННЯ ІОНІВ <sup>15</sup>N ЯДРАМИ <sup>11</sup>B ПРИ ЕНЕРГІЇ 84 МеВ

Отримано нові експериментальні дані диференціальних перерізів пружного та непружного розсіяння ядер <sup>11</sup>B + <sup>15</sup>N при енергії  $E_{\text{лаб.}}(^{15}\text{N}) = 84$  МеВ. Експериментальні дані проаналізовано за оптичною моделлю та методом зв'язаних каналів реакцій. Пружне та непружне розсіяння, процеси реорієнтації спінів ядер <sup>11</sup>B і <sup>15</sup>N в основних та збуджених станах, а також найбільш важливі реакції передач включались у схему зв'язку каналів. Визначено параметри оптичного потенціалу взаємодії ядер <sup>11</sup>B + <sup>15</sup>N в основних та збуджених станах, а також параметри деформації цих ядер. Оцінено внески реакцій одно- та двоступінчастих передач у диференціальні перерізи пружного й непружного розсіяння ядер <sup>11</sup>B + <sup>15</sup>N.

*Ключові слова:* розсіяння важких іонів, оптична модель, метод зв'язаних каналів реакцій, спектроскопічні амплітуди, оптичні потенціали, механізми реакцій.

А. Т. Рудчик, О. В. Геращенко, К. А. Черкас, А. А. Рудчик, С. Кличевски, Вал. М. Пірнак,  
Э. Пясецки, К. Русек, А. Трциньська, С. Б. Сакута, Р. Сюдак, И. Строек, А. Столяж,  
Е. И. Коший, А. О. Барабаш, А. П. Ильин, О. А. Понкратенко,  
Ю. М. Степаненко, В. В. Улещенко, Ю. О. Ширма, Я. Хоиньски, А. Щурек

## УПРУГОЕ И НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ИОНОВ <sup>15</sup>N ЯДРАМИ <sup>11</sup>B ПРИ ЭНЕРГИИ 84 МэВ

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

<sup>2</sup> Інститут ядерної фізики ім. Г. Неводнічанського, Краків, Польща

<sup>3</sup> Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

<sup>4</sup> Національний дослідницький центр «Курчатовський інститут», Москва, Росія

<sup>5</sup> Національний центр ядерних досліджень, Варшава, Польща

<sup>6</sup> Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Харків

Получены новые экспериментальные данные дифференциальных сечений упругого и неупругого рассеяния ядер <sup>11</sup>B + <sup>15</sup>N при энергии  $E_{\text{лаб.}}(^{15}\text{N}) = 84$  МэВ. Экспериментальные данные проанализованы по оптической модели и методу связанных каналов реакций. Упругое и неупругое рассеяние, процессы реориентации спинов ядер <sup>11</sup>B и <sup>15</sup>N в основных и возбужденных состояниях, а также наиболее важные реакции передач были включены в схему связи каналов. Определены параметры оптического потенциала взаимодействия ядер <sup>11</sup>B + <sup>15</sup>N в основных и возбужденных состояниях, а также параметры деформации этих ядер. Оценены вклады реакций одно- и двухступенчатых передач в дифференциальные сечения упругого и неупругого рассеяния ядер <sup>11</sup>B + <sup>15</sup>N.

*Ключевые слова:* рассеяние тяжелых ионов, оптическая модель, метод связанных каналов реакций, спектроскопические амплитуды, оптические потенциалы, механизмы реакций.

