

А. Т. Рудчик<sup>1,\*</sup>, А. А. Рудчик<sup>1</sup>, О. О. Чепурнов<sup>1</sup>, К. Русек<sup>2</sup>, К. В. Кемпер<sup>3</sup>, Є. І. Кощій<sup>4</sup>,  
С. Ю. Межевич<sup>1</sup>, Вал. М. Пірнак<sup>1</sup>, О. А. Понкратенко<sup>1</sup>, А. Столяж<sup>2</sup>, Р. Сюдак<sup>5</sup>, А. П. Льїн<sup>1</sup>,  
Б. В. Міщенко<sup>1</sup>, Ю. М. Степаненко<sup>1</sup>, В. В. Улещенко<sup>1</sup>, Ю. О. Ширма<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, Таллахасі, США

<sup>4</sup> Циклотронний інститут Техаського А&М університету, Техас, США

<sup>5</sup> Інститут ядерної фізики ім. Г. Неводнічанського, Краків, Польща

\*Відповідальний автор: rudchik@kinr.kiev.ua

## ПРУЖНЕ Й НЕПРУЖНЕ РОЗСІЯННЯ ІОНІВ <sup>10</sup>V ЯДРАМИ <sup>6</sup>Li ПРИ ЕНЕРГІЇ 51 МеВ

Отримано нові експериментальні дані диференціальних перерізів пружного й непружного розсіяння іонів <sup>10</sup>V ядрами <sup>6</sup>Li при енергії  $E_{\text{лаб}}(^{10}\text{V}) = 51$  МеВ для основних і збуджених станів 2,18 – 5,7 МеВ ядра <sup>6</sup>Li та 0,7 – 6,56 МеВ ядра <sup>10</sup>V. Отримані експериментальні дані та відомі з літератури дані пружного розсіяння іонів <sup>6</sup>Li ядрами <sup>10</sup>V при енергії  $E_{\text{лаб}}(^{6}\text{Li}) = 30$  МеВ проаналізовано за методом зв'язаних каналів реакцій. У схему зв'язку каналів включалися пружне й непружне розсіяння ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V, процеси переорієнтації спінів ядер <sup>6</sup>Li і <sup>10</sup>V та найбільш важливі реакції передач. Визначено параметри потенціалу взаємодії ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V типу Вудса – Саксона та параметри деформації ядер <sup>6</sup>Li і <sup>10</sup>V. Досліджено механізми непружного розсіяння ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V у рамках моделі колективних збуджень ядер, а також відмінності пружного розсіяння ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V при використанні потенціалів взаємодії ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V, <sup>7</sup>Li + <sup>10</sup>V і <sup>6</sup>Li + <sup>11</sup>B, визначено внески в пружне розсіяння ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V реакцій одно- та двоступінчастих передач нуклонів і кластерів, обчислених за трансляційно-інваріантною моделлю оболонки.

*Ключові слова:* ядерні реакції <sup>6</sup>Li(<sup>10</sup>V, <sup>10</sup>V),  $E = 51$  МеВ, ядерні спектри,  $\sigma(\theta)$ , механізми розсіяння ядер, параметри деформації ядер.

А. Т. Рудчик<sup>1,\*</sup>, А. А. Рудчик<sup>1</sup>, О. О. Чепурнов<sup>1</sup>, К. Русек<sup>2</sup>, К. В. Кемпер<sup>3</sup>, Є. І. Кощій<sup>4</sup>,  
С. Ю. Межевич<sup>1</sup>, Вал. М. Пірнак<sup>1</sup>, О. А. Понкратенко<sup>1</sup>, А. Столяж<sup>2</sup>, Р. Сюдак<sup>5</sup>, А. П. Ільїн<sup>1</sup>,  
Б. В. Міщенко<sup>1</sup>, Ю. М. Степаненко<sup>1</sup>, В. В. Улещенко<sup>1</sup>, Ю. О. Ширма<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, Таллахасі, США

