

ISSN 2518-1726 (Online),  
ISSN 1991-346X (Print)

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**

**6 (310)**

**ҚАРАША – ЖЕЛТОҚСАН 2016 Ж.  
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2016 г.  
NOVEMBER – DECEMBER 2016**

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 ы  
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

**Жұмаділдаев А.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Кальменов Т.Ш.** проф., академик (Қазақстан)  
**Жантаев Ж.Ш.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Өмірбаев У.У.** проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Жүсіпов М.А.** проф. (Қазақстан)  
**Жұмабаев Д.С.** проф. (Қазақстан)  
**Асанова А.Т.** проф. (Қазақстан)  
**Бошқаев К.А.** PhD докторы (Қазақстан)  
**Сұраған Д.** PhD докторы (Қазақстан)  
**Quevedo Hernando** проф. (Мексика),  
**Джунушалиев В.Д.** проф. (Қырғыстан)  
**Вишневский И.Н.** проф., академик (Украина)  
**Ковалев А.М.** проф., академик (Украина)  
**Михалевич А.А.** проф., академик (Белорус)  
**Пашаев А.** проф., академик (Әзірбайжан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Тигиняну И.** проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)  
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде  
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.  
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор  
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

**Джумадильдаев А.С.** проф., академик (Казахстан)  
**Кальменов Т.Ш.** проф., академик (Казахстан)  
**Жантаев Ж.Ш.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Умирбаев У.У.** проф. чл.-корр. (Казахстан)  
**Жусупов М.А.** проф. (Казахстан)  
**Джумабаев Д.С.** проф. (Казахстан)  
**Асанова А.Т.** проф. (Казахстан)  
**Бошкаев К.А.** доктор PhD (Казахстан)  
**Сураган Д.** доктор PhD (Казахстан)  
**Quevedo Hernando** проф. (Мексика),  
**Джунушалиев В.Д.** проф. (Кыргызстан)  
**Вишневский И.Н.** проф., академик (Украина)  
**Ковалев А.М.** проф., академик (Украина)  
**Михалевич А.А.** проф., академик (Беларусь)  
**Пашаев А.** проф., академик (Азербайджан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Тигиняну И.** проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

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, 2016

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

E d i t o r i n c h i e f  
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

**Dzhumadildayev A.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kalmenov T.Sh.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Zhantayev Zh.Sh.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Umirbayev U.U.** prof. corr. member. (Kazakhstan)  
**Zhusupov M.A.** prof. (Kazakhstan)  
**Dzhumabayev D.S.** prof. (Kazakhstan)  
**Asanova A.T.** prof. (Kazakhstan)  
**Boshkayev K.A.** PhD (Kazakhstan)  
**Suragan D.** PhD (Kazakhstan)  
**Quevedo Hernando** prof. (Mexico),  
**Dzhunushaliyev V.D.** prof. (Kyrgyzstan)  
**Vishnevskiy I.N.** prof., academician (Ukraine)  
**Kovalev A.M.** prof., academician (Ukraine)  
**Mikhalevich A.A.** prof., academician (Belarus)  
**Pashayev A.** prof., academician (Azerbaijan)  
**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.  
**Tiginyanu I.** prof., academician (Moldova)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

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

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

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 6, Number 310 (2016), 109 – 114

N. Burtebayev<sup>1</sup>, Zh.K. Kerimkulov<sup>1,3</sup>, N. Amangeldi<sup>3</sup>, D.K. Alimov<sup>1,2</sup>,  
Y.S. Mukhamejanov<sup>2</sup>, D.M. Janseitov<sup>3</sup>, B. Mauey<sup>3</sup>, A. Aymaganbetov<sup>3</sup>,  
A. Kurakhmedov<sup>3</sup>, S.M. Bekbaev<sup>4</sup>, A.Zh. Madiyarova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INP, Almaty, Kazakhstan; <sup>2</sup>KazNU, Almaty, Kazakhstan; <sup>3</sup>ENU, Astana, Kazakhstan;

<sup>4</sup>IKTY, Turkestan, Kazakhstan

e-mail: [Diliyo@mail.ru](mailto:Diliyo@mail.ru)

## STUDY OF ELASTIC SCATTERING OF $^{14}\text{N}$ IONS FROM $^{16}\text{O}$ AT ENERGIES 17,5 AND 41 MeV

**Abstract.** Differential cross sections of elastic scattering of  $^{14}\text{N}$  ions from  $^{11}\text{B}$  nuclei at an energy of 17.5 MeV in the angular range from  $10^\circ$  to  $160^\circ$  in center of mass system were measured at the DC-60 accelerator. The total error of experimental data does not exceed 10%. Insignificant oscillations of cross sections are observed at medium and large angles. Analysis of the obtained and literature data (at energy 41 MeV) was made with in the optical model and folding model. The optimal values of the optical interaction potential and normalization coefficients for the studied systems were determined. It is shown that the cross sections calculated within both approaches correlate and provide a good description of the experiment in the full angular range.

**Keywords:** elastic scattering, light charged particles, diffuseness, optical potential, FRESCO, folding potential, cluster transfer.

