

**О. А. Понкратенко, А. А. Рудчик, А. Т. Рудчик, Ю. М. Степаненко,
В. В. Улещенко, Ю. О. Ширма**

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

ГЛОБАЛЬНІ ПОТЕНЦІАЛИ ВЗАЄМОДІЇ ДЛЯ ДИФРАКЦІЙНОГО РОЗСІЯННЯ $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ ТА $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ У ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЕНЕРГІЙ

Проведено детальне дослідження поведінки наявних експериментальних даних диференціального перерізу пружного розсіяння в системах $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ та $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ в енергетичному діапазоні від 1 до 200 МеВ/нуклон. Виявлено, що в діапазоні переданих імпульсів від 0 до 3-4 fm^{-1} диференціальні перерізи демонструють яскраво виражений дифракційний характер розсіяння для всіх енергій з досліджуваного діапазону. Установлено загальні закономірності поведінки положень восьми перших дифракційних максимумів і мінімумів та значень перерізів у цих максимумах зі зміною енергії взаємодії. На основі аналізу в рамках оптичної моделі побудовано енергетично залежні оптичні потенціали взаємодії для даних систем у повному діапазоні енергій. Отримані потенціали задовільно описують усі наявні експериментальні дані, чітко відображають характерні риси перерізу дифракційного розсіяння. За допомогою отриманих енергетично залежних потенціалів продемонстровано еволюцію параметрів потенціалів зі зміною енергії взаємодії.

Ключові слова: розсіяння важких іонів, енергетична залежність параметрів потенціалу, оптична модель, фолдинг-модель, оптичні потенціали, дифракційне розсіяння.

**О. А. Понкратенко, А. А. Рудчик, А. Т. Рудчик,
Ю. Н. Степаненко, В. В. Улещенко, Ю. О. Ширма**

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ДИФРАКЦИОННОГО РАСSEЯНИЯ $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ И $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ

Выполнено детальное исследование поведения имеющихся экспериментальных данных по дифференциальным сечениям упругого рассеяния в системах $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ и $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ для диапазона энергий от 1 до 200 МэВ на нуклон. Найдено, что в диапазоне переданных импульсов от 0 до 3-4 fm^{-1} дифференциальные сечения демонстрируют ярко выраженный дифракционный характер рассеяния для всех энергий исследованного диапазона. Проанализирована эволюция положений первых восьми дифракционных максимумов и минимумов и величины сечений в максимумах при изменении энергии взаимодействия. Выполнен анализ экспериментальных данных в рамках оптической модели. Построен зависящий от энергии оптический потенциал взаимодействия для рассмотренных систем в полном диапазоне энергий. Полученный потенциал удовлетворительно описывает все имеющиеся экспериментальные данные, четко отражает характерные черты сечений дифракционного рассеяния.

Ключевые слова: рассеяние тяжелых ионов, оптические потенциалы, энергетическая зависимость параметров потенциала, оптическая модель, фолдинг-модель, дифракционное рассеяние.

**O. A. Ponkratenko, A. A. Rudchik, A. T. Rudchik,
Yu. M. Stepanenko, V. V. Uleschenko, Yu. O. Shyrma**

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

GLOBAL POTENTIAL OF INTERACTION FOR $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ - AND $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ -DIFFRACTIVE SCATTERING IN THE WIDE ENERGY RANGE

Detailed study of the behavior of experimental differential cross sections for the $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ -, $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ -elastic scattering in the energy range from 1 to 200 MeV/nucleon have been carried out. It is found that differential cross sections in the range of transfer momentum from 0 to 3-4 fm^{-1} shows the diffraction character for scattering in the overall energy range. The behavior features of the allocations of the first eight diffraction maxima and minima as well values of cross-sections in the maxima at the change of the

interaction energy have been analyzed. It has been received energy-dependent optical potentials of the interaction for examines systems at the full range of energies. The obtained potentials describe the available experimental data satisfactorily and reproduce typical features of diffractive scattering cross sections.

Keywords: heavy ions scattering, optical potentials, energy dependence of the potential parameters, optical model, folding model, diffractive scattering.