<sup>4</sup> Циклотронний інститут Техаського А&М університету, Техас, США

<sup>5</sup> Інститут ядерної фізики ім. Г. Неводнічанського, Краків, Польща

\*Ответственный автор: rudchik@kinr.kiev.ua

## УПРУГОЕ И НЕУПРУГОЕ РАССЕЙНИЕ ИОНОВ <sup>10</sup>V ЯДРАМИ <sup>6</sup>Li ПРИ ЭНЕРГИИ 51 МэВ

Получены новые экспериментальные данные дифференциальных сечений упругого и неупругого рассеяния ионов <sup>10</sup>V ядрами <sup>6</sup>Li при энергии  $E_{\text{лаб}}(^{10}\text{V}) = 51$  МэВ для основных и возбужденных состояний 2,18 – 5,7 МэВ ядра <sup>6</sup>Li и 0,7 – 6,56 МэВ ядра <sup>10</sup>V. Измеренные экспериментальные данные и известные из литературы данные упругого рассеяния ионов <sup>6</sup>Li ядрами <sup>10</sup>V при энергии  $E_{\text{лаб}}(^{6}\text{Li}) = 30$  МэВ проанализированы по методу связанных каналов реакций. В схему связи каналов были включены упругое и неупругое рассеяние ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V, процессы переориентации спинов ядер <sup>6</sup>Li и <sup>10</sup>V и самые важные реакции передач. Определены параметры потенциала взаимодействия ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V типа Вудса - Саксона и параметры деформации ядер <sup>6</sup>Li и <sup>10</sup>V. Исследованы механизмы неупругого рассеяния ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V в рамках модели коллективных возбуждений ядер, исследованы отличия упругого рассеяния ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V при использовании параметров потенциалов взаимодействия ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V, <sup>7</sup>Li + <sup>10</sup>V и <sup>6</sup>Li + <sup>11</sup>B, определены вклады в упругое рассеяние ядер <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>V реакций одно- и двухступенчатых передач нуклонов и кластеров, рассчитанных по трансляционно-инвариантной модели оболочек.

*Ключевые слова:* ядерные реакции <sup>6</sup>Li(<sup>10</sup>V, <sup>10</sup>V),  $E = 51$  МэВ, ядерные спектры,  $\sigma(\theta)$ , механизмы рассеяния ядер, параметры деформации ядер.

A. T. Rudchik<sup>1,\*</sup>, A. A. Rudchik<sup>1</sup>, O. O. Chepurnov<sup>1</sup>, K. Rusek<sup>2</sup>, K. W. Kemper<sup>3</sup>, E. I. Koshchy<sup>4</sup>,  
S. Yu. Mezhevych<sup>1</sup>, Val. M. Pirnak<sup>1</sup>, O. A. Ponkratenko<sup>1</sup>, A. Stolarz<sup>2</sup>, R. Siudak<sup>5</sup>, A. P. Ilyin<sup>1</sup>,  
B. V. Mishchenko<sup>1</sup>, Yu. M. Stepanenko<sup>1</sup>, V. V. Uleshchenko<sup>1</sup>, Yu. O. Shyrma<sup>1</sup>

