

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

5 (303)

**ҚЫРКҮЙЕК – ҚАЗАН 2015 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2015 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2015**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчекөв Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 303 (2015), 28 – 32

**PHASE SHIFTS ANALYSIS OF PROTONS ELASTIC SCATTERING
ON ^{16}O . II**

S. B. Dubovichenko, A. V. Dzhazairov-Kakhramanov, A. S. Tkachenko

V. G. Fessenkov Astrophysical institute «NCSRT» RK, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: dubovichenko@gmail.com; albert-j@yandex.ru; hangovergoddess@gmail.com

Keywords: nuclear physics, elastic scattering, $p^{16}\text{O}$ system.

Abstract. The standard phase shift analysis at energies from 0.4 to 3.0 MeV was carried out on the basis of known experimental measurements of the differential cross sections in the excitation functions of the elastic $p^{16}\text{O}$ scattering in the range of 110° - 178° .

УДК 52-48, 524, 539.14, 539.17

**ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ПРОТОНОВ
НА ^{16}O . II**

С. Б. Дубовиченко, А. В. Джазаиров-Кахраманов, А. С. Ткаченко

Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова «НЦКИТ» РК, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: ядерная физика, упругое рассеяние, $p^{16}\text{O}$ система.

Аннотация. На основе известных экспериментальных измерений дифференциальных сечений в функциях возбуждения упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния в области углов 110° - 178° выполнен стандартный фазовый анализ при энергиях от 0.4 до 3.0 МэВ.

Введение. Переходя теперь к непосредственному описанию результатов нашего нового фазового анализа упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при энергиях 0.4–3.0 МэВ, напомним, что ранее мы уже выполняли фазовый анализ в системах $n^3\text{He}$ [1], $p^6\text{Li}$ [2], $n^{12}\text{C}$ [3], $p^{12}\text{C}$ [4], $^4\text{He}^4\text{He}$ [5], $^4\text{He}^{12}\text{C}$ [6], $p^{13}\text{C}$ [7], $p^{14}\text{C}$ [8] и $n^{16}\text{O}$ [9], причем, в основном при астрофизических энергиях. Для поиска данных по дифференциальным сечениям из разных работ мы использовали базу данных EXFOR [10]. Заметим, что в своих анализах мы использовали точные значения масс частиц, равные $M_p=1.00727646577\text{D}-000$ и $M_{16\text{O}}=15.994915\text{D}-000$ – они взяты из баз данных [11] и [12].

Фазовый анализ функций возбуждения

Как уже говорилось, в [13] выполнены измерения функций возбуждения при энергиях от 0.4 до 2 МэВ, однако, фазовый анализ этих экспериментальных данных не проводился. На рисунке 1 точками показаны результаты измерений, выполненных в этой работе при угле рассеяния 171.5° . На рисунке 2 кружками приведены результаты нашего фазового анализа, полученного на основе функций возбуждения [13].

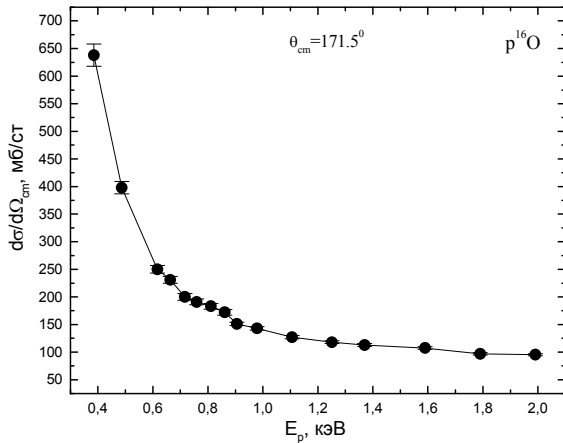


Рисунок 1 – Функции возбуждения упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при низких энергиях, полученные в работах [13]

