

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ФЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# ХАБАРЛАРЫ

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

Бас редактор  
ҚР ҰҒА академигі,  
**Мұтанов Г. М.**

Редакция алқасы:

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

Редакция кеңесі:

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

Г л а в н ы й р е д а к т о р

академик НАН РК

**Г. М. Мутанов**

Р е д а к ц и о н на я кол л е г и я:

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**

Р е д а к ц и о н н ы й с о в е т:

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. Kovalev**, 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

**N E W S**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 306 (2016), 55–60

**INVESTIGATION OF ELASTIC SCATTERING OF  $^3\text{He}$  IONS FROM  $^{13}\text{C}$  NUCLEI AT 50 AND 60 MeV IN OPTICAL AND FOLDING MODELS**

**N. Burtebayev<sup>1</sup>, Zh.K. Kerimkulov<sup>1</sup>, A.S. Demyanova<sup>2</sup>,**  
**A.N. Danilov<sup>2</sup>, D.M. Janseitov<sup>3</sup>, T.K. Zholdybayev<sup>1</sup>, D.K. Alimov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>NRC Kurcatov Institute, Moscow, Russia,

<sup>3</sup>ENU, Astana, Kazakhstan,

<sup>4</sup>KazNU, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: janseit.daniar@gmail.com

---

**Key words:** elastic scattering, optic model, folding potential, normalization coefficients, FRESCO.

**Abstract.** Processes of elastic scattering of  $^3\text{He}$  ions from  $^{13}\text{C}$  nuclei at energies 50 and 60 MeV were studied in this paper. The differential cross sections were measured at laboratory system in the range  $10^0$ - $170^0$ . Analysis of elastic scattering was made within optical model. Both microscopic double folding potentials and phenomenological potentials were used for real part of complex nuclear potential. Imaginary part had the shape of phenomenological surface Woods-Saxon potential. The calculated theoretical cross sections are in good agreement with experimental data.

УДК 539.171

## 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

Н. Буртебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, А.С. Демьянова<sup>2</sup>,  
А.Н.Данилов<sup>2</sup>, Д.М. Джансейтов<sup>3</sup>, Т.К. Жолдыбаев<sup>1</sup>, Д.К. Алимов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>НИЦ Курчатовский Институт, Москва, Россия

<sup>3</sup>ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>4</sup>КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** упругое рассеяние, оптическая модель, фолдинг потенциал, нормировочные коэффициенты, FRESCO.

**Аннотация.** В данной работе исследованы процессы упругого рассеяния ионов  ${}^3\text{He}$  при энергиях 50 и 60 МэВ. Дифференциальные сечения измерены в диапазоне углов  $10^0$ - $170^0$  в лабораторной системе координат. Анализ упругого рассеяния был проведен в рамках оптической модели. В расчетах для действительной части комплексного ядерного потенциала были использованы как микроскопические потенциалы двойной свертки, так и феноменологические потенциалы. Мнимая часть имела форму феноменологического поверхностного Вудс-Саксонского потенциала. Теоретически рассчитанные сечения хорошо согласуются с экспериментальными данными.

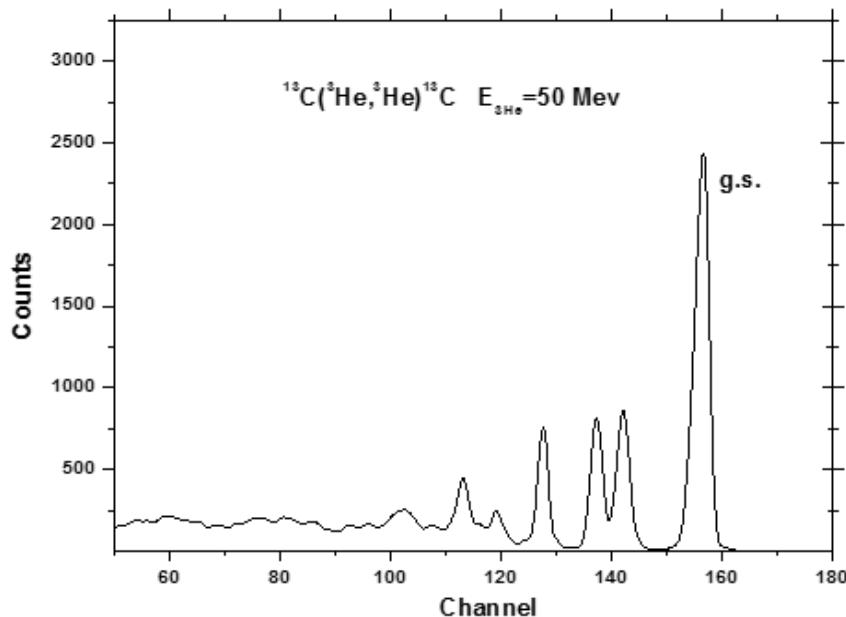
**Введение.** Рассеяние нуклонов и сложных ядерных частиц (дейтроны, а-частицы, тяжелые ионы) на ядрах является важным источником информации о ядерной структуре [1]. Но параметры оптического потенциала (ОП) взаимодействия частиц с легкими ядрами при низких и средних энергиях, извлекаемые из анализа дифференциальных сечений упругого рассеяния в рамках оптической модели (ОМ), подвержены неоднозначностям и требуют надежных оценок.

