

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 **Байғұнчечков 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

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 303 (2015), 22 – 28

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

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 . I**

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. Ранее в работах [1] нами была показана возможность описания кулоновских форм-факторов ядер лития на основе потенциальной кластерной модели (ПКМ) [2, 3]. Такая модель учитывает запрещенные состояния [3-6] в межкластерных потенциалах, которые использовались нами еще в работах [7]. Далее в работах [8] нами продемонстрирована возможность правильного воспроизведения практически всех характеристик ядра ${}^6\text{Li}$, включая его квадрупольный момент, в потенциальной кластерной модели с тензорными силами [4]. И наконец, в работах [2, 3, 9-14] показана возможность описания астрофизических S -факторов или полных сечений радиационного $n^2\text{H}$, $p^2\text{H}$, $p^3\text{H}$, $n^6\text{Li}$, $p^6\text{Li}$, $n^7\text{Li}$, $p^7\text{Li}$, $p^9\text{Be}$, $n^9\text{Be}$, $p^{10}\text{B}$, $n^{10}\text{B}$, $p^{11}\text{B}$, $n^{11}\text{B}$, $n^{12}\text{C}$, $p^{12}\text{C}$, $n^{13}\text{C}$, $p^{13}\text{C}$, $n^{14}\text{C}$, $p^{14}\text{C}$, $n^{14}\text{N}$, $n^{15}\text{N}$, $p^{15}\text{N}$, $n^{16}\text{O}$ и ${}^2\text{H}^4\text{He}$, ${}^3\text{He}^4\text{He}$, ${}^3\text{H}^4\text{He}$, ${}^4\text{He}^{12}\text{C}$ захвата при тепловых и астрофизических энергиях. Эти расчеты 27-ми перечисленных выше процессов захвата выполнены на основе модифицированного варианта ПКМ (МПКМ), описанного в работах [13, 15].

Определенный успех такой МПКМ можно объяснить тем, что потенциалы межкластерного взаимодействия строятся на основе известных фаз упругого рассеяния с учетом классификации кластерных состояний по схемам Юнга [16]. Извлекаемые из экспериментальных дифференциальных сечений фазы упругого рассеяния позволяют таким образом построить потенциалы взаимодействия двух частиц в непрерывном спектре и выполнить расчеты некоторых характеристик их взаимодействия в процессах рассеяния и реакций. Например, это могут быть астрофизические S -факторы реакций радиационного захвата [17] или полные сечения таких реакций [18], в том числе, и радиационного захвата для некоторых термоядерных реакций в астрофизической области энергий, которая обычно рассматривается в наших предыдущих работах [2, 15].

Переходя теперь к непосредственному описанию результатов нашего фазового анализа упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния, заметим, что ранее мы уже выполняли фазовый анализ в системах $n^3\text{He}$ [19], $p^6\text{Li}$ [20], $n^{12}\text{C}$ [21], $p^{12}\text{C}$ [22], ${}^4\text{He}^4\text{He}$ [23], ${}^4\text{He}^{12}\text{C}$ [24], $p^{13}\text{C}$ [25], $p^{14}\text{C}$ [26] и $n^{16}\text{O}$ [27], причем, в основном при низких и астрофизических энергиях.

Структура кластерных состояний для $p^{16}\text{O}$ системы

Как обычно [2, 15], предполагаем, что связанное состояние (СС) ядра ${}^{17}\text{F}$ обусловлено кластерным каналом, состоящем из начальных частиц, которые участвуют в реакции. Рассмотрим классификацию орбитальных состояний $p^{16}\text{O}$ -системы по схемам Юнга. Основному связанному состоянию ядра ${}^{16}\text{O}$ соответствует схема Юнга $\{4444\}$ [12], поэтому для $p^{16}\text{O}$ -системы имеем $\{1\} \times \{4444\} = \{5444\} + \{44441\}$. Первая из полученных схем совместима с орбитальным моментом $L = 0$ и является запрещенной, поскольку в s -оболочке не может быть пять нуклонов, а вторая схема разрешена (РС) и совместима с орбитальным моментом $L = 1$ [16, 28].

