

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**

**2 (306)**

**НАУРЫЗ – СӘУІР 2016 ж.**

**МАРТ – АПРЕЛЬ 2016 г.**

**MARCH – APRIL 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

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

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

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](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://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 2, Number 306 (2016), 5 – 9

UDC 539.171

## INVESTIGATION OF THE ELASTIC SCATTERING OF $^3\text{He}$ IONS ON $^{14}\text{N}$ AT ENERGIES 50 AND 60 MeV

N. Burtabayev<sup>1</sup>, A. Duisebayev<sup>1</sup>, Zh.K. Kerimkulov<sup>1</sup>, D.K. Alimov<sup>1,2</sup>, A.V. Yushkov<sup>2</sup>,  
T.K. Zholdybayev<sup>1</sup>, B. Sadikov<sup>1</sup>, Y.S. Mukhamejanov<sup>2</sup>, D.M. Janseitov<sup>3</sup>, S.B. Sakuta<sup>4</sup>

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

<sup>4</sup>NRC “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia

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

**Keywords:** elastic scattering, light charged particles, diffuseness, optical potential, folding potential, nuclear rainbow.

**Abstract.** In this paper we studied the elastic scattering of  $^3\text{He}$  ions on nuclei  $^{14}\text{N}$  at energies 50 and 60 MeV. An analysis of the angular distributions is carried out using an optical model of the nucleus and folding models. A good description of the experimental data in the full range of angles with potentials having the volume integrals of the real part close to 400-500 MeV fm<sup>3</sup>. In the measured angular distributions of the elastic scattering there are clearly visible effects of the nuclear rainbow caused by the refractive properties of a real nuclear potential.

УДК 539.171

## ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ИОНОВ<sup>3</sup> НЕ НА ЯДРАХ $^{14}\text{N}$ ПРИ ЭНЕРГИЯХ 50 И 60 МЭВ

Н. Буртебаев<sup>1</sup>, А. Дуйсебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, Д.К. Алимов<sup>1,2</sup>, А.В. Юшков<sup>2</sup>, Т.К.  
Жолдыбаев<sup>1</sup>, Б. Садыков<sup>1</sup>, Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>, Д.М. Джансейтов<sup>3</sup>, С.Б. Сакута<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,

<sup>4</sup>НИЦ “Курчатовский институт”, Москва, Россия

**Ключевые слова:** упругое рассеяние, легкие заряженные частицы, диффузность, оптический потенциал, фолдинг потенциал, ядерная радуга.

**Аннотация.** В данной работе исследовано упругое рассеяние ионов  $^3\text{He}$  на ядрах  $^{14}\text{N}$  при энергиях 50 и 60 МэВ. Анализ угловых распределений проведен с использованием оптической модели ядра и фолдинг модели. Получено хорошее описание экспериментальных данных в полном диапазоне углов с потенциалами, имеющими объемные интегралы реальной части вблизи 400-500 МэВ фм<sup>3</sup>. В измеренных угловых распределениях упругого рассеяния отчетливо видны эффекты ядерной радуги, вызванные рефракционными свойствами реального ядерного потенциала.

**Введение.** Анализ данных рассеяния по оптической модели является основным источником информации о потенциалах ядро-ядерных взаимодействий. Известно, однако, что для сложных снарядов с  $A \geq 2$ , такой анализ является неоднозначным. Особенно сложная ситуация возникает

при низких энергиях ( $E < 10$  МэВ/нуклон). Многочисленные исследования показали, что неоднозначность извлеченных параметров действительной части ядерного потенциала может быть как непрерывной и дискретной.

Если глубина действительной части ядерного потенциала велика по сравнению с энергией налетающей частицы (при энергиях  $E/\text{нуклон} < 10$  МэВ), то при достаточно малых прицельных параметрах воздействия, в связи с влиянием ядерного притяжения, угол отклонения рассеянной частицы может превышать 180 градусов. В этом случае дифракционная картина наблюдается во всем диапазоне углов углового распределения. Тем не менее, при более высоких энергиях падающая частица может быть отражена на угол, не превышающий определенный предел. Согласно классической механике, сечение в этой точке должно стать бесконечным. В квантовой механике, однако, сечение конечно, но при не очень сильном поглощении, должен наблюдаться максимум, а затем экспоненциальный спад сечений на больших углах. Этот эффект возникает из-за преломляющих свойств вещественной части ядерного потенциала и является аналогом явления радуги в оптике. Величина и угловая зависимость сечений наблюдаемой ядерной радуги очень чувствительны к действительной части ядерного потенциала, как было впервые показано в работах [1, 2]. Анализ таких данных с использованием оптической модели позволяет устранить дискретную неоднозначность глубины реальной части ядерного потенциала.