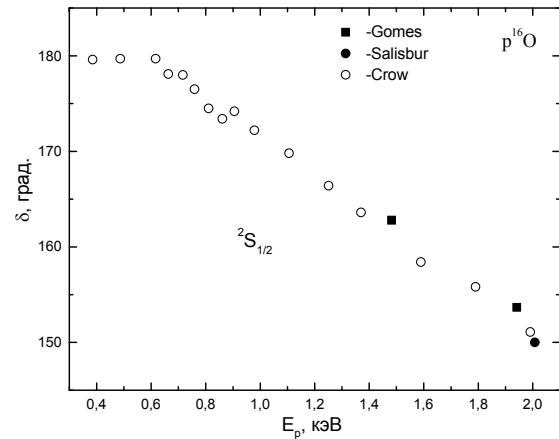


Рисунок 2 – Фазы упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния, полученные нами из функций возбуждения работы [13]. Приведено сравнение с результатами фазовых анализов работ [14, 15] при энергии выше 1.5 МэВ

Значения сечений, вычисленные с такими фазами, приведены на рисунке 1 непрерывной кривой. На рисунке 3 приведены величины χ^2 с 10% экспериментальными ошибками для экспериментальных и расчетных сечений в функциях возбуждения [13].

Для сравнения на рисунке 2 показаны результаты фазовых анализов из работ [14] – точка при 2 МэВ и [15] – квадраты примерно при 1.5 и 2 МэВ. Из новых результатов, показанных на рисунке 2, хорошо видна форма $^2S_{1/2}$ -фазы рассеяния при самых низких энергиях, которые играют основную роль при рассмотрении термоядерных процессов радиационного захвата при астрофизических энергиях. Видно, что при энергии 0.6 МэВ и меньше эта фаза

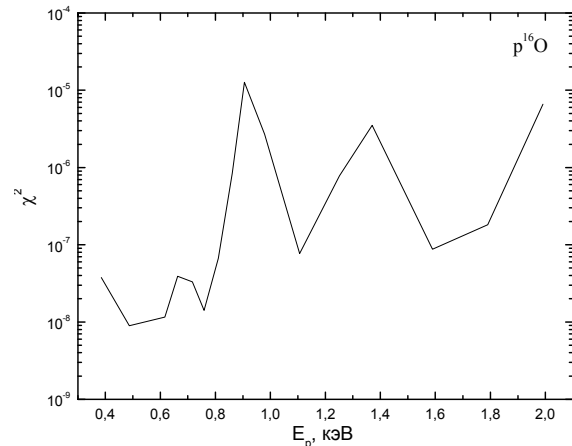


Рисунок 3 – Величина χ^2 , полученная с фазами рассеяний, показанными на рисунке 2, при описании экспериментальных функций возбуждения

практически равна 180° . При энергиях выше 1.5 МэВ наблюдается хорошее согласие с предыдущими результатами фазовых анализов. Отличие новых и старых результатов по фазам рассеяния, полученных в 60-х годах прошлого века, не превышает, по-видимому, $2-3^\circ$. Здесь можно заметить, что сами измерения дифференциальных сечений работы [13] были выполнены в середине 70-х годов XX века и мало отличаются от данных работ [14, 15].

Поскольку фазовый анализ выполняется по одной точке в сечениях, т.е. при одном значении сечения при заданной энергии, одна $S_{1/2}$ -фаза рассеяния находится полностью однозначно. Это демонстрирует величина χ^2 , показанная на рисунке 3, и находящаяся на уровне $10^{-5}-10^{-8}$. Она характеризует отличие экспериментального и рассчитанного с полученными фазами сечения в функциях возбуждения.