REFERENCES

1. *Khoa Dao T., Satchler G.R.* Generalized folding model for elastic and inelastic nucleus-nucleus scattering using realistic density dependent nucleon-nucleon interaction // *Nucl. Phys. A.* - 2000. - Vol. 668. - P. 3 - 41.
2. *Gontchar I.I., Hinde D.J.* Double folding nucleus-nucleus potential applied to heavy-ion fusion reactions // *Phys. Rev. C.* - 2004. - Vol. 69. - P. 024610.
3. *Ponkratenko O.A., Uleshchenko V.V., Shyrma Yu.O.* // *Nucl. Phys. At. Energy.* - 2013. - Vol. 14, No. 3. - P. 239 - 246. (Ukr)
4. *Nicoli M.P., Haas F., Freeman R.M. et al.* Detailed study and mean field interpretation of $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ elastic scattering at seven medium energies // *Phys. Rev. C.* - 2000. - Vol. 61. - P. 034609.
5. *Gontchar I.I., Chushnyakova M.V.* A C-code for the double folding interaction potential of two spherical nuclei // *Comput. Phys. Commun.* - 2010. - Vol. 181. - P. 168 - 182.
6. *Satchler G.R.* Heavy-ion scattering and reactions near the Coulomb barrier and “threshold anomalies” // *Phys. Rep.* - 1991. - Vol. 199, № 3. - P. 147 - 190.
7. *Carstoiu F., Trache L., Tribble R.E et al.* Refractive effects in the scattering of loosely bound nuclei // *Phys. Rev. C.* - 2004. - Vol. 70. - P. 054610.
8. *Mahaux C., Hgo H., Satchler G.R.* Causality and the threshold anomaly of the nucleus- nucleus potential // *Nucl. Phys. A.* - 1985. - Vol. 449. - P. 354 - 395.
9. *Hamada Sh., Burtebayev N., Gridnev K.A. et al.* Analysis of alpha-cluster transfer in $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ and $^{12}\text{C} + ^{16}\text{O}$ at energies near Coulomb barrier // *Nucl. Phys. A.* - 2011. - Vol. 859. - P. 29 - 38.
10. *Gutbrod H.H., Bock R., Von Oertzen W. et al.* Elastic and inelastic scattering of ^{16}O by ^{12}C at forward and backward angles // *Z. Phys.* - 1973. - Vol. 262. - P. 377 - 392.
11. *Krubasik E., Voit H., Blatt E. et al.* Elastische Streuung von ^{16}O an ^9Be , ^{10}B , und ^{12}C // *Z. Phys.* - 1969. - Vol. 219. - P. 185 - 200.
12. *Malmin R.E., Harris J.W., Paul P.* Intermediate structure resonances in the inelastic scattering of ^{12}C on ^{16}O // *Phys. Rev. C.* - 1978. - Vol. 18. - P. 163. - 179.
13. *Frawley A.D., Roy A., Fletcher N.R.* Transparency to the I = 9 Partial Wave in the Region of the 14.7-MeV Resonance I // *Phys. Rev. Lett.* - 1980. - Vol. 44. - P. 1377 - 1380.
14. *Malmin R.E., Siemssen R.H.* Resonance in $^{12}\text{C} + ^{16}\text{O}$ scattering at $E_{c.m.} = 19.7$ MeV* // *Phys. Rev. Lett.* - 1972. - Vol. 24. - P. 1590 - 1593.
15. *Wilschut H.W., Braun-Munzinger P., Berkowitz G.M. et al* The 19.7 MeV resonance in the system $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ // *Phys. Lett.* - 1982. - Vol. 113B. - P. 141 - 145.
16. *Villari A.C.C., Lepine-Szily A., Lichtenthaler Filho R. et al.* Total reaction cross section and forward glory for $^{12}\text{C} + ^{16}\text{O}$ // *Nucl. Phys. A.* - 1989. - Vol. 501. - P. 605 - 620.
17. *Cole A.J., Longequeue N., Cavaignac J.F.* $^{16}\text{O} - ^{12}\text{C}$ scattering: description of the gross structure features using an optical model // *Le Journal de Phys.* - 1977. - Vol. 38. - P. 1043 - 1049.
18. *Bohlen H.G., Ossenbrink H., Von Oertzen W. et al.* Measurement of spin-alignment of excited $^{12}\text{C}_{2+}$ nuclei in interactions of ^{16}O with ^{12}C using γ -decay in flight // *Z. Phys. A* - 1978. - Vol. 285. - P. 379 - 388.
19. *Motobayashi T., Kohno I., Ooi T. et al.* α -transfer reactions between light nuclei // *Nucl. Phys. A.* - 1979. - Vol. 331. - P. 193 - 212.
20. *Hiebert J.C., Garvey G.T.* Elastic and inelastic scattering at 168 MeV in the $^{16}\text{O} - ^{12}\text{C}$ system // *Phys. Rev.* - 1964. - Vol. 135. - P. B346 - B357.
21. *Brandan M.E., Menchaca-Rocha A., Trache L. et al.* Refractive elastic scattering of ^{16}O by ^{12}C at 300 MeV // *Nucl. Phys. A.* - 2001. - Vol. 688. - P. 659 - 668.
22. *Dem'yanova A.S., Glukhov Yu.A., Goncharov S.A. et al.* // Program and Abstracts of 54 Int. Meeting on Nucl. Spectroscopy and Nucl. Structure. Belgorod, Russia, 2004. - P. 187. (Rus)
23. *Ostrowski A.N., Tiereth W., Voit H.* Forward nuclear glory in $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ scattering // *Phys. Rev. C.* - 1991. - Vol. 44. - P. 2082.
24. *Emling H., Nowotny R., Pelte D. et al.* Elastic and inelastic scattering of identical heavy ions // *Nucl. Phys. A.* - 1975. - Vol. 239. - P. 172 - 188.
25. *Wieland R., Gobbi A., Chua L. et al.* Inelastic Scattering of ^{12}C on ^{12}C // *Phys. Rev. C.* - 1973. - Vol. 8. - P. 37.
26. *Stokstad R.G., Wieland R.M., Satchler G.R. et al.* Elastic and inelastic scattering of ^{12}C by ^{12}C from $E_{c.m.} = 35 - 63$ MeV // *Phys. Rev. C.* - 1979. - Vol. 20. - P. 655.
27. *Kubono S., Sugitani M., Tanaka M.H. et al.* 3α -breakup induced dynamical polarization potential of ^{12}C at $E/A \geq 10$ MeV // *Phys. Lett. B.* - 1985. - Vol. 163. - P. 75 - 78.
28. *Kubono S., Tanaka M.H., Sugitani M. et al.* Elastic and inelastic scattering of $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ at $E/A \geq 10$ MeV and the deformation parameters // *Phys. Rev. C.* - 1985. - Vol. 31. - P. 2082.