Таким образом, в потенциале ${}^2S_{1/2}$ -волны, которая соответствует первому возбужденному состоянию (ПВС) ядра ${}^{17}\text{F}$ при 0.4953 МэВ с $J^\pi = 1/2^+$ относительно основного состояния (ОС) или -0.1052 МэВ относительно порога $p^{16}\text{O}$ -канала и S -состояниям рассеяния этих кластеров, имеется запрещенное связанное состояние. 2P -волны рассеяния связанных ЗС не содержит, а разрешенное состояние с $\{44441\}$ может располагаться, как в непрерывном, так и дискретном спектре. Основное состояние ядра ${}^{17}\text{F}$ с $J^\pi, T = 5/2^+, 1/2$ в $p^{16}\text{O}$ -канале, которое находится при энергии -0.6005 МэВ [29], относится к ${}^2D_{5/2}$ -волне и также не содержит запрещенных СС.

Однако у нас отсутствуют полные таблицы произведений схем Юнга для системы с числом частиц больше восьми [30], которые использовались нами ранее для подобных расчетов [2, 4, 15, 31]. Поэтому полученный выше результат следует считать лишь качественной оценкой возможных орбитальных симметрий в связанных состояниях ядра ${}^{17}\text{F}$ для $p^{16}\text{O}$ -канала. В тоже время уже показано, что столь простая оценка числа ЗС и РС позволяет построить потенциалы, которые используются в МПКМ и приводят к правильному описанию имеющихся экспериментальных данных по радиационному захвату некоторых частиц на легких ядрах [2, 15, 31].

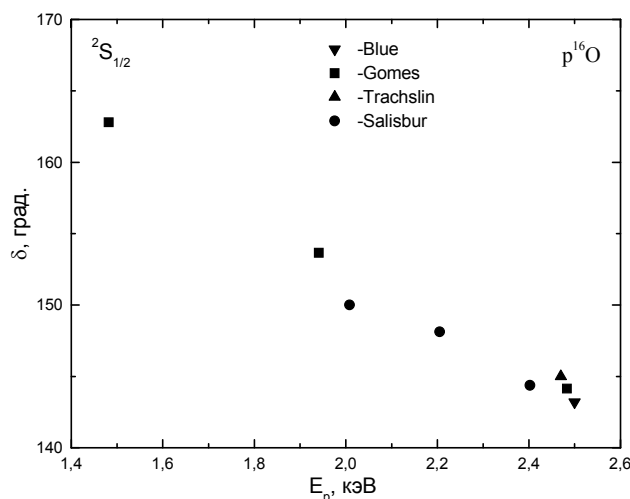
Обзор экспериментальных данных

Как уже говорилось, для построения потенциалов взаимодействия кластеров или нуклонов с ядрами в МПКМ обычно используются фазы упругого рассеяния рассматриваемых частиц. В данном случае будут рассмотрены процессы упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при низких энергиях, которые позволят получить фазы рассеяния и построить нужные для описания $p^{16}\text{O}$ -процессов захвата потенциалы взаимодействия.

По-видимому, одни из первых измерений дифференциальных сечений упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния с выполнением фазового анализа при энергиях 2.0–7.6 МэВ были сделаны в работе [32]. Этот анализ использовал результаты работ [33] и [34] и некоторые неопубликованные результаты [32] в области энергий 2.0–4.26 и 4.25–7.6 МэВ соответственно. Для поиска данных по таким сечениям мы использовали базу данных EXFOR [35].

Впоследствии в работе [36] были измерены поляризации упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния в области 2.5–5.0 МэВ и сделан новый фазовый анализ при этих энергиях, который, однако, явно не показывал резонанс при 2.66 МэВ. Далее в работах [37] и [38] был выполнен детальный фазовый анализ упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при энергиях 1.5–3.0 и 2.5–3.0 МэВ соответственно и показано присутствие узкого резонанса при уточненной впоследствии энергии протонов 2.663(7) МэВ с шириной 19(1) кэВ, который соответствует первому надпороговому состоянию в $p^{16}\text{O}$ -канале при 3.104 МэВ с $J^\pi = 1/2^-$ [29].