**A. T. Rudchik, O. V. Herashchenko, K. A. Chercas, A. A. Rudchik, S. Kliczewski, Val. M. Pirnak, E. Piasecki, K. Rusek, A. Trzczińska, S. B. Sakuta, R. Siudak, I. Strojek, A. Stolarz, E. I. Koshchy, A. O. Barabash, A. P. Ilyin, O. A. Ponkratenko, Yu. M. Stepanenko, V. V. Uleshchenko, Yu. O. Shyrma, J. Choiński, A. Szczurek**

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

<sup>2</sup> *H. Niewodniczański Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland*

<sup>3</sup> *Heavy Ion Laboratory, Warsaw University, Warsaw, Poland*

<sup>4</sup> *National Research Centre "Kurchatov Institute" Moscow, Russia*

<sup>5</sup> *National Centre for Nuclear Research, Warsaw, Poland*

<sup>6</sup> *V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine*

## ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING OF $^{15}\text{N}$ IONS BY $^{11}\text{B}$ AT 84 MeV

Angular distributions of the  $^{11}\text{B} + ^{15}\text{N}$  elastic and inelastic scattering were measured at  $E_{\text{lab}}(^{15}\text{N}) = 84$  MeV. The data were analyzed within the optical model and coupled-reaction-channels method. The elastic and inelastic scattering, reorientations of  $^{11}\text{B}$  and  $^{15}\text{N}$  in ground and excited states as well as the important one- and two-step transfer reactions were included in the channels-coupling-scheme. The  $^{11}\text{B} + ^{15}\text{N}$  optical potential parameters as well as deformation parameters of these nuclei were deduced. The contributions of one- and two-step transfers in the  $^{11}\text{B} + ^{15}\text{N}$  elastic and inelastic scattering channels were estimated.

**Keywords:** heavy-ion scattering, optical model, coupled-reaction-channels method, spectroscopic amplitudes, optical potentials, reaction mechanisms.

### REFERENCES

1. *Piasecki E., Antczak M., Devine J. et al.* Project ICARE at HIL // Annual report 2006. Warsaw University. Heavy Ion Laboratory. - Warsaw, 2007. - P. 9, 38.
2. *Liu M., Von Oertzen W., Jacmart J.C. et al.* Investigation of one-nucleon transfer reactions between complex nuclei at incident energies between 3 MeV/nucleon and 8 MeV/nucleon // *Nucl. Phys. A.* - 1971. - Vol. 165. - P. 118 - 128.
3. *Rudchik A.T., Budzanowski A., Chernievsky V.K. 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.* - 2001. - Vol. 695. - P. 51 - 68.
4. *Rudchik A.T., Kyryanchuk V.M., Budzanowski A. et al.* Mechanism of large angle enhancement of the  $^9\text{Be} + ^{11}\text{B}$  scattering // *Nucl. Phys. A.* - 2003. - Vol. 714. - P. 391 - 411.
5. *Smirnov Yu.F., Tchuvil'skiy Yu.M.* Cluster spectroscopic factors for the  $p$ -shell nuclei // *Phys. Rev. C.* - 1977. - Vol. 15. - P. 84 - 93.
6. *Rudchik A.T., Chuvil'skiy Yu.M.* Calculation of spectroscopic amplitudes for arbitrary associations of nucleons in nuclei 1p-shell (program DESNA). - Kyiv, 1982. - 27 p. - (Prepr. / AS USSR. Institute for Nucl. Res.; KINR-82-12). (Rus)
7. *Rudchik A.T., Chuvil'skiy Yu.M.* // *UFZh.* - 1985. - Vol. 30, No. 6. - P. 819 - 825. (Rus)
8. *Boyarkina A.N.* The structure of the 1p-shell nuclei. - Moskva: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1973. - 62 p. (Rus)
9. *Nilsson B.S.* SPI-GENOA: an Optical Model Search Code. - 1976 // (Report / A Niels Bohr Institute).
10. *Thompson I.J.* Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // *Comp. Phys. Rep.* - 1988. - Vol. 7. - P. 167 - 212.
11. *Cook J.* DF POT: a program for the calculation of double folded potentials // *Comp. Phys. Com.* - 1982. - Vol. 25. - P. 125.
12. *De Vries H., De Jager C.W., De Vries C.* Atomic data and nuclear data tables. - 1987. - Vol. 36. - P. 495.

Надійшла 07.08.2014

Received 07.08.2014