Литературных данных по упругому рассеянию ионов  ${}^3\text{He}$  на ядрах  ${}^{14}\text{N}$  при энергиях выше 20 МэВ немного. Угловые распределения были ранее измерены при энергиях 26,3 МэВ [3] и 72 МэВ [4] в передней полусфере рассеяния. Эффект ядерной радуги наблюдался только при энергии 72 МэВ. Ранее нами были опубликованы результаты измерений упругого рассеяния на 50 и 60 МэВ энергий [5] с предварительным анализом в рамках оптической модели.

Целью данной работы является изучение упругого рассеяния  ${}^3\text{He}$  на ядрах  ${}^{14}\text{N}$  при энергиях 50 - 60 МэВ. Здесь эффекты ядерной радуги начинают проявляться отчетливо. Такие энергии являются достаточно высокими, чтобы избежать наихудших осложнений, связанных с составными ядерными эффектами.

**1. Экспериментальная методика и результаты измерений.** Измерения проводились на выведенных пучках ионов  ${}^3\text{He}$  изохронного циклотрона У-150М Института ядерной физики (Алматы, Казахстан). Энергия ионов  ${}^3\text{He}$  составляла 50 и 60 МэВ. В качестве мишени использовался естественный газ азота (99,61% от  ${}^{14}\text{N}$ ) давление которого было около 1 атмосферы. Эффективная толщина мишени была в диапазоне от 1 до 7 мг/см<sup>2</sup>, в зависимости от угла измерения. Неопределенность в оценке толщины не более 3%. Более подробно конструкция мишени описана в работе [6].

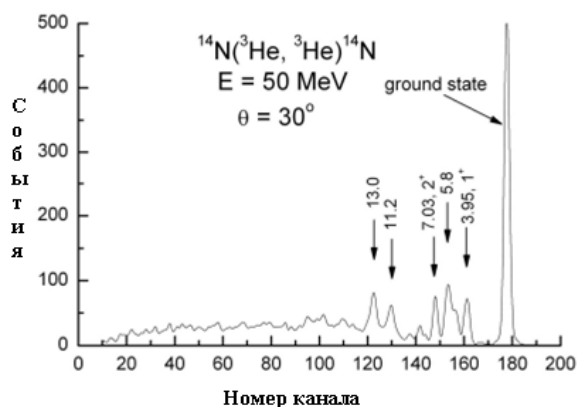


Рисунок 1 – Энергетический спектр  ${}^3\text{He}$ , рассеянных при энергии 50 МэВ на ядрах  ${}^{14}\text{N}$  оцениваются под углом 30°

В экспериментах использовалась  $\Delta E$ - $E$  методика регистрации и идентификации заряженных частиц. Рассеянные частицы регистрировались телескопом, состоящим из двух кремниевых детекторов с толщиной 100 микрон ( $\Delta E$ ) и 2 мм ( $E$ ). Общее энергетическое разрешение варьировалось от 400 до 500 кэВ, в зависимости от угла рассеяния, и определялось в основном разбросом энергии в пучке и толщиной мишени.

Дифференциальные сечения упругого рассеяния были измерены в диапазоне углов от  $10^\circ$  до  $170^\circ$  в лабораторной системе координат. Угловые распределения, как видно из рисунка 1, имеют дифракционную структуру вплоть до углов  $60^\circ - 70^\circ$ . С увеличением угла наблюдается широкий максимум, а затем спад без выраженных осцилляций. Статистические погрешности измеренных дифференциальных сечений не превышали 10%.

**2. Анализ и обсуждение результатов.** Измеренные угловые распределения упругого рассеяния были проанализированы в рамках оптической модели ядра. Расчеты проводились с центральным потенциалом без спин-орбитального взаимодействия:

$$U(r) = -Vf(r) - i4a_w W_D \frac{df_w(r)}{dr} + V_C(r)$$

Первые два члена отвечают за ядерное взаимодействие с поверхностным поглощением. Радиальная зависимость  $f_i(r)$  описывается Вудс-Саксоновским формфактором с радиусом  $r_i$  и диффузностью  $a_i$  ( $i = V, W$ ):

$$f_i = \left[ 1 + \exp((r - r_i A^{1/3}) / a_i) \right]^{-1}$$

$V_C$  – кулоновский потенциал равномерно заряженной сферы с радиусом  $R_C$ . При  $r > R_C$ , кулоновское взаимодействие между двумя ядрами равно

$$V_C = Z_p Z_t e^2 / r,$$

где  $Z_p, Z_t$  – заряды налетающей частицы (p) и мишени (t). Во всех наших расчетах использовалось:  $R_C = r_C A_i^{1/3}$  с  $r_C = 1.3 \text{ фм}$ .