29. *Bohlen H.G., Chen X.S., Cramer J.G. et al.* Refractive Scattering and the Nuclear Rainbow in the Interaction of $^{12,13}\text{C}$ with ^{12}C at 20 MeV/N // *Z. Phys. A.* - 1985. - Vol. 322. - P. 241 - 261.
30. *Bohlen H.G., Clover M.R., Ingold G. et al.* Observation of the Nuclear Rainbow Scattering for $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ at $E_{\text{Lab}} = 300$ MeV // *Z. Phys. A.* - 1982. - Vol. 308. - P. 121 - 131.
31. *Buenerd M., Lounis A., Chauvin J. et al.* Elastic and inelastic scattering of carbon ions at intermediate energies // *Nucl. Phys. A.* - 1984. - Vol. 424. - P. 313 - 334.
32. *Buenerd M., Pinston J., Cole J. et al.* Elastic and inelastic scattering of 1.03 GeV ^{12}C projectiles // *Phys. Lett. B.* - 1981. - Vol. 102. - P. 242 -246.
33. *Hostachy J.Y., Buenerd M., Chauvin J. et al.* Elastic scattering of ^{12}C on ^{12}C at $E/A = 120$ MeV/u and 200 MeV/u // *Phys. Lett. B.* - 1987. - Vol. 184. - P. 139 -143.
34. *Ichihara T., Niizeki T., Okamura H. et al.* Spin-isospin resonances observed in the ($d, ^2\text{He}$) and ($^{12}\text{C}, ^{12}\text{N}$) reactions at $E/A = 135$ MeV // *Nucl. Phys. A.* - 1994. - Vol. 569. - P. 287c - 296c.
35. *Nilsson B.S.* SPI-GENOA: an Optical Model Search Code. - 1976. - (Report / The Niels Bohr Institute).
36. *Thompson I.J.* Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // *Comp. Phys. Rep.* - 1988. - Vol. 7. - P. 167 - 212.

Надійшла 20.08.2014

Received 20.08.2014