Далее рассмотрим результаты, получаемые в фазовом анализе, который выполнен на основе данных работы [16] в области энергий 1–3 МэВ при трех углах рассеяния 110° , 150° и 170° в лабораторной системе (л.с.) или 113.4° , 151.8° и 170.6° в центре масс (ц.м.). Результаты описания сечений для первого угла с полученными теоретическими фазами приведены на рисунке 4, а сами фазы показаны на рисунке 5. На рисунках 6 и 7 показаны аналогичные результаты для угла рассеяния 150° , а на рисунках 8 и 9 подобные результаты для угла 170° . При всех энергиях учитывалась только $S_{1/2}$ -фаза рассеяния при всех P -фазах равных нулю.

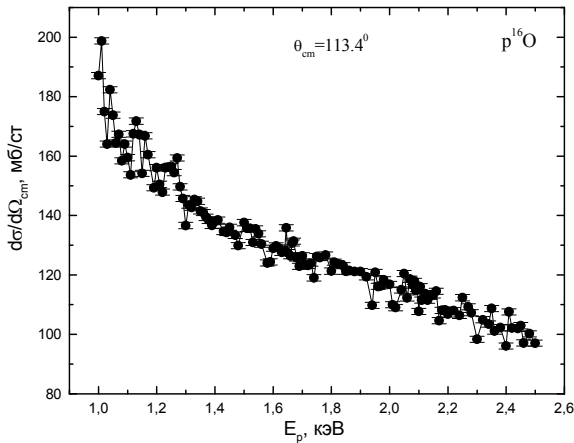


Рисунок 4 – Функции возбуждения упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при низких энергиях, полученные в работах [16]

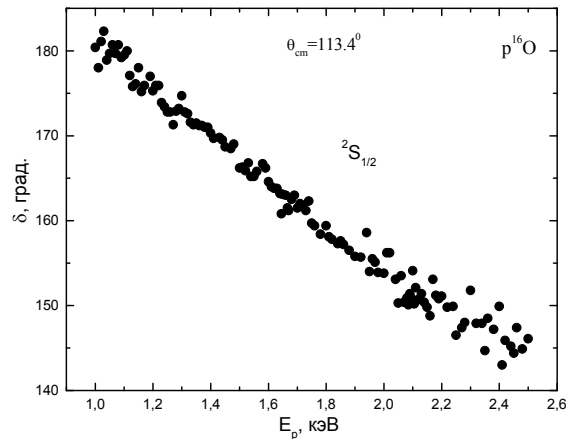


Рисунок 5 – Фазы упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния, полученные нами из функций возбуждения работы [16]

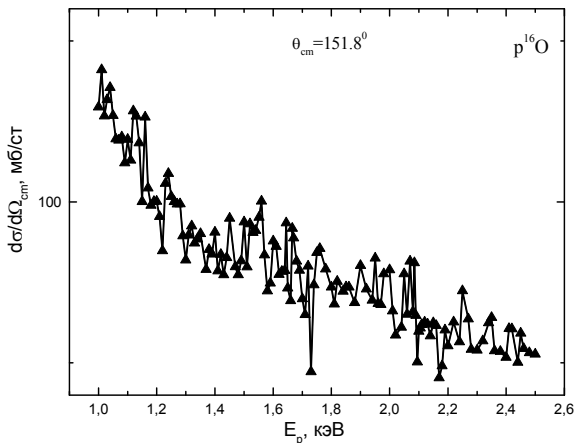


Рисунок 6 – Функции возбуждения упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при низких энергиях, полученные в работах [16]

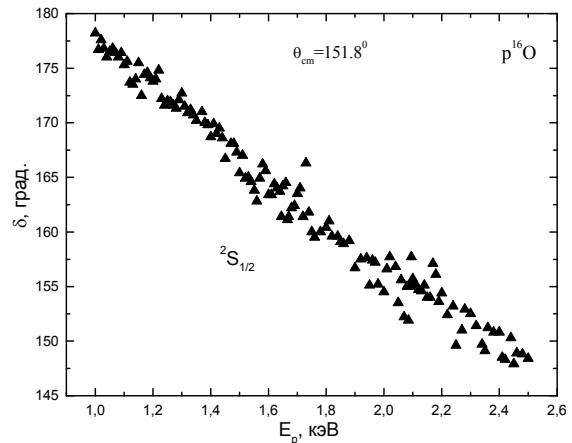


Рисунок 7 – Фазы упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния, полученные нами из функций возбуждения работы [16]