Теоретические расчеты выполнялись по программе SPI-GENOA [7]. 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 [8]. 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.

Для ограничения неоднозначности 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:

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

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

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

где  $\beta$  корректируется таким образом, чтобы воспроизвести экспериментальное значение для среднеквадратичного радиуса ядер  $^{14}\text{N} = 2,58 \text{ фм}$  и  $^3\text{He} = 1,91 \text{ фм}$  [9]. Значения  $\rho_0$  могут быть получены из нижеследующего условия нормировки

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

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

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

где

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

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 [10]. Найденные параметры фолдинг потенциала и значения  $N$  представлены в таблице-1.

Таблица 1 – Параметры оптического (ОП) и фолдинг потенциала (ФП) с коэффициентом нормализации  $N_r = 1$

a + A	E, МэВ	V, МэВ	$\Gamma_v$ , фм	$a_v$ , фм	$W_D$ , МэВ	$\Gamma_w$ , фм	$a_w$ , фм	$J_V$ , МэВ фм <sup>3</sup>	$J_W$ , МэВ фм <sup>3</sup>
<sup>3</sup> He+ <sup>14</sup> N	ОП 50	100	1.225	0.725	11	1.56	0.69	409.8	142.6
	ФП 50				11	1.56	0.69		
	ОП 60	102	1.225	0.725	13	1.56	0.69	418	168.5
	ФП 60				13	1.56	0.69		

Из предсказаний микроскопической теории (фолдинг модель) и результатами глобального анализа упругого рассеяния <sup>3</sup>He в диапазоне энергий 10-200 МэВ[11, 12] следует, что для взаимодействия ионов <sup>3</sup>He с ядрами 1p-оболочки наиболее разумными значениями объемного интеграла являются  $J_V \sim 400$  МэВ фм<sup>3</sup>. Как видно из таблицы 1, объемные интегралы реальной части ( $J_V$ ) найденные нами, находятся в пределах 400 - 500 МэВ фм<sup>3</sup>. На рисунке 2 представлено сравнение экспериментальных данных (квадраты) с сечениями рассчитанными в рамках оптической модели ядра (сплошная линия) и фолдинг модели (штрих-пунктирная линия). Видно, что оба потенциала коррелируют между собой и дают схожее описание эксперимента.

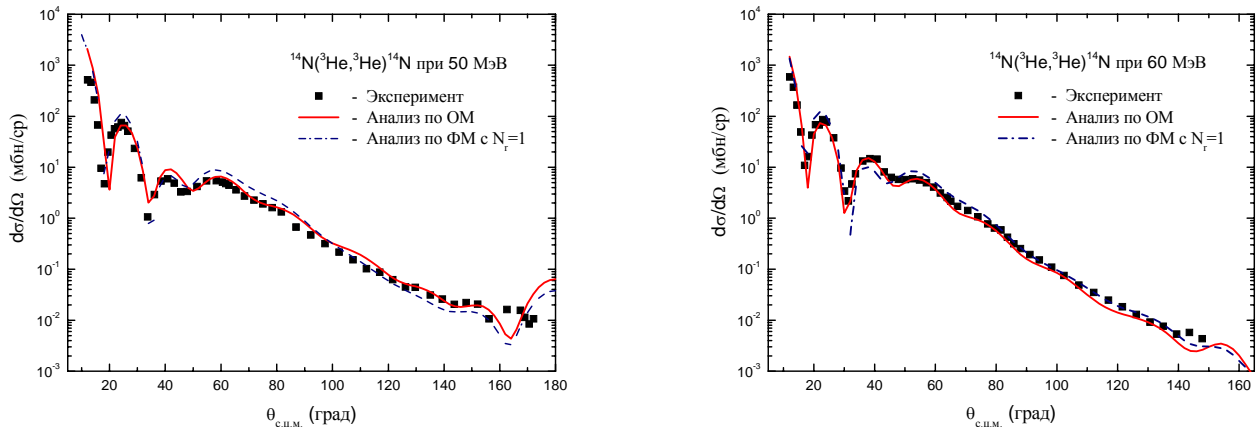


Рисунок 2 – Угловые распределения упругого рассеяния <sup>3</sup>He при энергиях 50 и 60 МэВ на ядрах <sup>14</sup>N

Таким образом, в упругом рассеянии <sup>3</sup>He на ядрах <sup>14</sup>N при энергиях около 50 МэВ, отчетливо наблюдаются эффекты ядерной радуги, вызванные преломляющими свойствами ядерного потенциала.