УДК 539.171.016

Н. Буртебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1,3</sup>, Н.Амангелді<sup>3</sup>, Д.К. Алимов<sup>1,2</sup>,  
Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>, Д.М. Джансейтов<sup>3</sup>, Б. Мауей<sup>3</sup>, А. Аймаганбетов<sup>3</sup>,  
А.Е. Курахмедов<sup>3</sup>, С.М. Бекбаев<sup>4</sup>, А.Ж. Мадиярова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ИЯФ, Алматы, Казахстан; <sup>2</sup>КазНУ, Алматы, Казахстан; <sup>3</sup>ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, МКТУ им. А.Ясави, Туркестан, Казахстан

## ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ИОНОВ $^{14}\text{N}$ НА ЯДРАХ $^{11}\text{B}$ ПРИ ЭНЕРГИЯХ 17,5 И 41 МэВ

**Аннотация.** На ускорителе ДЦ-60 измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния ионов  $^{14}\text{N}$  на ядрах  $^{11}\text{B}$  при энергии 17,5 МэВ в угловом диапазоне от  $20^\circ$  до  $160^\circ$  в системе центра масс. Полная погрешность экспериментальных данных не превышает 10%. В области средних и больших углов наблюдаются незначительные осцилляции сечений. Проведен анализ полученных и литературных данных (при энергии 41 МэВ) в рамках оптической модели ядра и фолдинг модели. Найдены оптимальные, физически разумные значения параметров оптического потенциала взаимодействия и нормировочных коэффициентов для исследованных систем. Показано, что сечения вычисленные в рамках обоих подходов коррелируют между собой и дают хорошее описание эксперимента в полном угловом диапазоне.

**Ключевые слова:** упругое рассеяние, легкие заряженные частицы, диффузность, оптический потенциал, FRESCO, фолдинг потенциал, передача кластера.

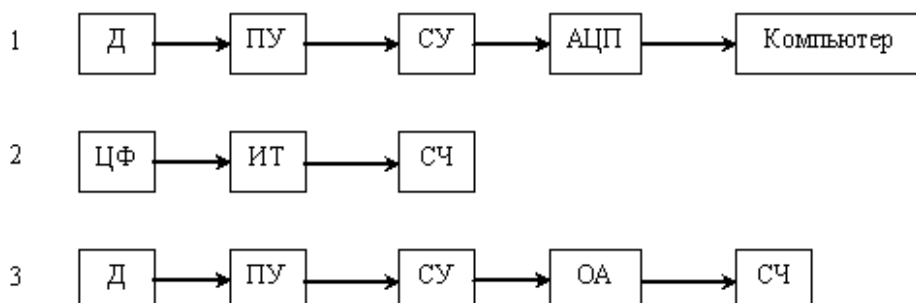
**Введение.** Актуальным направлением исследований ядерной астрофизики продолжают оставаться исследования взаимодействия ядер 1p-оболочки, входящих в состав ядерных реакций

CNO-цикла в звездах. Одной из основных проблем современной ядерной физики является определение характеристик ядерно-ядерного взаимодействия. Знание природы формирования и параметров межъядерного потенциала взаимодействия необходимы для расчета сечений всевозможных ядерных реакций и структурных характеристик сталкивающихся ядерных систем. При энергии в диапазоне 0,4-1,75 МэВ/нуклон взаимодействие сравнительно легких ядер, таких как азот и бор, будет происходить вблизи или ниже кулоновского барьера. Кулоновское отталкивание препятствует глубокому перекрыванию сталкивающихся ядер и взаимодействие носит, в основном, поверхностный характер и определяется поведением межъядерного потенциала на расстояниях порядка суммы радиусов сталкивающихся систем. В этих условиях помимо упругого рассеяния доминируют квазиупругие процессы, приводящие к состояниям сравнительно простой структуры без глубокой перестройки ядерных систем. Это могут быть как вращательные и колебательные состояния, возбуждающиеся в неупругом рассеянии, так одночастичные и кластерные состояния, заселяемые в реакциях передачи нуклонов или кластеров.

Таким образом, к настоящему моменту, механизмы формирования сечений упругого рассеяния тяжелых ионов на легких ядрах остаются не полными, противоречивыми и требуют более детальных исследований.

**Экспериментальная методика и результаты измерений.** На ускорителе ДЦ-60 РГП ИЯФ РК (г. Астана) измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния ионов  $^{14}\text{N}$  на ядрах  $^{11}\text{B}$  при энергии 17,5 МэВ в интервале углов  $20^\circ$ - $160^\circ$  в системе центра масс.

В эксперименте в качестве мишеней использовались тонкие самоподдерживающиеся пленки  $^{11}\text{B}$  толщиной 30-100 мкг/см<sup>2</sup>, изготовленные вакуумным электронно-лучевым напылением. Частицы регистрировались кремниевым поверхностно-барьерным детектором толщиной 200 мкм. Ток пучка варьировался в пределах 1 – 100 нА, в зависимости от угла рассеяния и загрузки электронной аппаратуры. Спектры набирались до тех пор, пока статистическая ошибка в пиках становилась меньше 2-3%. Коэффициент просчета, обусловленный мертвым временем электронной аппаратуры, не превышал 1%. Показания монитора показали, что толщина мишени не менялась и углеродный нагар не увеличивался. Энергия пучка была стабильна и разброс ее не превышал 0,2 кэВ. Все измерения проводились на измерительно-вычислительном комплексе лаборатории ядерной физики Астанинского филиала ИЯФ, основой которого служит система многомерного анализа процессов на базе электронных блоков ORTEC и PC/AT [1]. На рисунке 1 представлена блок-схема электронной аппаратуры, использованной в эксперименте. Она включает в себя три измерительных линейки из которых первая предназначена для измерения рассеянных ионов, вторая – для измерения полного количества ионов прошедших через мишень и третья (монитор) – для контроля изменения толщины мишени.