Впоследствии процессы упругого рассеяния для этой системы были рассмотрены во многих работах (см., например, [29] и [39, 40]) в области энергий 1.0–3.5 МэВ. Например, в работах [41, 42] рассмотрена область энергий с 0.5–0.6 МэВ и до 2.0–2.5 МэВ. В частности, в работе [43] выполнены измерения функций возбуждения при энергиях от 0.4 до 2.0 МэВ. Однако во всех этих работах [39–43] фазовый анализ полученных экспериментальных данных не проводился. В результате имеющиеся фазовые анализы были выполнены в 60-х годах XX века и обычно начинались с 2.0–2.5 МэВ. Имеется только одна точка в фазах рассеяния при 1.5 МэВ, полученная в работе [37], которая так и не была подтверждена впоследствии в других работах. Все эти результаты фазовых анализов при энергиях до 2.5 МэВ показаны на рисунке.



Фазы упругого $p^{16}\text{O}$ -рассеяния при низких энергиях, полученные в работах [32, 36–38]

Поскольку мы будем рассматривать далее радиационный захват в области энергий до 2.5–3.0 МэВ, то результатов этих работ вполне достаточно для построения потенциалов $p^{16}\text{O}$ -взаимодействия по фазам рассеяния, без учета первого резонанса при 2.663 МэВ [29]. Для этого мы выполним фазовый анализ имеющихся экспериментальных данных работ [39–43] при энергиях в области от 0.4 до 2.5–3.0 МэВ. А также перепроверим результаты некоторых других фазовых анализов, выполненных в 60-е годы прошлого века. Методы, используемые при фазовом анализе, хорошо описаны в классической книге [44] или в книгах одного из авторов данной статьи [5, 15].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Calculation of coulomb form-factors of lithium nuclei in a cluster model based on potentials with forbidden states // *Phys. Atom. Nucl.* - 1994. V.57. №5. - P.733-740; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Electromagnetic effects in light nuclei and the cluster potential model // *Phys. Part. Nucl.* - 1997. V.28. №6. P.615-641.
- [2] Dubovichenko S.B. *Thermonuclear processes of the Universe.* - New-York: NOVA Sci. Publ., 2012. -p.194.
- [3] Dubovichenko S.B., Neudatchin V.G., Sakharuk A.A., et al. Generalized potential description of the interaction of the lightest nuclei p^3H and p^3He // *Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Fiz.* - 1990. V.54. №5. - P.911-916; Neudatchin V.G., Sakharuk A.A., Dubovichenko S.B. Photodisintegration of 4He and the supermultiplet potential model of cluster-cluster interactions // *Few-Body Systems* - 1995. V.18. №2-4. - P.159-172.
- [4] Dubovichenko S.B. *Light nuclei and nuclear astrophysics* Sec. Edit., revised and expanded - Germany. Saarbrucken: Lambert Acad. Publ. GmbH&Co. KG, 2013. - 320 p.
- [5] Dubovichenko S.B. *Calculation methods of nuclear characteristics.* Sec. Edit., revised and expanded. - Germany. Saarbrucken: Lambert Acad. Publ. GmbH&Co. KG, 2012. - 425 p.
- [6] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Potential description of elastic N^2H , $^2H^2H$, N^4He and $^2H^3He$ scattering // *Sov. Jour. Nucl. Phys.* - 1990.V.51. №6. - P.971-977; Dubovichenko S.B. Analysis of photonuclear processes in the N^2H and $^2H^3He$ systems on the basis of cluster-models for potentials with forbidden states // *Phys. Atom. Nucl.* - 1995. V.58. №7. - P.1174-1180.
- [7] Dubovichenko S.B., Zhusupov M.A. The structure of light-nuclei with $A=6,7,8$ in cluster models for potentials with forbidden states // *Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Fiz.* - 1984. V.48. №5. - P.935-937; Dubovichenko S.B., Zhusupov M.A. Some characteristics of the nucleus 7Li in the $^3H^4He$ model for potentials with forbidden states // *Sov. Jour. Nucl. Phys.* - 1984. V.39. №6. - P.870-872.
- [8] Dubovichenko S.B. Tensor $^2H^4He$ interactions in the potential cluster model involving forbidden states // *Phys. Atom. Nucl.* - 1998. V.61. №2. - P.162-168; Kukulin V.I., Pomerantsev V.N., Cooper S.G., Dubovichenko S.B. Improved d^4He potentials by inversion: The tensor force and validity of the double folding model // *Phys. Rev.* - 1998. V.C57. №5. - P.2462-2473.