**Заключение.** Исследовалось упругое рассеяние <sup>3</sup>He на ядрах <sup>14</sup>N при энергиях 50 и 60 МэВ. Измеренные угловые распределения были проанализированы в рамках оптической модели ядра и фолдинг модели.

Объемные интегралы, найденные для реальной части потенциалов находятся в пределах интервала 400-500 МэВ фм<sup>3</sup>, что согласуется с предсказаниями микроскопической теории и с результатами глобального анализа упругого рассеяния <sup>3</sup>He в диапазоне энергий 10-200 МэВ. Эффекты ядерной радуги отчетливо наблюдаются в измеренных угловых распределений упругого рассеяния. Об этом свидетельствуют следующее:



1. Наличие фраунгоферовской дифракции в передней полусфере. Дифракция особенно сильна при углах, где амплитуды рассеяния ближней и дальней компоненты сопоставимы.

2. Наличие в угловых распределениях широкого максимума и последующего монотонного спада сечений при больших углах. Это связано с существованием предельного угла в функции отклонения рассеянной частицы в поле ядра.

Эта работа была частично поддержана грантом МОН РК, проекта "Экспериментальное и теоретическое исследование упругих и квазиупругих процессов взаимодействия  $^3\text{He}$  и  $d$  ионов с р- и sd-оболочки ядер".

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] D.A. Goldberg, S.M. Smith, *Phys. Rev. Lett.* **29**, 500 (1972).  
 [2] D.A. Goldberg, S.M. Smith, G.E. Burdick, *Phys. Rev.* **C10**, 1362 (1974).  
 [3] A.M. Mukhamedzhanov, P. Bem, B.A. Braun, V. Burjan, C.A. Gagliardi, V. Kroha, J. Novak, F.M. Nunes, S. Piskoř, F. Pirlpesov, E. Simeckova, R.E. Tribble, J. Vincour, *Phys. Rev.* **C67**, 65804 (2003).  
 [4] A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, S.N. Ershov, F.A. Gareev, P.S. Kurmanov, E.F.Svinareva, S.A. Goncharov, V.V. Adodin, N. Burtebaev, J.M. Bang, J.S. Vaagen, *Phys. Scr.* **T32**, 89 (1990).  
 [5] V.V. Adodin, N.T. Burtebaev, A.D. Duiysebaev, *Yad. Fiz.* **55**, 577 (1992).  
 [6] A.D. Duiysebaev, G.N. Ivanov, N.T. Burtebaev et al. *Izv. AN Kaz. SSR, ser. fiz.-mat.* **4**, 73, 1984.  
 [7] F. Perey, SPI-GENOA. *An optical model search code (unpublished)*.  
 [8] G.R. Satchler, W.G. Love, *Phys. Rep.* **55**, 183 (1979).  
 [9] 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  
 [10] I.J. Thompson, *Comput. Phys. Rep.* **7**, 167 (1988), available at: <http://www.fresco.org.uk/>  
 [11] R. Gorgen, F. Hinterberger, R. Jahn, et al., *Nucl. Phys.* **A320**, 296 (1979).  
 [12] H.-J. Trost, P. Lezoch, and U. Strohhusch, *Nucl. Phys.* **A462**, 333 (1987).