Д – детекторы (ORTEC и Дубна), ПУ – предварительные усилители (ORTEC), СУ – спектрометрические усилители (ORTEC 571 и ORTEC 471), АЦП – амплитудно-цифровые преобразователи (ORTEC), ЦФ – цилиндр Фарадея, СЧ – счетчики (CANBERA и ORTEC), ИТ – интегратор тока (ORTEC), ОА - одноканальный анализатор  
Рисунок 1 – Блок-схема электроники, использовавшейся в эксперименте

На рисунке 2 представлен спектр рассеяния ионов  $^{14}\text{N}$  на ядрах  $^{11}\text{B}$  при угле 30 градусов.

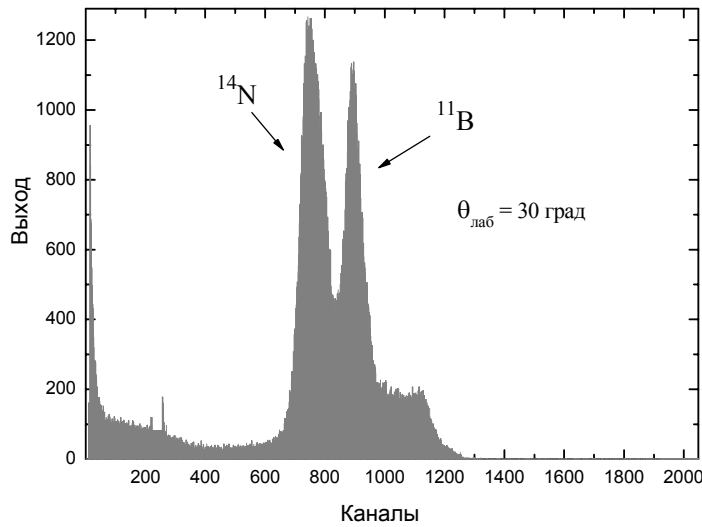


Рисунок 2 – Спектр упругого рассеяния ионов  $^{14}\text{N}$  на ядрах  $^{11}\text{B}$  при угле 30 градусов

#### Анализ и обсуждение результатов.

Одним из наиболее распространенных методов получения информации о взаимодействии сталкивающихся ядер является оптическая модель [2]. Несмотря на неоднозначность выбора набора параметров ядерного потенциала модель достаточно хорошо описывает экспериментальные данные угловых распределений.

В основе оптической модели лежит уравнение Шредингера для частицы, движущейся в поле  $U(\mathbf{r})$ :

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2\mu}\nabla^2 + U(\mathbf{r})\right)\psi(\mathbf{r}) = E\psi(\mathbf{r}) \quad (1)$$

где  $\mu = \frac{A_p A_t}{A_p + A_t}$  – приведенная масса.  $A_t$  и  $A_p$  – массовые числа ядра-мишени и ядра-снаряда

соответственно.  $E$  – энергия относительного движения в системе центра масс. Асимптотическое поведение решения данного уравнения  $\psi(\mathbf{r})$  с соответствующими граничными условиями описывает упругое рассеяние частиц. Для простоты расчетов зависимость от спинов частиц не учитывается. Предполагается, что взаимодействующие ядра остаются в основных состояниях.

Как правило, ограничиваются рассмотрением сферически симметричных потенциалов. Обычно действительная часть потенциала выражается или через потенциалы свертки, или в форме Вудса-Саксона со свободными параметрами. Результат феноменологического анализа в большей степени предопределен выбором радиальной зависимости потенциала:

$$U(r) = V_C(r) - Vf_V(r) - iWf_W(r) + i4W_d \frac{d}{dx_d} f_d(r) \quad (2)$$

Кулоновская компонента потенциала  $V_C(r)$  определяется как взаимодействие точечного заряда  $Z_p e$  с однородно заряженной сферой, имеющей заряд  $Z_t e$  и радиус  $R_C$ , и берется в виде:

$$V_C(r) = \begin{cases} \frac{Z_p Z_t e^2}{2R_C} (3 - r^2 / R_C^2) & \text{для } r \leq R_C \\ \frac{Z_p Z_t e^2}{r} & \text{для } r \geq R_C \end{cases} \quad (3)$$

где  $Z_p$  и  $Z_t$  – зарядовые числа ядра-снаряда и ядра-мишени соответственно. Кулоновский радиус определяется среднеквадратичными зарядовыми радиусами ядра-снаряда  $\langle r^2 \rangle_p$  и ядра-мишени  $\langle r^2 \rangle_t$ :

$$R_c \approx \left[ \frac{5}{3} \langle r^2 \rangle_p \right]^{1/2} + \left[ \frac{5}{3} \langle r^2 \rangle_t \right]^{1/2} \quad (4)$$