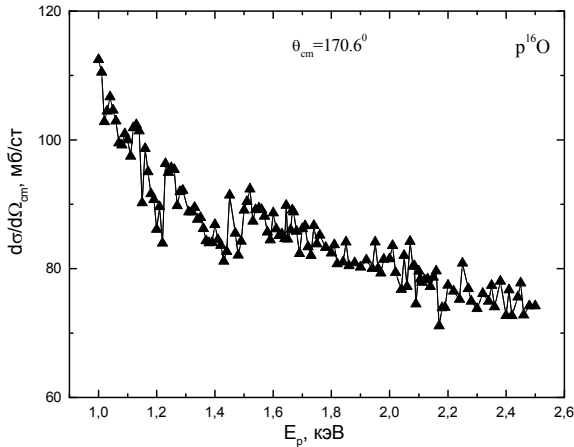


Рисунок 8 – Функции возбуждения упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при низких энергиях, полученные в работах [16]

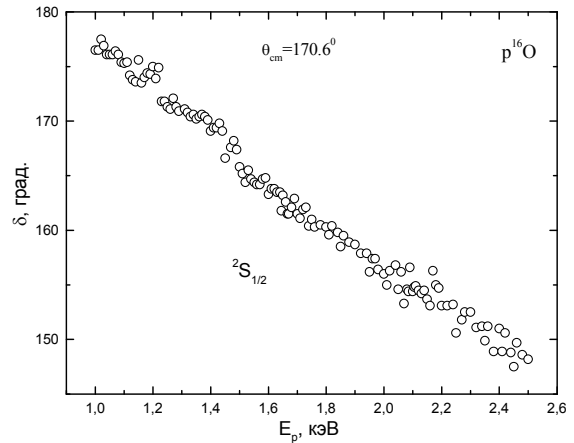


Рисунок 9 – Фазы упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния, полученные нами из функций возбуждения работы [16]

Как видно из приведенных рисунков, при наличии одной $S_{1/2}$ -фазы рассеяния удается вполне правильно описать имеющиеся экспериментальные данные из работы [16] при всех энергиях и углах в $p^{16}\text{O}$ -рассеянии. Для примера, который демонстрирует качество описания эксперимента, на рисунках 10 и 11 показана величина χ^2 для двух углов рассеяния. Как видно из этих результатов, величина χ^2 не превышает 10^{-4} для каждой точки в функциях возбуждения работы [16]. Учет только одной $S_{1/2}$ -фазы рассеяния позволяет хорошо описать все данные по функциям возбуждения

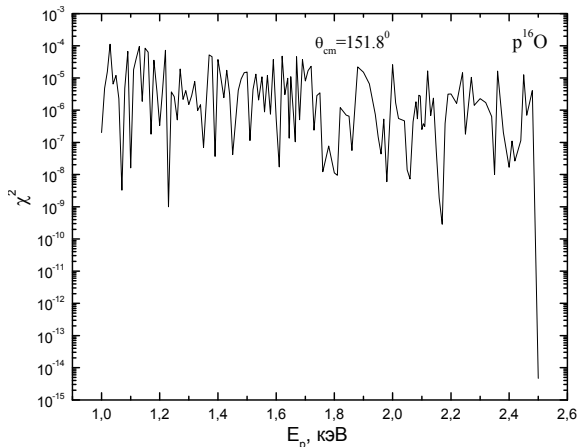


Рисунок 10 – Величина χ^2 , полученная с фазами рассеяния, показанными на рисунке 7, при описании экспериментальных функций возбуждения