- [9] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Astrophysical S-factor of the radiative p^2H capture // *Euro. Phys. Jour.* - 2009. V.A39. №2. - P.139-143; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Radiative n^7Li capture at Astrophysical Energies // *Annalen der Physik* - 2012. V.524. №12. - P.850-861; Dubovichenko S.B., Burkova N.A. Radiative $n^{11}B$ capture at astrophysical energies // *Mod. Phys. Lett.* - 2014. V.A29. №7. - P.1450036(1-14); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Burtebaev N., Alimov D. Radiative $p^{14}C$ capture at astrophysical energies // *Mod. Phys. Lett.* - 2014. V.A29. №24. - P.1450125(1-16).
- [10] Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factors of radiative $^3He^4He$, $^3H^4He$, and $^2H^4He$ capture // *Phys. Atom. Nucl.* - 2010. V.73. №9. - P.1526-1538; Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factors for radiative proton capture by 3H and 7Li nuclei // *Phys. Atom. Nucl.* - 2011. V.74. №3. - P.358-370; Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factor for the radiative-capture reaction $p^{13}C \rightarrow ^{14}N\gamma$ // *Phys. Atom. Nucl.* - 2012. V.75. №2. - P.173-181; Dubovichenko S.B. Radiative neutron capture by 2H , 7Li , ^{14}C , and ^{14}N nuclei at astrophysical energies // *Phys. Atom. Nucl.* - 2013. V.76. №7. - P.841-861; Dubovichenko S.B. Capture of a neutron to excited states of n^9Be nucleus taking into account resonance at 622 keV // *Jour. Experim. and Theor. Phys.* - 2013. V.117. №4. - P.649-655.
- [11] Dubovichenko S.B. Radiative n^2H capture at low energies // *Rus. Phys. Jour.* - 2012. V.55. №2. - P.138-145; Dubovichenko S.B. Contribution of the M1 process to the astrophysical S-factor of the p^2H radiative capture // *Rus. Phys. Jour.* - 2011. V.54. №2. - P.157-164; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Astrophysical S-factor for $p^{12}C \rightarrow ^{13}N$ radiative capture // *Rus. Phys. Jour.* - 2009. V.52. №8. - P.833-840.
- [12] Dubovichenko S. B., Uzikov Yu. N. Astrophysical S-factors of reactions with light nuclei // *Phys. Part. Nucl.* - 2011. V.42. №2. - P.251-301; Dubovichenko S.B. Neutron capture by light nuclei at astrophysical energies // *Phys. Part. Nucl.* - 2013. V.44. №5. - P.803-847.
- [13] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Examination of astrophysical S-factors of p^2H , p^6Li , p^7Li , $p^{12}C$ and $p^{13}C$ radiative capture reactions // *Int. Jour. Mod. Phys.* - 2012. V.E21. №3. - V.P.1250039(1-44); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Afanasyeva N.V. Radiative neutron capture on 9Be , ^{14}C , ^{14}N , ^{15}N and ^{16}O at thermal and astrophysical energies // *Int. Jour. Mod. Phys.* - 2013. V.E22. №10. - P.1350075(1-53); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Burkova N.A. The radiative neutron capture on 2H , 6Li , 7Li , ^{12}C and ^{13}C at Astrophysical energies // *Int. Jour. Mod. Phys.* - 2013. V.E22. №5. - P.1350028 (1-52); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Neutron radiative capture by ^{10}B , ^{11}B and proton radiative capture by ^{11}B , ^{14}C and ^{15}N at thermal and astrophysical energies // *Int. Jour. Mod. Phys.* - 2014. V.E23. №8. - P.1430012(1-55).
- [14] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Neutron radiative capture by 2H , 6Li , 7Li , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C and ^{14}N at astrophysical energies // *The Universe Evolution. Astrophysical and Nuclear Aspects.* - New-York, NOVA Sci. Publ. 2013. - P.49-108; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Astrophysical S-factors of proton radiative capture in thermonuclear reactions in the Stars and the Universe // *The Big Bang: Theory, Assumptions and Problems.* - New-York, NOVA Sci. Publ. 2012. - P.1-60.
- [15] Dubovichenko S.B. *Primordial nucleosynthesis of the Universe.* Fourth Edit., revised and expanded. - Germany. Saarbrucken: Lambert Acad. Publ. GmbH&Co. KG, 2014. - 668p. (Russian).
- [16] Неудачин В.Г., Смирнов Ю.Ф. Нуклонные ассоциации в легких ядрах. - М.: Наука. 1969. - 414с.
- [17] Angulo C. et al. // *Nucl. Phys.* - 1999. V.A656. - P.3.
- [18] Adelberger E.G. et al. // *Rev. Mod. Phys.* - 2011. V.83. - P.195.
- [19] Dubovichenko S.B. // *Russ. Phys. J.* - 2015. (в печати)