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

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

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

<sup>4</sup> Cyclotron Institute, Texas A&M University, College Station, USA

<sup>5</sup> H. Niewodniczański Institute of Nuclear Physics, Cracow, Poland

\*Corresponding author: rudchik@kinr.kiev.ua

## ELASTIC AND INELASTIC SCATTERING OF <sup>10</sup>B IONS BY <sup>6</sup>Li NUCLEI AT ENERGY 51 MeV

New experimental data of angular distributions for the elastic and inelastic scattering of <sup>10</sup>B ions by <sup>6</sup>Li nuclei were obtained at the energy  $E_{\text{lab}}(^{10}\text{B}) = 51$  MeV for the ground and excited 2.18 – 5.7 MeV states of <sup>6</sup>Li and 0.7 – 6.56 MeV states of <sup>10</sup>B. These elastic and inelastic scattering data and known from literature data of elastic scattering of <sup>6</sup>Li ions by <sup>10</sup>B nuclei at energy  $E_{\text{lab}}(^{6}\text{Li}) = 30$  MeV were analyzed within coupled-reaction-channels method. The <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>B elastic and inelastic scattering data, spin reorientation of <sup>6</sup>Li and <sup>10</sup>B, as well as more important transfer reactions, were included in the channels-coupling scheme. The Woods - Saxon potential parameters, as well as <sup>6</sup>Li and <sup>10</sup>B deformation parameters, were deduced. The mechanisms of the <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>B inelastic scattering were studied within the model of collective nuclei excitations, the differences of the <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>B elastic scattering from using <sup>6</sup>Li + <sup>10</sup>B, <sup>7</sup>Li + <sup>10</sup>B and <sup>6</sup>Li + <sup>11</sup>B potentials were observed, the contributions of one- and two-step transfers were deduced using spectroscopic amplitudes for transfer particles calculated within the translation invariant shell model.

**Keywords:** nuclear reactions <sup>6</sup>Li(<sup>10</sup>B, <sup>10</sup>B),  $E = 51$  MeV, particle spectra,  $\sigma(\theta)$ , nuclear scattering mechanisms, nuclear deformation parameters.

## REFERENCES

1. K.W. Kemper et al. Spectroscopic information from the <sup>9</sup>Be(<sup>7</sup>Li, <sup>6</sup>He)<sup>10</sup>B and <sup>9</sup>Be(<sup>7</sup>Li, <sup>6</sup>Li)<sup>10</sup>Be reactions. *Phys. Rev. C* **15** (1977) 1726.
2. M. Kowalczyk. SMAN: A Code for Nuclear Experiments. Warsaw University Report, 1998.
3. A.T. Rudchik et al. Isotopic effects in the <sup>7</sup>Li + <sup>10,11</sup>B elastic and inelastic scattering. *Eur. Phys. J. A* **33** (2007) 317.
4. J. Cook. DFPOT – a program for the calculation of double folded potentials. *Comp. Phys. Com.* **25**(2) (1982) 125.
5. R.V. Reid. Local phenomenological nucleon-nucleon potentials. *An. Phys.* **50** (1968) 411.
6. R.V. Bertsch et al. Interactions for inelastic scattering derived from realistic interactions. *Nucl. Phys. A* **284** (1977) 399.
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. I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. *Comp. Phys. Rep.* **7** (1988) 167.
9. M.F. Vineyard, K.W. Kemper, J. Cook. Excitation of <sup>6</sup>Li by <sup>16</sup>O at  $E_{\text{c.m.}} = 18.7$  MeV. *Phys. Lett. B* **142** (1984) 249.
10. A.T. Rudchik et al. Elastic and inelastic scattering of <sup>6</sup>Li + <sup>18</sup>O versus <sup>7</sup>Li + <sup>18</sup>O and <sup>6</sup>Li + <sup>16</sup>O. *Nucl. Phys. A* **922** (2014) 71.
11. Yu.F. Smirnov, Yu.M. Tchuvil'sky. Cluster spectroscopic factors for the p-shell nuclei. *Phys. Rev. C* **15** (1977) 84.
12. A.T. Rudchik, Yu.M. Tchuvil'sky. Spectroscopic amplitude calculations for different clusters in the 1p-shell nuclei (code DESNA). The preprint of the Institute for Nuclear Research AS of Ukraine. КИЯИ-82-12 (Kyiv, 1982) 27 p. (Rus)
13. A.T. Rudchik, Yu.M. Tchuvil'sky. Spectroscopic amplitudes of multinucleon clusters in the 1p-shell nuclei and multinucleon transfer reaction analysis. *Ukrainian Journal of Physics* **30** (1985) 819. (Rus)
14. A.N. Boyarkina. *Structure of Nuclei of 1p-shell* (Moskva: Moscow University, 1973) 62 p. (Rus)

Надійшла / Received 22.10.2019