Следующие три слагаемых в выражении (2) определяют ядерный потенциал:  $V$ ,  $W$ ,  $W_d$  – глубины действительной и мнимых частей соответственно ядерного потенциала типа Вудса-Саксона.  $W$  – мнимая часть потенциала, определяющая объемное поглощение,  $W_d$  – мнимая часть потенциала, описывающая поверхностное поглощение. Геометрический фактор ядерного потенциала –  $f_{V,W,d}(r) = (1 + e^{-a_{V,W,d}(r-R_{V,W,d})})^{-1}$ .  $a_{V,W,d}$  – параметры диффузности, характеризующие размытость потенциала.  $R_{V,W,d}$  – радиусы действительной и мнимых частей потенциала, выражающиеся через приведенные радиусы  $r_{V,W,d}$  и массы сталкивающихся ядер  $A_p^{1/3}$  и  $A_t^{1/3}$ :

$$R_{V,W,d} = r_{V,W,d} (A_p^{1/3} + A_t^{1/3}) \quad (5)$$

В данной работе используется ядерный потенциал только с объемным поглощением.

В анализ включены экспериментальные данные полученные в настоящей работе и данные из работы [3] при энергии  $E_{14N} = 41$  МэВ. Теоретические расчеты выполнялись по программе SPI-GENOA [4]. Параметры ОП подбирались таким образом, чтобы достичь наилучшего согласия между теоретическими и экспериментальными угловыми распределениями. Автоматический поиск оптимальных параметров ОП производился путем минимизации величины  $\chi^2/N$  методом наименьших квадратов. В качестве исходных, были взяты параметры потенциала, предложенные в работе [5]. Для уменьшения неоднозначности мы старались не уходить далеко от рекомендованных значений геометрических параметров ( $r_V$ ,  $a_V$ ) реального потенциала. Для лучшего согласия с экспериментальными данными глубина мнимой части ( $W_D$ ) лишь незначительно уменьшалась. Окончательные параметры потенциалов приведены в таблице 1.

Феноменологический подход обладает несомненно простотой, наглядностью, удобством применения. Но хорошо известно, что однозначно выбрать параметры оптического потенциала, которые успешно описывают экспериментальные данные в широкой энергетической области различных сталкивающихся ядер – достаточно сложная задача. Поэтому возникают неопределенности (линейная и дискретная неоднозначности) в выборе параметров потенциала взаимодействия.

Для ограничения неоднозначностей оптического потенциала дополнительно был проведен анализ в рамках фолдинг модели. Потенциал двойной свертки (фолдинг потенциал) рассчитывается с учетом распределения ядерной материи как налетающего ядра, так и ядра мишени с использованием эффективного потенциала нуклон-нуклонного взаимодействия ( $v_{NN}$ ). Таким образом, фолдинг потенциал представляется в виде:

$$V_{DF}(\mathbf{r}) = \int d\mathbf{r}_1 \int d\mathbf{r}_2 \rho_p(\mathbf{r}_1) \rho_t(\mathbf{r}_2) v_{NN}(\mathbf{r}_{12}) \quad (6)$$

где  $\rho_p(\mathbf{r}_1)$  и  $\rho_t(\mathbf{r}_2)$  – плотности ядерной материи налетающего ядра и ядра мишени, соответственно. Гауссово распределение плотности для обоих ядер определяется как

$$\rho(r) = \rho_0 \exp(-\beta r^2) \quad (7)$$

где  $\beta$  корректируется таким образом, чтобы воспроизвести экспериментальное значение для среднеквадратичного радиуса ядер  $^{14}\text{N}=2,58$  фм и  $^{11}\text{B}=2,42$  фм [6]. Значения  $\rho_0$  могут быть получены из нижеследующего условия нормировки

$$\int \rho(r) r^2 dr = \frac{A}{4\pi} \quad (8)$$

где  $A$  массовое число. В расчетах эффективное нуклон-нуклонное ( $v_{NN}$ ) взаимодействие бралось в форме МЗУ-взаимодействия, заданным как

$$v_{NN}(r) = 7999 \frac{\exp(-4r)}{4r} - 2134 \frac{\exp(-2.5r)}{2.5r} + J_{00}(E) \delta(r) \text{ МэВ} \quad (9)$$

где

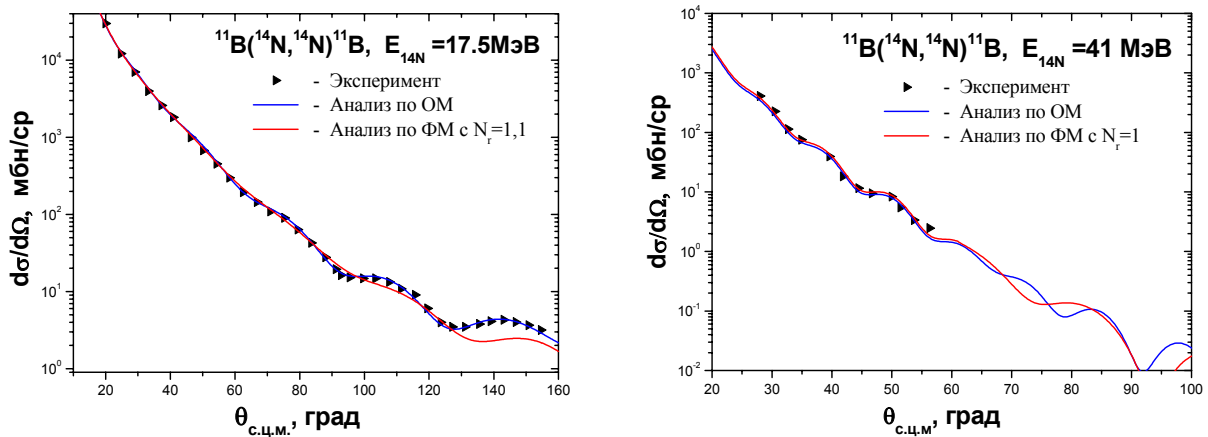


$$J_{00}(E) = 276[1 - 0.005E_{Lab} / A_p] MЭВФм^3 \tag{10}$$

Таблица 1 – Параметры оптического (ОП) и фолдинг потенциала (ФП) для упругого рассеяния ионов <sup>14</sup>N на ядрах <sup>11</sup>B