- [20] Dubovichenko S.B., Zazulin D.M. // Russ. Phys. J. - 2010. V.53. №5. - P.458.
[21] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2012. V.55 №5. - P.561.
[22] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2008. V.51. №11. - P.1136.
[23] Dubovichenko S.B. // Phys. Atom. Nucl. - 2008. V.71. №1. - P.65.
[24] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2009. V.52. №7. - P.715.
[25] Dubovichenko S.B. // Phys. Atom. Nucl. - 2012. V.75. №3. - P.285.
[26] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2015. (в печати)
[27] Dubovichenko S.B. // Russ. Phys. J. - 2013. V.55. №9. - P.992.
[28] Немец О.Ф. и др. Нуклонные ассоциации в атомных ядрах и ядерные реакции многонуклонных передач. - Киев: Наук. Думка, 1988. - 488 с.
[29] Tilley D.R., Weller H.R., Cheves C.M. // Nucl. Phys. - 1993. V.A564. - P.1-183.
[30] Itzykson C., Nauenberg M. // Rev. Mod. Phys. - 1966. V.38. - P.95-101.
[31] Дубовиченко С.Б. Термоядерные процессы Вселенной. Изд. второе, исправленное и дополненное. - Серия «Казахстанские космические исследования». Т.7. - Алматы: А-три, 2011. - 402с.; arXv:1012.08774 [nucl-th].
[32] Salisbury S.R. and Richards H.T. ^{17}F Level Parameters // Phys. Rev. - 1962. V.126. - P.2147-2158.
[33] Henry R.R., Phillips G.C., Reich C.W., and Russell J.L. // Bull. Amer. Phys. Soc. - 1956. V.1. - P.96.
[34] Salisbury S., Hardie G., Oppliger L., and Bangle R. Proton-Oxygen Differential Scattering Cross Sections // Phys. Rev. - 1962. V.126. - P.2143-2146.
[35] <http://cdfc.sinp.msu.ru/exfor/index.php> .
[36] Blue R.A. and Haerberli W. Polarization of Protons Elastically Scattered by Oxygen // Phys. Rev. - 1965. V.137. №2B. - P.B284-B293.
[37] 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.
[38] Trachslin W. and Brown L. Polarization and phase shifts in $^{12}\text{C}(p, p)^{12}\text{C}$ and $^{16}\text{O}(p, p)^{16}\text{O}$ from 1.5 and 3 MeV // Nucl. Phys. - 1967. V.A101. - P.273-287.
[39] 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.
[40] Gurbich A.F. Evaluation of non-Rutherford proton elastic scattering for oxygen // Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. - 1997. V.B129. - P.311-316.
[41] Braun M., Fried T. Elastic backscattering cross section of proton on Oxygen // Z. Phys. - 1983. V.A311. - P.173-175.
[42] Ramos A.R. et al. Measurement of (p,p) elastic differential cross-sections for carbon, nitrogen, oxygen, aluminium and silicon in the 500–2500 keV range at 140_ and 178_ laboratory scattering angles // Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. - 2002. V.B190. - P.95-99.
[43] 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.
[44] Ходгсон П.Е. Оптическая модель упругого рассеяния. - М: Атомиздат, 1966. – 230 с.