#### REFERENCES

- [1] D.A. Goldberg, S.M. Smith, *Phys. Rev. Lett.* **29**, 500 (1972).  
 [2] D.A. Goldberg, S.M. Smith, G.E. Burdick, *Phys. Rev.* **C10**, 1362 (1974).  
 [3] A.M. Mukhamedzhanov, P. Bem, B.A. Braun, V. Burjan, C.A. Gagliardi, V. Kroha, J. Novak, F.M. Nunes, S. Piskoř, F. Pirlpesov, E. Simeckova, R.E. Tribble, J. Vincour, *Phys. Rev.* **C67**, 65804 (2003).  
 [4] A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, S.N. Ershov, F.A. Gareev, P.S. Kurmanov, E.F.Svinareva, S.A. Goncharov, V.V. Adodin, N. Burtebaev, J.M. Bang, J.S. Vaagen, *Phys. Scr.* **T32**, 89 (1990).  
 [5] V.V. Adodin, N.T. Burtebaev, A.D. Duiysebaev, *Yad. Fiz.* **55**, 577 (1992).  
 [6] A.D. Duiysebaev, G.N. Ivanov, N.T. Burtebaev et al. *Izv. AN Kaz. SSR, ser. fiz.-mat.* **4**, 73, 1984.  
 [7] F. Perey, SPI-GENOA. *An optical model search code (unpublished)*.  
 [8] G.R. Satchler, W.G. Love, *Phys. Rep.* **55**, 183 (1979).  
 [9] 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  
 [10] I.J. Thompson, *Comput. Phys. Rep.* **7**, 167 (1988), available at: <http://www.fresco.org.uk/>  
 [11] R. Gorgen, F. Hinterberger, R. Jahn, et al., *Nucl. Phys.* **A320**, 296 (1979).  
 [12] H.-J. Trost, P. Lezoch, and U. Strohhusch, *Nucl. Phys.* **A462**, 333 (1987).

#### 50 ЖӘНЕ 60 МЭВ ЭНЕРГИЯЛЫ $^3\text{He}$ ИОНДАРЫНЫҢ $^{14}\text{N}$ ЯДРОЛАРЫНАН СЕРПІМДІ ШАШЫРАУЫН ЗЕРТТЕУ

Н. Буртебаев<sup>1</sup>, А. Дуйсебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, Д.К. Алимов<sup>1,2</sup>, А.В. Юшков<sup>2</sup>,  
 Т.К. Жолдыбаев<sup>1</sup>, Б. Садыков<sup>1</sup>, Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>, Д.М. Джансейтов<sup>3</sup>, С.Б. Сакута<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>ҰЗО "Курчатов институты", Мәскеу, Ресей

**Түйін сөздер:** серпімді шашырау, зарядталған жеңіл бөлшектер, диффуздық, оптикалық потенциал, фолдинг потенциал, ядролық қосақ.

**Аннотация.** Осы жұмыста 50 және 60 МэВ энергиялы  $^3\text{He}$  иондарының  $^{14}\text{N}$  ядроларынан серпімді шашырауы зерттелді. Ядроның фолдинг және оптикалық үлгілері қолданылып, бұрыштық таралу талдауы жүргізілді. 400-500 МэВ  $\text{fm}^3$  төңірегінде потенциалдың нақты бөлігінің көлемдік интегралы үшін тәжірибелік мәліметтерден толық бұрыштық диапазонда жақсы сипаттамалар алынды. Өлшенген серпімді шашыраудың бұрыштық таралуларында ядролық қосақтың әсері байқалады.