E, МэВ	Модель	V, МэВ	Γ <sub>v</sub> , фм	a <sub>v</sub> , фм	W <sub>D</sub> , МэВ	Γ <sub>w</sub> , фм	a <sub>w</sub> , фм	J <sub>v</sub> , МэВ фм <sup>3</sup>	J <sub>w</sub> , МэВ фм <sup>3</sup>
17,5	ОП	98,3	1,195	0,59	6	1,195	0,8	494,4	33,5
	ФП								
41	ОП	90,3	1,195	0.72	15,5	1,195	0,8	486,7	86,3
	ФП								

Как видно из таблицы 1, объемные интегралы реальной части (J<sub>v</sub>) найденные нами, находятся в пределах 400 - 500 МэВ фм<sup>3</sup>. На рисунке 3 представлено сравнение экспериментальных данных с теоретически рассчитанными сечениями.



Треугольники – экспериментальные данные, синяя кривая – сечения, вычисленные по оптической модели (ОМ), красная кривая – сечения, рассчитанные по фолдинг модели (ФМ)

Рисунок 3 – Угловые распределения упругого рассеяния <sup>14</sup>N на ядрах <sup>11</sup>B при энергиях 17,5 и 41 МэВ.

Оптимальное согласие теории с экспериментом достигалось варьированием нормировочного коэффициента *N* вещественной части и параметров мнимой части, найденных из анализа в рамках оптической модели (таблица 1). Отличие *N* от единицы может свидетельствовать о вкладе членов второго порядка по эффективным силам в реальную часть оптического потенциала. Анализ проводился с использованием программы FRESKO [7]. Найденные параметры фолдинг потенциала и значения *N* представлены в таблице-1.

**Заключение.** Проведены эксперименты по упругому рассеянию ионов азота на ядрах <sup>11</sup>B при энергии E<sub>14N</sub> = 17,5 МэВ в диапазоне углов от 20 до 160 градусов в системе центра масс. Погрешность полученных данных не превышала 10 процентов. Дифференциальные сечения в диапазоне углов до 90 градусов плавно спадают. В области больших углов наблюдаются незначительные осцилляции сечений.

Из анализа экспериментальных данных в рамках оптической модели ядра и фолдинг модели найдены оптимальные, физически-разумные параметры оптического потенциала и фолдинг потенциала взаимодействия. Показано что сечения, вычисленные в рамках этих двух подходов коррелируют между собой и дают хорошее описание эксперимента в полном угловом диапазоне без включения в анализ обменных механизмов. Это указывает на то, что сечения здесь формирует чисто потенциальное рассеяние.

Полученные экспериментальные и теоретические данные найдут применение при исследовании процессов, протекающих в звездах, при разработке новых теоретических моделей в ядерной

физике, а также будут полезны для характеристики процессов происходящих в высокотемпературной плазме термоядерных реакторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Буртебаев Н.Т., Виноградов А.А., Вонгай А.Д., Дуйсебаев А.Д., Курашов А.А., Мазуров И.Б., Парамонов В.В., Прокофьев С.И., Сакута С.Б., Санычев В.И., Сытин Н.П., Чесалов А.А., Чуев В.И. Система многомерного анализа для исследования ядерных реакций на циклотроне ИЯФ АН КазССР // Известия АН КазССР, Серия физико-математическая. – 1975. – №2. – С. 65-68.
- [2] Hodgson P.E. The nuclear optical model // Report of Progress in Physics. – 1971. – V.34. – P.765-819.
- [3] Lui M., Von Oertzen W., Jacmart J.C., Pougheon F., Riou M., Roynette J.C., Stephan C. Investigation of one-nucleon transfer reactions between complex nuclei at incident energies between 3 MeV/nucleon and 8 MeV/nucleon // Nucl. Phys. A. – 1971. – Vol.165. –P.118-128.
- [4] Nilsson B.S. SPI-GENUA an Optical Model Search code. – Niels Bohr Institute Computer Program Library. – 1975. – 112 p.
- [5] Satchler G.R., Love W.G. Folding model potentials from realistic interactions for heavy-ion scattering // Physics Reports. – 1979, - Vol. 55, - Issue 3, - P. 183-254.
- [6] De Vries H., De Jager C.W., De Vries C. Nuclear charge-density-distribution parameters from elastic electron scattering // Atomic Data and Nuclear Data Tables. – 1987, – Vol. 36, - Issue 3, - P. 495-53.
- [7] Thompson Ian J. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // Comput. Phys. Rep. – 1988. – Vol. 7. – P. 167-212.