REFERENCES

- [1] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Calculation of coulomb form-factors of lithium nuclei in a cluster model based on potentials with forbidden states. Phys. Atom. Nucl, 1994. V.57. №5. P.733-740; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Electromagnetic effects in light nuclei and the cluster potential model. Phys. Part. Nucl, 1997. V.28. №6. P.615-641.
[2] Dubovichenko S.B. Thermonuclear processes of the Universe. - New-York: NOVA Sci. Publ., 2012. P.194.
[3] Dubovichenko S.B., Neudatchin V.G., Sakharuk A.A., et al. Generalized potential description of the interaction of the lightest nuclei $p^3\text{H}$ and $p^3\text{He}$. Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Fiz, 1990. V.54. №5. P.911-916; Neudatchin V.G., Sakharuk A.A., Dubovichenko S.B. Photodisintegration of ^4He and the supermultiplet potential model of cluster-cluster interactions. Few-Body Systems, 1995. V.18. №2-4. P.159-172.
[4] Dubovichenko S.B. Light nuclei and nuclear astrophysics Sec. Edit., revised and expanded. Germany. Saarbrucken: Lambert AcaD. Publ. GmbH&Co. KG, 2013. P. 320.
[5] Dubovichenko S.B. Calculation methods of nuclear characteristics. Sec. Edit., revised and expanded. Germany. Saarbrucken: Lambert AcaD. Publ. GmbH&Co. KG, 2012. P. 425.
[6] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Potential description of elastic N^2H , $^2\text{H}^2\text{H}$, N^4He and $^2\text{H}^3\text{He}$ scattering. Sov. Jour. Nucl. Phys, 1990. V.51. №6. P.971-977; Dubovichenko S.B. Analysis of photonuclear processes in the N^2H and $^2\text{H}^3\text{He}$ systems on the basis of cluster-models for potentials with forbidden states. Phys. Atom. Nucl., 1995. V.58. №7. P.1174-1180.
[7] Dubovichenko S.B., Zhusupov M.A. The structure of light-nuclei with $A=6,7,8$ in cluster models for potentials with forbidden states. Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Fiz., 1984. V.48. №5. P.935-937; Dubovichenko S.B., Zhusupov M.A. Some characteristics of the nucleus ^7Li in the $^3\text{H}^4\text{He}$ model for potentials with forbidden states. Sov. Jour. Nucl. Phys., 1984. V.39. №6. P.870-872.
[8] Dubovichenko S.B. Tensor $^2\text{H}^4\text{He}$ interactions in the potential cluster model involving forbidden states. Phys. Atom. Nucl., 1998. V.61. №2. P.162-168; Kukuln V.I., Pomerantsev V.N., Cooper S.G., Dubovichenko S.B. Improved $d^4\text{He}$ potentials by inversion: The tensor force and validity of the double folding model. Phys. Rev., 1998. V.C57. №5. P.2462-2473.
[9] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Astrophysical S-factor of the radiative $p^2\text{H}$ capture. Euro. Phys. Jour., 2009. V.A39. №2. P.139-143; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Radiative $n^7\text{Li}$ capture at Astrophysical

Energies. *Annalen der Physik*, 2012. V.524. №12. P.850-861; Dubovichenko S.B., Burkova N.A. Radiative $n^{11}\text{B}$ capture at astrophysical energies. *Mod. Phys. Lett.*, 2014. V.A29. №7. P.1450036(1-14); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Burtebaev N., Alimov D. Radiative $p^{14}\text{C}$ capture at astrophysical energies. *Mod. Phys. Lett.*, 2014. V.A29. №24. P.1450125(1-16).