Поступила 15.03.2016 г

## МАЗМҰНЫ

## Теориялық және тәжірибелік зерттеулер

<i>Буртебаев Н., Дүйсебаев А., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Юшков А.В., Жолдыбаев Т.К., Садықов Б., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Сакута С.Б.</i> 50 және 60 МэВ энергиялы $^3\text{He}$ иондарының $^{14}\text{N}$ ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу.....	5
<i>Алтынбеков Ш.</i> Өртекті топырақ консолидациясының бірөлшемді квазисызықты есебін напордың бастапқы градиенті әсерінде шешу әдісі туралы және оның шөгуді анықтау.....	10
<i>Асқарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е.</i> 3-D Модельдеу әдістерімен жану процесіне көмірдің ылғалдылығының зиянын зерттеу.....	21
<i>Асқарова Ә.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> ЖЭС жану камерасында көмірдің жануы кезінде $\text{NO}_x$ түзілуі мен жойылуын екі кинетикалық механизм бойынша сандық моделдеу.....	29
<i>Асқарова Ә.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Жану камерасының қабырға температурасы үшін берілген шекаралық шартының жану процесінің температуралық сипаттамаларына әсерін зерттеу.....	35
<i>Асқарова Ә., Болегенова С., Гороховский М., Оспанова Ш., Нұғьманова А., Утелов С.</i> Өр түрлі сұйық отындардың бүрку, тұтану және жану процестерін зерттеу .....	40
<i>Сапрыгина М.Б., Байсейтова У.С., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О.</i> Толқын теңдеуінің шартарапты есебінің тұрлауы шешілуі туралы.....	48
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н., Джансейтов Д.М., Жолдыбаев Т.К., Алимов Д.К.</i> Оптикалық және фолдинг модельдер АЯСЫНДА 50 және 60 МЭВ энергияларда $^3\text{He}$ иондарының $^{13}\text{C}$ ядроларында серпімді шашырау процесстерін зерттеу.....	55
<i>Жұмбаев Д.С., Бакирова Э.А.</i> Импульс әсері бар фредгольм интегралдық- дифференциалдық теңдеулер үшін сызықты шеттік есептің бірімәнді шешілімділігінің коэффициенттік белгілері .....	61
<i>Өтебаев Ұ.Б., Есентаев Қ.Ө., Дархан Н.Д.</i> WEB -формалар құрудың технологиялары.....	72
<i>Жунусова Л.Х., Жунусов К.Х.</i> Тор теңдеулерінің итерациялық әдіспен шығару.....	79
<i>Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омаишова Г.Ш., Серикбаева Г.С., Сүйерқұлова Ж.Н.</i> Еркін механикалық тербелістерді зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	84
<i>Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омаишова Г.Ш., Сүттібаева Д.И., Қозыбақова Г.Н.</i> Изобаралық процесті зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	92
<i>Қабылбеков К.А., Омаишова Г.Ш., Саидахметов П.А., Нұрұллаев М.А., Артыгалин Н.А.</i> Карно циклімен жұмыс атқаратын қозғалтқышты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастырудың бланкі үлгісі.....	98
<i>Түгелбаева Г.Т., Канибекова А. Е.</i> Білім негіздерін физика сабақтарына енгізу әдісін жүйелік талдау.....	104
<i>Қойишева Т.К., Қожамқұлова Ж.Ж., Базарбаева А.И., Бегимбетова Х.А.</i> Объектіге-бағытталған жүйе болашақ маманның ақпараттық-логикалық құзыреттілігін қалыптастыру факторы ретінде.....	108
<i>Қойишева Т.К., Байтерекова А.И., Салғараева М.И.</i> Болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындауда қолданылатын объектілі-бағдарлы жобалаудың теориялық негіздері.....	116
<i>Литвиненко Н.</i> Бағдарламалық R ортаның C# ортасына біріктірілуі.....	123
<i>Мақышов С.</i> Тұрақты м-туындаған сандар.....	128
<i>Минглибаев М.Ж., Прокопья А.Н., Бекетауов Б.А.</i> Массалары айнымалы шектелген үш дене мәселесінің эволюциялық теңдеуінің нақты шешімдері.....	133
<i>Орынбаев С.А., Молдахметов С.С., Байбутанов Б.К., Ешметов М.Б., Ауесжанов Д.С.</i> Жазықтық-импульстік модуляция негізінде көпдеңгейлі инвертор сатыларының қосылу әдістемелерін зерттеу .....	139
<i>Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О., Байсейтова У.С.</i> Толқын теңдеуінің шартарапты есебінің вөлтерлі болуының үзілді – кесілді шарты.....	147
<i>Сураган Д.</i> Шаттен р-нормасы үшін бір теңсіздік туралы .....	153
<i>Темирбеков Н.М., Тураров А.К.</i> Газлифт үрдісінің бір өлшемді моделінің сандық шешімі .....	159
<i>Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш., Шомабаева М.Т.</i> Аргументі ауытқыған жылу теңдеуінің шекаралық коши-нейман есебіне сәйкес оператордың спектрінің құрамы туралы.....	169
<i>Шомабаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т.</i> Аргументі ауытқыған жылу теңдеуінің жарталай бекітілген шекаралық есебіне сәйкес оператордың үзіксіз спектрі туралы .....	180
<i>Ұлағатты ұстаз туралы. Шерәлі Біләл.</i> .....	191

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретические и экспериментальные исследования