#### REFERENCES

- [1] Burtebayev N.T., Vinogradov A.A., Vongay A.D., Duisebayev A.D., Kurashov A.A., Mazurov I.B., Paramanov V.V., Prokovev S.I., Sakuta S.B., Sanichev V.I., Sytin N.P., Chesalov A.A., Chuev V.I. Sistema mnogomernogo analiza dlya issledovaniya yadernih reaktsiy na siklotrone INP ANH KazSSR // Izvestiya AN KazSSR, Seriya fiziko-matematicheskaya. 1975. – №2. – S.65-68.
- [2] Hodgson P.E. The nuclear optical model // Report of Progress in Physics. 1971. V.34. P.765-819.
- [3] Lui M., Von Oertzen W., Jacmart J.C., Pougheon F., Riou M., Roynette J.C., Stephan C. Investigation of one-nucleon transfer reactions between complex nuclei at incident energies between 3 MeV/nucleon and 8 MeV/nucleon // Nucl. Phys. A. 1971. Vol.165. P.118-128.
- [4] Nilsson B.S. SPI-GENUA an Optical Model Search code. – Niels Bohr Institute Computer Program Library. 1975. 112 p.
- [5] Satchler G.R., Love W.G. Folding model potentials from realistic interactions for heavy-ion scattering // Physics Reports. 1979, Vol. 55, Issue 3, P. 183-254.
- [6] De Vries H., De Jager C.W., De Vries C. Nuclear charge-density-distribution parameters from elastic electron scattering // Atomic Data and Nuclear Data Tables. 1987, Vol. 36, Issue 3, P. 495-53.
- [7] Thompson Ian J. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // Comput. Phys. Rep. 1988, Vol. 7, P. 167-212.

**Н. Буртебаев<sup>1,3</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1,3</sup>, Н.Амангелді<sup>3</sup>, Д.К. Алимов<sup>1,2</sup>, Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>, Д.М. Джансейтов<sup>3</sup>,  
Б. Мауей<sup>3</sup>, А. Аймаганбетов<sup>3</sup>, А.Е. Курахмедов<sup>3</sup>, С.М. Бекбаев<sup>4</sup>, А.Ж. Мадиярова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ЯФИ, Алматы, Қазақстан, <sup>2</sup>эл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан, <sup>3</sup>Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан, <sup>4</sup>А.Ясави атындағы ХҚТУ, Түркістан, Қазақстан

#### 17,5 ЖӘНЕ 41 МЭВ ЭНЕРГИЯЛАРДА <sup>11</sup>В ЯДРОЛАРЫНАН <sup>14</sup>N ИОНДАРЫНЫҢ СЕРПІМДІ ШАШЫРАУЫН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Массалар центрі жүйесінде 20° – 160° бұрыштық диапазондарда 17,5 МэВ энергиялы <sup>14</sup>N иондарының <sup>11</sup>В ядроларынан серпімді шашырауының дифференциалдық кимасы ДЦ-60 үдеткішінде өлшенді. Өлшемдемдер 10%-дан аспайтындай қателіктен өлшенді. Орташа және үлкен бұрыштарда кима осцилляциясы байқалады. Ядроның фолдинг және оптикалық үлгі төңірегінде әдебиеттік (41 МэВ) және алынған мәліметтерге талдау жасалынды. Зерттелген жүйелер үшін нормалау коэффициенті және оптика-лық әсерлесу потенциал параметрлерінің оптималды физикалық мәндері анықталды. Екі үлгі бойынша жасалынған есептеулер толық бұрыштық диапозондарда эксперименттік мәліметтерді жақсы сипаттайды.

**Тірек сөздер:** серпімді шашырау, зарядталған жеңіл бөлшектер, диффузность, оптикалық потенциал, FRESKO, фолдинг потенциал, кластерлік алмасу.

#### Сведения об авторах:

Буртебаев Нассурлла - профессор, д.ф.м.н., зам. директора института ядерной физики, Алматы, Казахстан, e-mail: [nburtebayev@yandex.ru](mailto:nburtebayev@yandex.ru);

Алимов Дилшод – e-mail: [diliyo@mail.ru](mailto:diliyo@mail.ru), моб. тел: +77073006494