С целью получения достоверной информации о потенциале ядерного взаимодействия, полученные на циклотроне ИЯФ РК экспериментальные данные [2] по рассеянию ионов  ${}^3\text{He}$  с энергией 50,5 и 60 МэВ на ядрах  ${}^{13}\text{C}$  анализируются как в рамках стандартной оптической модели с заданием потенциала в параметризованной форме и нахождением его параметров из сравнения теоретических сечений с экспериментальными, так и в рамках микроскопической модели, в которой потенциалы строятся на основе эффективных нуклон-нуклонных сил [3].

В данной работе проводится сопоставительный анализ упругого рассеяния ионов  ${}^3\text{He}$  с ядрами  ${}^{13}\text{C}$  в рамках оптической и фолдинг модели.

**Методика и результаты эксперимента.** Экспериментальные угловые распределения упругого рассеяния ионов  ${}^3\text{He}$  на ядрах  ${}^{13}\text{C}$  измерены на выведенных пучках изохронного циклотрона У-150М Института ядерной физики (г. Алматы, Казахстан) при энергиях  $E_h = 50$  и 60 МэВ [2].

В эксперименте использовалась самонесущая мишень углеродной пленки толщиной 1,2 мг/см<sup>2</sup> обогащенного изотопом  ${}^{13}\text{C}$  до 86%. Регистрация и идентификация рассеянных продуктов реакции регистрировались  $\Delta E$ - $E$  телескопом кремниевых полупроводниковых детекторов, чьи толщины для  $\Delta E$  телескопа 100 мкм, для  $E$  телескопа 2 мм соответственно. Дифференциальные сечения упругого рассеяния были измерены в лабораторной системе координат в диапазоне  $10^0$ - $170^0$  для  $E_h = 50$  МэВ и  $10^0$ - $150^0$  для  $E_h = 60$  МэВ.

Рисунок 1 – Типичный спектр рассеянных ионов гелия на ядрах углерода при  $E = 50,5 \text{ МэВ}$  ( $42^\circ$ )

**Анализ экспериментальных данных по оптической модели ядра.** Анализ экспериментальных данных проводился в несколько этапов. На первом этапе данные по упругому рассеянию анализировались в рамках стандартной оптической модели ядра, в которой влияние неупругих каналов учитывается феноменологическим введением мнимой поглощающей части в потенциал взаимодействия между сталкивающимися ядрами. Расчеты проводились с центральным потенциалом без спин-орбитального взаимодействия:

$$U(r) = -Vf(r) - i4a_w W_d \frac{df_w(r)}{dr} + V_{so} \left( \frac{\hbar}{m_\pi c} \right)^2 \frac{1}{r} \frac{d}{dr} f_{so}(r) (L\sigma) + V_C(r) \quad (1)$$

Первые два члена отвечают за ядерное взаимодействие с поверхностным поглощением. Радиальная зависимость  $f_i(r)$  описывается Вудс-Саксоновским [4] формфактором с радиусом  $r_i$  и диффузностью  $a_i$  ( $i = V, W$ ):

$$f_i = \left[ 1 + \exp((r - r_i A^{1/3}) / a_i) \right]^{-1} \quad (2)$$

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

$$V_C = Z_p Z_t e^2 / r \quad (3)$$

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

Учитывая компактные размеры налетающей частицы, мы ограничились поверхностным типом потенциала поглощения для мнимой части. Параметры оптических потенциалов (ОП) подбирались таким образом, чтобы достичь наилучшего согласия между теоретическими и экспериментальными угловыми распределениями.