[10] Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factors of radiative $^3\text{He}^4\text{He}$, $^3\text{H}^4\text{He}$, and $^2\text{H}^4\text{He}$ capture. *Phys. Atom. Nucl.*, 2010. V.73. №9. P.1526-1538; Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factors for radiative proton capture by ^3H and ^7Li nuclei. *Phys. Atom. Nucl.*, 2011. V.74. №3. P.358-370; Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factor for the radiative-capture reaction $p^{13}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}\gamma$. *Phys. Atom. Nucl.*, 2012. V.75. №2. P.173-181; Dubovichenko S.B. Radiative neutron capture by ^2H , ^7Li , ^{14}C , and ^{14}N nuclei at astrophysical energies. *Phys. Atom. Nucl.*, 2013. V.76. №7. P.841-861; Dubovichenko S.B. Capture of a neutron to excited states of $n^9\text{Be}$ nucleus taking into account resonance at 622 keV. *Jour. Experim. and Theor. Phys.*, 2013. V.117. №4. P.649-655.

[11] Dubovichenko S.B. Radiative $n^2\text{H}$ capture at low energies. *Rus. Phys. Jour.*, 2012. V.55. №2. P.138-145; Dubovichenko S.B. Contribution of the M1 process to the astrophysical S-factor of the $p^2\text{H}$ radiative capture. *Rus. Phys. Jour.*, 2011. V.54. №2. P.157-164; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Astrophysical S-factor for $p^{12}\text{C} \rightarrow ^{13}\text{N}\square$ radiative capture. *Rus. Phys. Jour.*, 2009. V.52. №8. P.833-840.

[12] Dubovichenko S. B., Uzikov Yu. N. Astrophysical S-factors of reactions with light nuclei. *Phys. Part. Nucl.*, 2011. V.42. №2. P.251-301; Dubovichenko S.B. Neutron capture by light nuclei at astrophysical energies. *Phys. Part. Nucl.*, 2013. V.44. №5. P.803-847.

[13] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Examination of astrophysical S-factors of $p^2\text{H}$, $p^6\text{Li}$, $p^7\text{Li}$, $p^{12}\text{C}$ and $p^{13}\text{C}$ radiative capture reactions. *Int. Jour. Mod. Phys.*, 2012. V.E21. №3. P.1250039(1-44); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Afanasyeva N.V. Radiative neutron capture on ^9Be , ^{14}C , ^{14}N , ^{15}N and ^{16}O at thermal and astrophysical energies. *Int. Jour. Mod. Phys.*, 2013. V.E22. №10. P.1350075(1-53); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Burkova N.A. The radiative neutron capture on ^2H , ^6Li , ^7Li , ^{12}C and ^{13}C at Astrophysical energies. *Int. Jour. Mod. Phys.*, 2013. V.E22. №5. P.1350028 (1-52); Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Neutron radiative capture by ^{10}B , ^{11}B and proton radiative capture by ^{11}B , ^{14}C and ^{15}N at thermal and astrophysical energies. *Int. Jour. Mod. Phys.*, 2014. V.E23. №8. P.1430012(1-55).

[14] Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Neutron radiative capture by ^2H , ^6Li , ^7Li , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C and ^{14}N at astrophysical energies. *The Universe Evolution. Astrophysical and Nuclear Aspects*. New-York: NOVA Sci. Publ., 2013. P.49-108; Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V. Astrophysical S-factors of proton radiative capture in thermonuclear reactions in the Stars and the Universe. *The Big Bang: Theory, Assumptions and Problems*. New-York: NOVA Sci. Publ., 2012. P.1-60.

[15] Dubovichenko S.B. *Primordial nucleosynthesis of the Universe*. Fourth Edit., revised and expanded. Germany. Saarbrücken: Lambert Acad. Publ. GmbH&Co. KG, 2014. P. 668. (Russian).

