

А. Т. Рудчик^{1,*}, А. А. Рудчик¹, О. О. Чепурнов¹, К. Русек², К. В. Кемпер³, Е. П'ясецькі², А. Столяж²,
А. Тщінська², Вал. М. Пірнак¹, О. А. Понкратенко¹, І. Строек⁴, Є. І. Кощій⁵, Р. Сюдак⁶, С. Б. Сакута⁷,
А. П. Ільїн¹, Ю. М. Степаненко¹, В. В. Улещенко¹, Ю. О. Ширма¹

- 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

*Відповідальний автор: rudchik@kinr.kiev.ua

ПРУЖНЕ ТА НЕПРУЖНЕ РОЗСІЯННЯ ІОНІВ ¹⁵N ЯДРАМИ ⁶Li ПРИ ЕНЕРГІЇ 81 MeV

Поміряно диференціальні перерізи пружного та непружного розсіяння іонів ¹⁵N ядрами ⁶Li при енергії $E_{\text{лаб}}(^{15}\text{N}) = 81$ MeV. Експериментальні дані проаналізовано за методом зв'язаних каналів реакцій (МЗКР). Пружне та непружне розсіяння, процес переорієнтації спіну ядра ⁶Li та реакції передачі нуклонів і кластерів включались у схему зв'язку каналів. У МЗКР-розрахунках використовувався потенціал Вудса - Саксона (WS) та фолдинг-потенціал DF взаємодії ядер ¹⁵N + ⁶Li. Визначено параметри потенціалу WS, деформації ядер ⁶Li і ¹⁵N й отримано відомості про роль інших процесів у пружному та непружному розсіянні ядер ¹⁵N + ⁶Li. У МЗКР-розрахунках реакцій передачі використовувались спектроскопічні амплітуди нуклонів і кластерів, обчислені за трансляційно-інваріантною моделлю оболонки. Установлено, що в пружному розсіянні ядер ¹⁵N + ⁶Li основну роль відіграють потенціальне розсіяння та процес переорієнтації спіну ядра ⁶Li. Внески реакцій передачі нуклонів і кластерів у це розсіяння незначні. При порівнянні результатів досліджень пружних розсіянь ядер ¹⁵N + ⁶Li та ¹⁵N + ⁷Li при енергії $E_{\text{лаб}}(^{15}\text{N}) = 81$ MeV виявлено помітні розбіжності як експериментальних даних, так і потенціалів взаємодії цих пар ядер (ізотопічні ефекти).

Ключові слова: ядерні реакції ⁶Li(¹⁵N, ¹⁵N), $E = 81$ MeV, ядерні спектри, $\sigma(\theta)$, механізми розсіяння ядер, параметри деформації ядер.

А. Т. Рудчик^{1,*}, А. А. Рудчик¹, О. О. Чепурнов¹, К. Русек², К. В. Кемпер³, Е. П'ясецькі², А. Столяж²,
А. Тщінська², Вал. М. Пірнак¹, О. А. Понкратенко¹, І. Строек⁴, Е. І. Кощій⁵, Р. Сюдак⁶, С. Б. Сакута⁷,
А. П. Ільїн¹, Ю. М. Степаненко¹, В. В. Улещенко¹, Ю. О. Ширма¹

- 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

*Ответственный автор: rudchik@kinr.kiev.ua

УПРУГОЕ И НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ИОНОВ ¹⁵N ЯДРАМИ ⁶Li ПРИ ЭНЕРГИИ 81 МэВ

Измерены дифференциальные сечения упругого и неупругого рассеяния ионов ¹⁵N ядрами ⁶Li при энергии $E_{\text{лаб}}(^{15}\text{N}) = 81$ МэВ. Экспериментальные данные проанализированы по методу связанных каналов реакций (МСКР). Упругое и неупругое рассеяние, процесс реориентации спина ядра ⁶Li и реакции передачи нуклонов и кластеров были включены в схему связи каналов. В МСКР-расчетах использованы потенциал Вудса - Саксона (WS) и фолдинг-потенциал DF взаимодействия ядер ¹⁵N + ⁶Li. Определены параметры потенциала WS, деформации ядер ⁶Li и ¹⁵N и получены сведения о роли других процессов в упругом и неупругом рассеянии ядер ¹⁵N + ⁶Li. В МСКР-расчетах реакций передачи использованы спектроскопические амплитуды нуклонов и кластеров, рассчитанные по трансляционной инвариантной модели оболочек. Установлено, что в упругом рассеянии ядер ¹⁵N + ⁶Li основную роль играют потенциальное рассеяние и процесс реориентации спина ядра ⁶Li. Вклады реакций передачи нуклонов и кластеров в это рассеяние незначительны. При сравнении результатов исследования упругих рассеяний ядер ¹⁵N + ⁶Li и ¹⁵N + ⁷Li при энергии $E_{\text{лаб}}(^{15}\text{N}) = 81$ МэВ обнаружены заметные различия как экспериментальных данных, так и потенциалов взаимодействия этих пар ядер (изотопические эффекты).

Ключевые слова: ядерные реакции ⁶Li(¹⁵N, ¹⁵N), $E = 81$ МэВ, ядерные спектры, $\sigma(\theta)$, механизмы рассеяния ядер, параметры деформации ядер.