Расчеты выполнены по программе FRESCO [5]. Значения оптического потенциала представлены в таблице 1. Также рассчитаны объемные интегралы для действительной части ( $J_V$ ) и мнимой части ( $J_D$ ) оптического потенциала при заданных энергиях.

Таблица 1 - Параметры оптического потенциала

	$E_b$ (МэВ)	$V_0$ (МэВ)	$r_0$ (фм)	$a_0$ (фм)	$W_d$ (МэВ)	$r_W$ (фм)	$a_0$ (фм)	$J_V$ (МэВ $\text{фм}^3$ )	$J_D$ (МэВ $\text{фм}^3$ )
${}^3\text{He} + {}^{13}\text{C}$	50,5	111,04	1,150	0,737	13,30	1,378	0,80	423,1	150,3
	60,0	108,48	1,150	0,726	15,32	1,186	0,80	410,633	108,4

**Фолдинг модель.** Для ограничения дискретной неоднозначности оптического потенциала дополнительно был проведен анализ данных 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 ( $v_{NN}$ ) взаимодействия. Таким образом, фолдинг потенциал представляется в виде:

$$V_{DF}(\mathbf{r}) = \int d\mathbf{r}_1 \int d\mathbf{r}_2 \rho_p(\mathbf{r}_1) \rho_t(\mathbf{r}_2) v_{NN}(\mathbf{r}_{12}) \quad (4)$$

где  $\rho_p(\mathbf{r}_1)$  и  $\rho_t(\mathbf{r}_2)$  – плотности ядерной материи налетающего ядра и ядра мишени, соответственно.

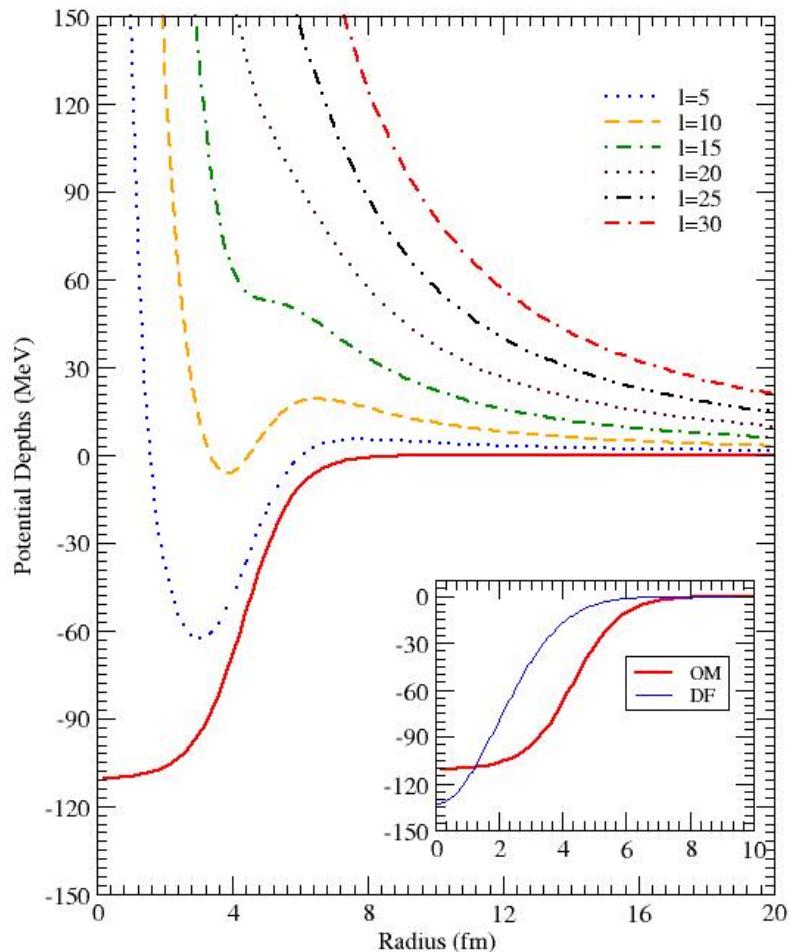


Рисунок 2 – Потенциал взаимодействия ионов  $^3\text{He}$  с ядрами  $^{13}\text{C}$  для различных значений орбитального момента квантового числа  $l$