<i>Буртебаев Н., Дуйсебаев А., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Юшков А.В., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Сакута С.Б.</i> Исследование упругого рассеяния ионов $^3\text{He}$ на ядрах $^{14}\text{N}$ при энергиях 50 и 60 МэВ.....	5
<i>Алтынбеков Ш.</i> О методике решения одномерной квазилинейной задачи консолидации неоднородного грунта с учетом начального градиента напора и определение его осадка.....	10
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е.</i> Исследование влияния влажности угля на процесс горения методами 3-d моделирования.....	21
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Численное моделирование образования и разложения $\text{NO}_x$ по двум кинетическим механизмам при горении угольного топлива в топочной камере ТЭЦ.....	29
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Исследование влияния граничного условия для температуры на стенках топочной камеры на температурные характеристики процесса горения.....	35
<i>Аскарова А., Болегенова С., Гороховский М., Оспанова Ш., Нугьманова А., Утелов С.</i> Исследование процессов распыла, воспламенения и горения различного вида жидкого топлива.....	40
<i>Сапрыгина М.Б., Байсейтова У.С., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О.</i> Толкын тендеуінің шартарапты есебінің тұрлаулы шешілуі туралы.....	48
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н., Джансейтов Д.М., Жолдыбаев Т.К., Алимов Д.К.</i> Исследование процессов упругого рассеяния ионов $^3\text{He}$ на ядрах $^{13}\text{C}$ при энергиях 50 и 60 МэВ в рамках оптического и фолдинг моделей.....	55
<i>Джумабаев Д.С., Бакирова Э.А.</i> Коэффициентные признаки однозначной разрешимости линейной краевой задачи для интегро-дифференциальных уравнений фредгольма с импульсными воздействиями.....	61
<i>Утебаев У.Б., Есентаев К.У., Дархан Н.Д.</i> Технология создания web-форм.....	72
<i>Жунусова Л.Х., Жунусов К.Х.</i> Итерационные методы решения сеточных уравнений.....	79
<i>Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Серикбаева Г.С., Суйеркулова Ж.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию свободных механических колебаний.....	84
<i>Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Суттибаева Д.И., Козыбакова Г.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию изобарического процесса.....	92
<i>Кабылбеков К.А., Омашова Г.Ш., Саидахметов П.А., Нураллаев М.А., Артыгалин Н.А.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию двигателя, совершающего цикл Карно.....	98
<i>Түгелбаева Г.Т., Канибекова А. Е.</i> Системное обсуждение способов внедрения в уроки по физике основ знаний по экологии.....	104
<i>Койшиева Т.К., Кожамкулова Ж.Ж., Базарбаева А.И., Бегимбетова Х.А.</i> Объектно-ориентированные системы как фактор формирования информационно-логической компетентности будущих специалистов.....	108
<i>Койшиева Т.К., Байтерекова А.И., Салгараева М.И.</i> Теоретические основы объектно-ориентированного проектирования, применимые для профессиональной подготовки будущих учителей.....	116
<i>Литвиненко Н.</i> Интеграция программной среды R в среду C#.....	123
<i>Макышов С.</i> Неподвижные m-порожденные числа.....	128
<i>Минглибаев М.Ж., Прокопья А.Н., Бекетауов Б.А.</i> Точные решения эволюционных уравнений в ограниченной задаче трех тел с переменными массами.....	133
<i>Орынбаев С.А., Молдахметов С.С., Байбутанов Б.К., Ешметов М.Б., Ауесжанов Д.С.</i> Исследование методик коммутации ступеней многоуровневого инвертора на основе широтно-импульсной модуляции.....	139
<i>Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О., Байсейтова У.С.</i> Критерии вольтерровости нелокальной краевой задачи волнового уравнения.....	147
<i>Сураган Д.</i> Об одном неравенстве p-нормы в классе Шаттена.....	153
<i>Темірбеков Н. М., Тураров А. К.</i> Численное решение одномерной модели газлифтного процесса.....	159
<i>Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш., Шомабаева М.Т.</i> О структуре спектра краевой задачи Коши-неймана для уравнения теплопроводности с отклоняющимся аргументом.....	169
<i>Шомабаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т.</i> О непрерывном спектре оператора полужакрепленной краевой задачи для уравнения теплопроводности с отклоняющимся аргументом.....	180
<i>Юбилей Ашуралиев Аллаберен</i> .....	191