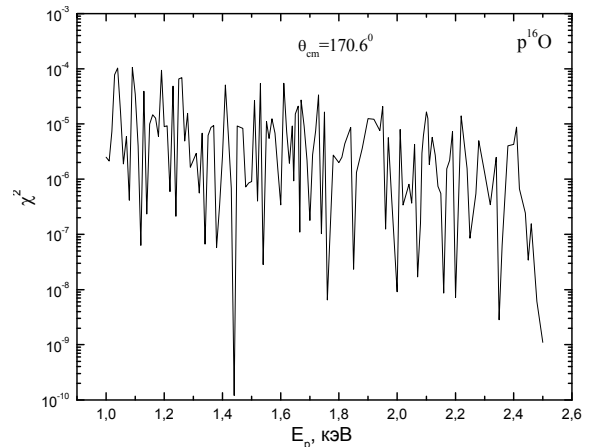
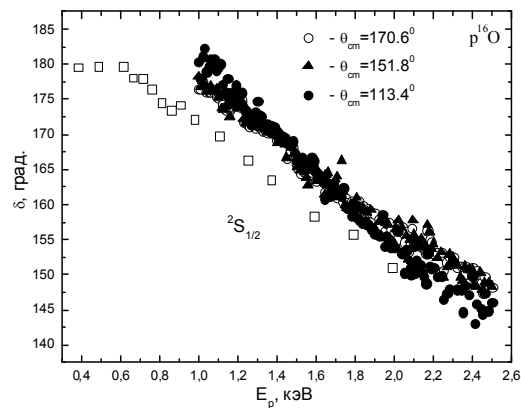


Рисунок 11 – Величина χ^2 , полученная с фазами рассеяния, показанными на рисунке 9, при описании экспериментальных функций возбуждения

Рисунок 12 – Фазы упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния, полученные нами из функций возбуждения работы [16] при трех углах рассеяния в сравнении с результатами для работы [13] – открытые квадраты



из работы [16] до области резонанса 2.66 МэВ [17]. На следующем рисунке 12 приведены все фазы, полученные для указанных трех углов рассеяния в сравнении с результатами для работы [13]. Видно, что здесь наблюдается заметное различие между результатами фазовых анализов работа [13] и [16].

Таким образом, получены результаты фазового анализа для данных из нескольких работ при разных углах рассеяния в области энергий 0.4–2.5 МэВ. Видно, что результаты для фаз рассеяния, полученные на основе данных работы [13] опубликованной в 1975 г., расположены заметно ниже аналогичных результатов для работы [16], изданных в 1983 и 1993 г. соответственно. В следующей части данной статьи мы рассмотрим другие экспериментальные данные и результаты для фазового анализа, которые из них следуют.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2015. (в печати)
- [2] Dubovichenko S.B., Zazulin D.M. // Russ. Phys. J. - 2010. V.53. №5. - P.458.
- [3] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2012. V.55 №5. - P.561.
- [4] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2008. V.51. №11. - P.1136.
- [5] Dubovichenko S.B. // Phys. Atom. Nucl. - 2008. V.71. №1. - P.65.
- [6] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2009. V.52. №7. - P.715.
- [7] Dubovichenko S.B. // Phys. Atom. Nucl. - 2012. V.75. №3. - P.285.
- [8] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2015. (в печати)
- [9] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2013. V.55. №9. - P.992.
- [10] <http://cdf.e.sinp.msu.ru/exfor/index.php> .
- [11] http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search_for=atomnuc! .
- [12] <http://cdf.e.sinp.msu.ru/cgi-bin/muh/radchartnucl.cgi?zmin=0&zmax=14&tdata=123456> .
- [13] Chow H.C., Griffithsa G.M., Hall T.H. The $^{16}\text{O}(p,\gamma)^{17}\text{F}$ Direct Capture Cross Section with an Extrapolation to Astrophysical Energies // Can. J. Phys. -1975. V.53. – P.1672-1687.
- [14] Salisbury S.R. and Richards H.T. ^{17}F Level Parameters // Phys. Rev. - 1962. V.126. - P.2147-2158.
- [15] Gomes V., Douglas R.A., Polga T. and Sala O. The $E_p = 2.66$ MeV resonance in $^{16}\text{O}(p, p)^{16}\text{O}$ // Nucl. Phys. - 1965. V.A68. - P.417-425.
- [16] Amirikas R., Jamieson D.N. and Dooley S.P. Measurement of (p, p) elastic cross sections for C, O and Si in the energy range 1.0-3.5 MeV // Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. - 1993. V.B77. - P.110-116.
- [17] Tilley D.R., Weller H.R., Cheves C.M. // Nucl. Phys. - 1993. V.A564. - P.1-183.