Гауссово распределение плотности для обоих ядер определяется как

$$\rho(r) = \rho_0 \exp(-\beta r^2) \quad (5)$$

где  $\beta$  корректируется таким образом, чтобы воспроизвести экспериментальное значение для среднеквадратичного радиуса ядер  $^{13}\text{C}=2.44$  фм и  $^3\text{He}=1.91$  фм [6]. Значения  $\rho_0$  могут быть получены из условия нормировки:

$$\int \rho(r) r^2 dr = \frac{A}{4\pi} \quad (6)$$

где  $A$  массовое число. В расчетах эффективное нуклон-нуклонное ( $v_{NN}$ ) взаимодействие бралось в форме M3Y-взаимодействия, заданным как

$$v_{NN}(r) = 7999 \frac{\exp(-4r)}{4r} - 2134 \frac{\exp(-2.5r)}{2.5r} + J_{00}(E)\delta(r) \text{MeV} \quad (7)$$

где

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

На втором этапе оптимальное согласие теории с экспериментом достигалось варьированием параметров мнимой части и нормировочного коэффициента "N" микроскопической вещественной части, найденной 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 FRESCO [5]. Найденные параметры фолдинг потенциала и значения N представлены в таблице 2. Также в таблице 2, представлены рассчитанные объёмные интегралы для действительной части ( $J_V$ ) с соответствующими нормировочными коэффициентами для фолдинг-потенциала. Сумма ядерной, кулоновской и центробежной составляющих фолдинг и феноменологического Вудс-Саксоновского потенциалов для различных орбитальных моментов представлена на рисунке 2. На рисунке 3 показано сравнение экспериментальных сечений с сечениями, вычисленными в рамках оптической модели ядра и фолдинг модели.

Таблица 2 - Параметры фолдинг-потенциала и нормировочные коэффициенты

	$E_b$ (МэВ)	$W_d$ (МэВ)	$r_W$ (фм)	$a_W$ (фм)	$V_{so}$ (МэВ)	$r_{so}$ (фм)	$a_{so}$ (фм)	$J_V$ (МэВ·фм <sup>3</sup> )	$N_r$
${}^3\text{He} + {}^{13}\text{C}$	50,5	13,30	1,378	0,80	2	1,07	0,66	410,66	1,03
	60,0	15,32	1,186	0,80	2	1,07	0,66	433,2	1,1

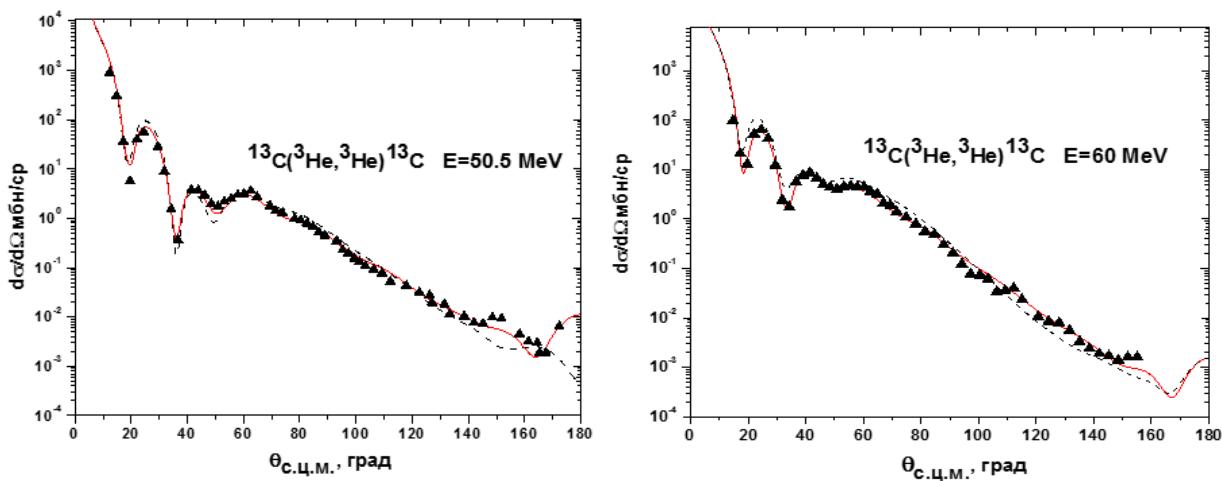


Рисунок 3 – Сравнение экспериментальных и теоретических дифференциальных сечений упругого рассеяния ионов  ${}^3\text{He}$  на ядрах  ${}^{13}\text{C}$  при энергиях 50,5 и 60 МэВ. Треугольники – экспериментальные данные, сплошная линия – сечения, рассчитанные в рамках оптической модели ядра, пунктирная линия – сечения, рассчитанные в рамках фолдинг модели