## МАЗМУНЫ

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Ақауы аз кремний матрицаларындағы атомдардың орнын басу әдісімен алынған эпитаксиалды SiC кабыршақтарын рентгендік талдау.....	5
<i>Батрышев Д.Ф., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланұлы Е.</i> Жоғары жиілікті сыйымдылық разрядында газдық фазадан плазмохимиялық әдісімен көміртек нанотүтікшелерін синтездеу.....	10
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> <sup>13</sup> C ядросының экзотикалық күйлерінің радиустары.....	17
<i>Сарсенгельдин М.М., Слямхан М.М., Бижигитова Н.Т.</i> Қозғалмалы шекарасы бар оське тимейтін жылуөткізгіштік тендеуінің жылу көпмүшелері арқылы аналитикалық шешімі.....	21
<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Ақауы аз кремний матрицаларындағы атомдардың орнын басу әдісімен алынған эпитаксиалды SiC кабыршақтарын рентгендік талдау.....	25
<i>Диханбаев К.К., Мусабек Г.К., Сиваков В.А., Ермухамед Д., Мейрам А.Т.</i> Кремний наноталшықтарының микрофотолюминесценциясы.....	32
<i>Батрышев Д.Ф., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланұлы Е.</i> Жоғары жиілікті сыйымдылық разрядында газдық фазадан плазмохимиялық әдісімен көміртек нанотүтікшелерін синтездеу.....	38
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> <sup>13</sup> C ядросының экзотикалық күйлерінің радиустары.....	45
<i>Сергеев Д.М., Шұңқеев Қ.Ш.</i> «Ниобий – көміртекті нанотүтікше (5,5) – ниобий» нанотүйіспесінің транспорттық сипаттамаларының компьютерлік модельдеуі.....	49
<i>Досболаев М.К., Утегенов А.У., Тажен А.Б., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т.</i> Импульстік плазмалық ағынның динамикалық қасиеттері мен импульсті плазмалық деткіштегі тозаңның пайда болуы.....	59
<i>Минглибаев М.Ж., Жұмабек Т.М.</i> Теңбүйірлі шектелген үш дене мәселесі .....	67
<i>Оразбаев С.А., Өмірбеков Д.Б., Досболаев М.Қ., Габдуллин М.Т., Рамазанов Т.С.</i> Сынақта тозаңды-плазмалы шамның жарық беру қасиетін зерттеу.....	74
<i>Жақып К.Б.</i> Сұйықтықтар мен газдардағы химиялық реакциялары бар термобародиффузияларды моделдеу.....	80
<i>Оразбаев С.А., Өмірбеков Д.Б., Габдуллин М.Т., Досболаев М.Қ., Рамазанов Т.С.</i> Газ температурасының тозаңды нанобөлшектердің өлшемі мен құрылымына әсері.....	89
<i>Жақып-тегі К. Б.</i> Гуктың заңымен серпілімдік теориясында моделдеу. Кернеулер тензорында симметрия жоқтығы.....	96
<i>Буртебаев Н., Алимов Д., Зазулин Д.М., Керимкулов Ж.К., Юшков А.В., Джансейтов Д.М., Мухамеджанов Е., Насрулла М.</i> Төменгі энергиялы протондардың <sup>14</sup> N ядросымен әсерлесу потенциал параметрлерін анықтау.....	104
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Амангелді Н., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Мауей Б., Аймаганбетов А., Қурахмедов А.Е., Бекбаев С.М., Мадиярова А.Ж.</i> 17,5 және 41 МэВ энергияларда <sup>11</sup> B ядроларынан <sup>14</sup> N иондарының серпімді шашырауын зерттеу.....	109
<i>Искакова У.А., Төрбек Б.Т.</i> Лаплас операторы үшін робен-коши қисынсыз есебін шешудің бір әдісі туралы.....	115
<i>Шинибаев М.Д., Беков А.А., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Мырзақасова Г.Е., Алиаскаров Д.Р., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> Екі жылжымайтын нүкте проблемасының жаңа нұсқасы.....	121
<i>Сарсенбаев Х.А., Хамзина Б.С., Колдасова Г.А., Исаева Г.Б.</i> Модификацияланған алс лигносульфонатты реагентін (НПП «Азимут») зерттеу.....	126

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов, А.В. Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Рентгеновский анализ эпитаксиальных пленок SiC, выращенных методом замещения атомов на подложках низкодефектного кремния.....	5
<i>Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланулы Е.</i> Синтез углеродных нанотрубок плазмохимическим методом осаждения из газовой фазы в высокочастотном емкостном разряде.....	10
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> Экзотические состояния ядра <sup>13</sup> C с аномальными радиусами.....	17
<i>Сарсенгельдин М.М., Слямхан М.М., Бижигитова Н.Т.</i> Аналитическое решение уравнения теплопроводности с движущимися границами не касающимися оси тепловыми полиномами.....	21
<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Рентгеновский анализ эпитаксиальных пленок SiC, выращенных методом замещения атомов на подложках низкодефектного кремния.....	25
<i>Диханбаев К.К., Мусабек Г.К., Сиваков В.А., Ермухамед Д., Мейрам А.Т.</i> Фотолюминесценция кремниевых нанонитей.....	32
<i>Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланулы Е.</i> Синтез углеродных нанотрубок плазмохимическим методом осаждения из газовой фазы в высокочастотном емкостном разряде.....	38
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> Экзотические состояния ядра <sup>13</sup> C с аномальными радиусами.....	45
<i>Сергеев Д.М., Шункеев К.Ш.</i> Компьютерное моделирование транспортных характеристик наноконтакта «Ниобий – углеродная нанотрубка (5,5) – ниобий».....	49
<i>Досболаев М.К., Утегенов А.У., Тажен А.Б., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т.</i> Динамические свойства импульсного плазменного потока и пылеобразование в ИПУ.....	59
<i>Минглибаев М.Дж., Жумабек Т.М.</i> К равнобедренной ограниченной задаче трех тел.....	67
<i>Оразбаев С.А., Омирбеков Д.Б., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Рамазанов Т.С.</i> Экспериментальное исследование свойства светоотдачи плазменно-пылевой лампы.....	74
<i>Джакупов К.Б.</i> Моделирование термобародиффузий с химическими реакциями в жидкостях и газах.....	80
<i>Оразбаев С.А., Омирбеков Д.Б., Габдуллин М.Т., Досболаев М.К., Рамазанов Т.С.</i> Влияние температуры газа на размеры и структуры пылевых наночастиц.....	89
<i>Джакупов К.Б.</i> Моделирование по закону Гука в теории упругости. Несимметричность тензора напряжений.....	96
<i>Буртебаев Н., Алимов Д., Зазулин Д.М., Керимкулов Ж.К., Юшков А.В., Джансейтов Д.М., Мухамеджанов Е., Насрулла М.</i> Определение параметров потенциала взаимодействия протона с <sup>14</sup> N при низких энергиях.....	104
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Амангелді Н., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Мауей Б., Аймаганбетов А., Курахмедов А.Е., Бекбаев С.М., Мадиярова А.Ж.</i> Исследование упругого рассеяния ионов <sup>14</sup> N на ядрах <sup>11</sup> B при энергиях 17,5 и 41 МэВ.....	109
<i>Искакова У.А., Торбек Б.Т.</i> Об одном методе решения некорректной задачи робена-коши для оператора лапласа... ..	115
<i>Шинибаев М.Д., Беков А.А., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Мырзакасова Г.Е., Алиаскаров Д.Р., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> О новой версии задачи двух неподвижных центров.....	121
<i>Сарсенбаев Х.А., Хамзина Б.С., Колдасова Г.А., Исаева Г.Б.</i> Исследование модифицированного реагента АЛС лигносульфонатная (НПП «Азимут»).....	126