REFERENCES

- [1] Dubovichenko S.B. Russ. Phys. J., 2015. (в печати)
- [2] Dubovichenko S.B., Zazulin D.M. Russ. Phys. J., 2010. V.53. №5. P.458.
- [3] Dubovichenko S.B. Russ. Phys. J., 2012. V.55 №5. P.561.
- [4] Dubovichenko S.B. Russ. Phys. J., 2008. V.51. №11. P.1136.
- [5] Dubovichenko S.B. Phys. Atom. Nucl., 2008. V.71. №1. P.65.
- [6] Dubovichenko S.B. Russ. Phys. J., 2009. V.52. №7. P.715.
- [7] Dubovichenko S.B. Phys. Atom. Nucl., 2012. V.75. №3. P.285.
- [8] Dubovichenko S.B. Russ. Phys. J., 2015. (в печати)
- [9] Dubovichenko S.B. Russ. Phys. J., 2013. V.55. №9. P.992.
- [10] <http://cdf.e.sinp.msu.ru/exfor/index.php> .
- [11] http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search_for=atomnuc! .
- [12] <http://cdf.e.sinp.msu.ru/cgi-bin/muh/radchartnucl.cgi?zmin=0&zmax=14&tdata=123456> .
- [13] Chow H.C., Griffithsa G.M., Hall T.H. The $^{16}\text{O}(p,\gamma)^{17}\text{F}$ Direct Capture Cross Section with an Extrapolation to Astrophysical Energies. Can. J. Phys., 1975. V.53. P.1672-1687.
- [14] Salisbury S.R. and Richards H.T. ^{17}F Level Parameters. Phys. Rev., 1962. V.126. P.2147-2158.
- [15] Gomes V., Douglas R.A., Polga T. and Sala O. The $E_p = 2.66$ MeV resonance in $^{16}\text{O}(p, p)^{16}\text{O}$. Nucl. Phys., 1965. V.A68. P.417-425.
- [16] Amirikas R., Jamieson D.N. and Dooley S.P. Measurement of (p, p) elastic cross sections for C, O and Si in the energy range 1.0-3.5 MeV. Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res., 1993. V.B77. P.110-116.
- [17] Tilley D.R., Weller H.R., Cheves C.M. Nucl. Phys., 1993. V.A564. P.1-183.

ПРОТОНДАРДЫҢ ^{16}O -ГЕ СЕРПІМДІ ШАШЫРАУЫН ФАЗАЛЫҚ ТАЛДАУ. II

С. Б. Дубовиченко, А. В. Джазаиров-Кахраманов, А. С. Ткаченко

ҚР «Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» В. Г. Фесенков атындағы
Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: ядролық физика, серпімді шашырау, $p^{16}\text{O}$ жүйесі.

Аннотация. 110° - 178° бұрыштары аймағындағы серпімді $p^{16}\text{O}$ -шашырауды козу функцияларындағы дифференциалдық кималарды белгілі эксперименттік өлшеулердің негізінде 0.4 МэВ бастап 2.5 МэВ дейінгі энергияларда стандарттық фазалық талдау жасалды.

Поступила 15.15.2015 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.physics-mathematics.kz>

Редактор *М. С. Ахметова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 25.09.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,0 п.л. Тираж 300. Заказ 5.