A. T. Rudchik^{1,*}, A. A. Rudchik¹, O. O. Chepur¹, K. Rusek², K. W. Kemper³, E. Piasecki², A. Stolarz²,
A. Trzcńska², Val. M. Pirnak¹, O. A. Ponkratenko¹, I. Strojek⁴, E. I. Koshchy⁵, R. Siudak⁶, S. B. Sakuta⁷,
A. P. Ilyin¹, Yu. M. Stepanenko¹, V. V. Uleshchenko¹, Yu. O. Shyrma¹

*Corresponding author: rudchik@kinr.kiev.ua

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

² Heavy Ion Laboratory of Warsaw University, Warsaw, Poland

³ Physics Department, Florida State University, Tallahassee, USA

⁴ National Center for Nuclear Researches, Warsaw, Poland

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

⁶ H. Niewodniczański Institute of Nuclear Physics, Cracow, Poland

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

*Corresponding author: rudchik@kinr.kiev.ua

ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING OF ¹⁵N IONS BY ⁶Li NUCLEI AT ENERGY 81 MeV

Angular distributions of the elastic and inelastic scattering of ¹⁵N ions by ⁶Li nuclei were measured at the energy $E_{\text{lab}}(^{15}\text{N}) = 81$ MeV. The data were analyzed within the coupled-reaction-channels method (CRC). The elastic and inelastic scattering, spin reorientation of ⁶Li as well as the one- and two-step transfer reactions were included in the channels-coupling scheme. The potential of Woods - Saxon form (WS) and double folded potential DF for the ¹⁵N + ⁶Li nuclei interaction were used in CRC-calculations. The WS potential parameters, deformation parameters of ⁶Li and ¹⁵N nuclei were deduced and the information about the role of other processes in the ¹⁵N + ⁶Li elastic and inelastic scattering was obtained. Spectroscopic amplitudes of nucleons and clusters, calculated according to a translational invariant shell model, were used in the CRC-calculations. It was established that the potential scattering and the ⁶Li spin reorientation are dominated in the ¹⁵N + ⁶Li elastic scattering. Contributions from particle transfers in this scattering were negligible. Comparing the ¹⁵N + ⁶Li and ¹⁵N + ⁷Li elastic scattering at the energy $E_{\text{lab}}(^{15}\text{N}) = 81$ MeV, it was found marked differences between the experimental data and interaction potentials (*isotopic effects*).

Keywords: nuclear reactions ⁶Li(¹⁵N, ¹⁵N), $E = 81$ MeV, particle spectra, $\sigma(\theta)$, nuclear scattering mechanisms, nuclear deformation parameters.

REFERENCES

1. A.T. Rudchik et al. Elastic and inelastic scattering of ¹⁵N ions by ⁷Li at 81 MeV versus that of ¹⁴N ions by ⁷Li at 80 and 110 MeV. *Nucl. Phys. A* **958** (2017) 234.
2. E. Piasecki et al. *Project ICARE at HIL* (Warsaw: Heavy Ion Laboratory, 2007) 38 p.
3. J. Cook. DF POT: a program for the calculation of double-folded potentials. *Comp. Phys. Com.* **25** (1982) 125.
4. 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.
5. I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. *Comp. Phys. Rep.* **7** (1988) 167.
6. M.F. Vineyard, K.W. Kemper, J. Cook. Excitation of ⁶Li by ¹⁶O at $E_{\text{cm}} = 18.7$ MeV. *Phys. Lett. B* **142** (1984) 249.
7. A.T. Rudchik et al. Energy dependence of the ⁶Li + ¹⁶O elastic scattering versus that of ⁷Li + ¹⁶O. *Eur. Phys. J. A* **49** (2013) 74.
8. A.T. Rudchik et al. ¹⁵N elastic and inelastic scattering by ¹¹B at 84 MeV. *Nucl. Phys. A* **939** (2015) 1.
9. Yu.F. Smirnov, Yu.M. Tchuvil'sky. Cluster spectroscopic factors for the *p*-shell nuclei. *Phys. Rev. C* **15** (1977) 84.
10. A.T. Rudchik, Yu.M. Tchuvil'sky. Spectroscopic amplitude calculations for different clusters in the 1*p*-shell nuclei (code DESNA). The preprint of the Institute for Nuclear Researches AS of Ukraine. КИЯИ-82-12 (Kyiv, 1982) 27 p. (Rus).
11. A.T. Rudchik, Yu.M. Tchuvil'sky. Spectroscopic amplitudes of multinuclear clusters in the 1*p*-shell nuclei and multinuclear transfer reaction analysis. *Ukr. J. Phys.* **30** (1985) 819. (Rus)
12. A.N. Boyarkina. *Structure of Nuclei of 1*p*-shell* (Moskva, Moscow University, 1973) 62 p. (Rus)
13. R. Reid. Local phenomenological nucleon-nucleon potentials. *Annals of Physics* **50**(3) (1968) 411.
14. G. Bertsch et al. Interactions for inelastic scattering derived from realistic potentials. *Nucl. Phys. A* **284**(3) (1977) 399.

Надійшла 31.07.2019

Received 31.07.2019