## CONTENTS

## Theoretical and experimental researches

<i>Burtebayev N., Duisebayev A., Kerimkulov Zh.K., Alimov D.K., Yushkov A.V., Zholdybayev T.K., Sadikov B., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M., Sakuta S.B.</i> Investigation of the elastic scattering of $^3\text{He}$ ions on $^{14}\text{N}$ at energies 50 and 60 MeV.....	5
<i>Altynbekov Sh.</i> On the method of solving one-dimensional quasilinear problem of consolidation of non homogeneous soil with the initial gradient of pressure and determination of its sediment.....	10
<i>Askarova. A., Bolegenova S., Bolegenova S., Maximov V., Yergaliyeva A., Gabitova Z., Boranbaeva A.</i> Study of coal moisture on the combustion process by 3d modeling.....	21
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Beketayeva M.T.</i> Numerical modeling of formation and destruction of $\text{NO}_x$ by TWO kinetic mechanisms during combustion of fossil fuel in the furnace of CHP.....	29
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Beketayeva M.T.</i> Study of the boundary conditions influence for the temperature on the walls of the combustion chamber in the temperature characteristics of the burning process.....	35
<i>Askarova A., Bolegenova S., Gorokhovski M., Ospanova Sh., Nugymanova A., Utelov S.</i> Investigation of atomization, ignition and combustion processes of different types of liquid fuel.....	40
<i>Saprygina M.B., Bayseytova U.S., Shaldanbayev A.Sh., Orazov I.O.</i> About regular resolvability of nonlocal boundary value problem of the wave equation.....	48
<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Demyanova A.S., Danilov A.N., Janseitov D.M., Zholdybayev T.K., Alimov D.K.</i> Investigation of elastic scattering of $^3\text{He}$ ions from $^{13}\text{C}$ nuclei at 50 and 60 MeV in optical and folding model.....	55
<i>Dzhumabaev D.S., Bakirova E.A.</i> Coefficient conditions for the unique solvability of linear boundary value problem for fredholm integro-differential equation with impulse effects.....	61
<i>Utebaev U.B., Yessentayev K.U., Darkhan N.D.</i> Technology of creation of web-form.....	72
<i>Zhunussova L., Zhunussov K.</i> Iterative methods for solving difference equations.....	79
<i>Kabyrbekov K.A., Saidakhmetov P.A., Omashova G.SH., Serikbaeva G.S., Suyerkulova ZH.N.</i> Model of the form of the organisation of computer laboratory operation of the free mechanical oscillations.....	84
<i>Kabyrbekov K.A., Saidakhmetov P.A., Omashova G.SH., Suttibaeva D.I., Kozybakova G.N.</i> Model of the form of the organisation of computer laboratory operation of isobaric process.....	92
<i>Kabyrbekov K.A., Omashova G.SH., Saidakhmetov P.A., Nurullaev M.A., Artygalin N.A.</i> Model of the form of the organization of computer laboratory operation on examination of the drive making the carnot cycle.....	98
<i>Tygelbaeva G.T., Kanibekova A. E.</i> System discussion of methods of introduction in lessons on physics bases of knowledge on ecology.....	104
<i>Koishieva T.K., Kozhamkulova Zh.Zh., Bazarbaeva A.I., Begimbetova A.</i> Object-oriented system as the factor of formation of information-logical competence of future professionals.....	108
<i>Koishieva T.K., Baiterekova A.I., Salgaraeva M.I.</i> Theoretical bases of object-oriented design, applicable for vocational training of future teachers.....	116
<i>Litvinenko N.</i> Integration of R software environment in C# software environment.....	123
<i>Makyshov S.</i> Stationary m-digitaddition numbers.....	128
<i>Minglibayev M.Dzh., Prokopenya A.N., Beketauov B.A.</i> Exact solutions of evolution equations in restricted three-body problem with variable mass.....	133
<i>Orynbayev S.A., Moldakhmetov S.S., Baibutanov B.K., Jeshmetov M.B., Aueszhanov D.S.</i> Methods of switching angles based on pulse width modulation for multilevel inverter.....	139
<i>Saprygina M.B., Shaldanbayev A.Sh., Orazov I.O., Bayseytova U.S.</i> Criteria Volterra of nonlocal boundary value problem of the wave equation.....	147
<i>Suragan D.</i> On an inequality for schatten $P$ -norms.....	153
<i>Temirbekov N. M., Turarov A. K.</i> Numerical solution of the one dimensional model of gas-lift process.....	159
<i>Achmetova S.T., Shaldanbayev A.Sh., Shomabayeva M. T.</i> About structure of the range of the regional task of cauchy - neumann for the heat conductivity equation with the deviating argument.....	169
<i>Shomanbayeva M. T., Shaldanbayev A.Sh., Achmetova S.T.</i> About the continuous range of the operator of the semi-fixed regional task for the heat conductivity equation with the deviating argument.....	180
Anniversary of Ashuraliev Allaberen.....	191

**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 сайте:

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

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

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 24.03.2016.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

11,3 п.л. Тираж 300. Заказ 2.