[16] Neudatchin V.G., Smirnov Yu.F. *Nucleon associations in light nuclei*. Moscow: Nauka, 1969. P.414. (in Russian).

[17] Angulo C. et al. *Nucl. Phys.*, 1999. V.A656. P.3.

[18] Adelberger E.G. et al. *Rev. Mod. Phys.*, 2011. V.83. P.195.

[19] Dubovichenko S.B. *Russ. Phys. J.*, 2015. (в печати)

[20] Dubovichenko S.B., Zazulin D.M. *Russ. Phys. J.*, 2010. V.53. №5. P.458.

[21] Dubovichenko S.B. *Russ. Phys. J.*, 2012. V.55 №5. P.561.

[22] Dubovichenko S.B. *Russ. Phys. J.*, 2008. V.51. №11. P.1136.

[23] Dubovichenko S.B. *Phys. Atom. Nucl.*, 2008. V.71. №1. P.65.

[24] Dubovichenko S.B. *Russ. Phys. J.*, 2009. V.52. №7. P.715.

[25] Dubovichenko S.B. *Phys. Atom. Nucl.*, 2012. V.75. №3. P.285.

[26] Dubovichenko S.B. *Russ. Phys. J.*, 2015. (в печати)

[27] Dubovichenko S.B. *Russ. Phys. J.*, 2013. V.55. №9. P.992.

[28] Nemets O.F., Neudatchin V.G., Rudchik A.T., Smirnov Y.F., Tshuvil'sky Yu.M. Nucleon association in atomic nuclei and the nuclear reactions of the many nucleons transfers. *Kiev: Naukova dumka*, 1988. P. 488. (in Russian).

[29] Tilley D.R., Weller H.R., Cheves C.M. *Nucl. Phys.*, 1993. V.A564. P.1-183.

[30] Itzykson C., Nauenberg M. *Rev. Mod. Phys.*, 1966. V.38. P.95-101.

[31] Dubovichenko S.B. *Thermonuclear processes of the Universe*. Second edition, revised and updated. Series "Kazakhstan space research" V.7. Almaty: A-tri, 2011. P. 402.; arXiv:1012.0877 [nucl-th]. (in Russian).

[32] Salisbury S.R. and Richards H.T. ^{17}F Level Parameters. *Phys. Rev.*, 1962. V.126. P.2147-2158.

[33] Henry R.R., Phillips G.C., Reich C.W., and Russell J.L. *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 1956. V.1. P.96.

[34] Salisbury S., Hardie G., Oppliger L., and Bangle R. Proton-Oxygen Differential Scattering Cross Sections. *Phys. Rev.*, 1962. V.126. P.2143-2146.

[35] <http://cdfc.sinp.msu.ru/exfor/index.php>

[36] Blue R.A. and Haerberli W. Polarization of Protons Elastically Scattered by Oxygen. *Phys. Rev.*, 1965. V.137. №2B. P.B284-B293.

[37] 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.

[38] Trachsln W. and Brown L. Polarization and phase shifts in $^{12}\text{C}(p,p)^{12}\text{C}$ and $^{16}\text{O}(p,p)^{16}\text{O}$ from 1.5 and 3 MeV. *Nucl. Phys.*, 1967. V.A101. P.273-287.

[39] 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.

- [40] Gurbich A.F. Evaluation of non-Rutherford proton elastic scattering for oxygen. Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res., 1997. V.B129. P.311-316.
- [41] Braun M., Fried T. Elastic backscattering cross section of proton on Oxygen. Z. Phys., 1983. V.A311. P.173-175.
- [42] Ramos A.R. et al. Measurement of (p,p) elastic differential cross-sections for carbon, nitrogen, oxygen, aluminium and silicon in the 500–2500 keV range at 140_ and 178_ laboratory scattering angles. Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res., 2002. V.B190. P.95-99.
- [43] 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.
- [44] Hodgson P.E. The Optical model of elastic scattering. Oxford: Clarendon Press, 1963. P. 211.

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

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 қозу функцияларындағы дифференциалдық қималарды 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.