## CONTENTS

<i>Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Seitov B.Zh.</i> X-Ray analysis of SiC epitaxial films grown by method of atom replacement on low dislocation silicon substrate.....	5
<i>Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Yerlanuly Ye.</i> Synthesis of carbon nanotubes by plasma chemical deposition method from vapour-phase in radio-frequency capacitive discharge.....	10
<i>Demyanova A.S., Danilov A.N., Burtebayev N., Janseitov D.M., Kerimkulov Zh., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S.</i> Exotic states of $^{13}\text{C}$ nuclei with abnormal radii.....	17
<i>Sarsengeldin M.M., Slyamkhan M.M., Bizhigitova N.T.</i> Analytical solution of heat equation with moving boundary tangent to axis by heat polynomials.....	21
<i>Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Seitov B.Zh.</i> X-ray analysis of SiC epitaxial films grown by method of atom replacement on low dislocation silicon Substrate.....	25
<i>Dikhanbayev K.K., Mussabek G.K., Sivakov V.A., Yermukhamed D., Meiram A.T.</i> Micro-photoluminescence in silicon nano-wires.....	32
<i>Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Yerlanuly Ye.</i> Synthesis of carbon nanotubes by plasma chemical deposition method from vapour-phase in radio-frequency capacitive discharge.....	38
<i>Demyanova A.S., Danilov A.N., Burtebayev N., Janseitov D.M., Kerimkulov Zh., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S.</i> Exotic states of $^{13}\text{C}$ nuclei with abnormal radii.....	45
<i>Sergeyev D.M., Shunkeyev K.Sh.</i> Computer simulation of transport properties of nanocontact "Niobium – carbon nanotubes (5.5) – niobium".....	49
<i>Dosbolayev M.K., Utegenov A.U., Tazhen A.B., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T.</i> Dynamic properties of pulse plasma flow and dust formation in the pulsed plasma accelerator.....	59
<i>Minglibayev M.Zh., Zhumabek T.M.</i> On the isosceles restricted three-body problem.....	67
<i>Orazbayev S.A., Omirbekov D.B., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Ramazanov T.S.</i> Experimental research of luminous efficiency of dusty plasma lamp.....	74
<i>Zhakupov K.B.</i> Modeling thermal barodiffusion with chemical reactions in liquids and gases.....	80
<i>Orazbayev S.A., Omirbekov D.B., Gabdullin M.T., Dosbolayev M.K., Ramazanov T.S.</i> The influence of gas temperature on size and structure of the dust nanoparticles.....	89
<i>Jakupov K.B.</i> Modeling Hooke's law in the theory of elasticity. Unsymmetrical stress tensor.....	96
<i>Burtebayev N., Alimov D.K., Zazulin D.M., Kerimkulov Zh.K., Yushkov A.V., Janseitov D.M., Mukhamejanov Y., Nassurulla M.</i> Determination of parameters of proton $^{14}\text{N}$ interaction potential at low energies.....	104
<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Amangeldi N., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M., Mauey B., Aymaganbetov A., Kurakhmedov A., Bekbaev S.M., Madiyarova A.Zh.</i> Study of elastic scattering of $^{14}\text{N}$ ions from $^{16}\text{O}$ at energies 17,5 and 41 MeV.....	109
<i>Iskakova U.A., Torebek B.T.</i> Certain method of solving ill-posed cauchy-robin problem for the laplace operator.....	115
<i>Shinibaev M.D., Bekov A.A., Dairbekov S.S., Zholdasov S.A., Myrzakasova G.E., Aliaskarov D.R., Shekerbekova S.A., Sadybek A.G.</i> A new version of the problem of two fixed centers.....	121
<i>Sarsenbayev Kh.A., Khamzina B.S., Koldassova G.A., Issayeva G.B.</i> Research of modified reagent ALS lignosulfonate (NPP «Azimut»).....	126

## **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](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 сайтах:

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

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

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Редактор *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
4 п.л. Тираж 300. Заказ 6.