**Вывод.** Проведен анализ полученных данных в рамках стандартной оптической модели ядра. В рамках модели двойной свертки на основе полного M3Y-эффективного взаимодействия построены потенциалы для ионов  ${}^3\text{He}$ , взаимодействующих при энергиях 50,5 и 60 МэВ с ядрами  ${}^{13}\text{C}$ . Проведен анализ угловых распределений упругого рассеяния ионов  ${}^3\text{He}$  на ядрах  ${}^{13}\text{C}$  с использованием потенциалов двойной свертки. Получено удовлетворительное описание экспериментальных данных с нормировочными коэффициентами для вещественной части оптического потенциала. Показано, что оба потенциала коррелируют между собой и дают схожее описание экспериментальных данных. Полученные потенциалы будут полезны при исследовании дифференциальных сечений реакций с участием исследуемых ядер.

Работа была поддержана грантом МОН РК №1460 ГФ4.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Satchler G.R.. Direct Nuclear Reactions. N.Y.- Oxford: Oxford Ulliv.Press, 1983.
- [2] Burtebaev N., Duisebaev A., Duisebaev B. A., and Sakuta S. B. Elastic Scattering of  ${}^3\text{He}$  Nuclei on  ${}^{13}\text{C}$  Nuclei at 50 and 60 MeV and  $V-W$  Ambiguity in Choosing Optical Potentials // Physics of Atomic Nuclei **63**, 4 (2000).

- [3] Satchler G.R., Love W.G. Folding model potentials from realistic interactions for heavy-ion scattering // Phys. Rep. **55** (1979).
- [4] Ходгсон П.Е. Оптическая модель упругого рассеяния // М.: Атомиздат, 1966. 232 с.
- [5] Thompson I.J. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // Comput. Phys. Rep. **7** (1988)
- [6] De Vries H., De Jager C.W. and De Vries C. Nuclear charge-density-distribution parameters from elastic electron scattering // Atomic Data and Nucl. Data Tables **36** 495 (1987).

#### REFERENCES

- [1] Satchler G.R. Direct Nuclear Reactions.N.Y.- Oxford:Oxford Ulliv.Press, **1983**.
- [2] Burtebaev N., Duisebaev A., Duisebaev B. A., and Sakuta S. B. Elastic Scattering of  $^3\text{He}$  Nuclei on  $^{13}\text{C}$  Nuclei at 50 and 60 MeV and  $V-W$  Ambiguity in Choosing Optical Potentials // Physics of Atomic Nuclei **63**, 4 (2000).
- [3] Satchler G.R., Love W.G. Folding model potentials from realistic interactions for heavy-ion scattering // Phys. Rep. **55** (1979).
- [4] Hodgson P.E. The Optical Model of Elastic Scattering / – Oxford: Clarendon Press, **1963** – VIII, p.211.
- [5] Thompson I.J. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // Comput. Phys. Rep. **7** (1988)
- [6] De Vries H., De Jager C.W. and De Vries C. Nuclear charge-density-distribution parameters from elastic electron scattering // Atomic Data and Nucl. Data Tables **36** 495 (1987).

### **ОПТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ФОЛДИНГ МОДЕЛЬДЕР АЯСЫНДА 50 ЖӘНЕ 60 МЭВ ЭНЕРГИЯЛАРДА $^3\text{He}$ ИОНДАРЫНЫҢ $^{13}\text{C}$ ЯДРОЛАРЫНДА СЕРПІМДІ ШАШЫРАУ ПРОЦЕССТЕРИН ЗЕРТТЕУ**

**Н. Буртебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, А.С. Демьянова<sup>2</sup>, А.Н. Данилов<sup>2</sup>,**  
**Д.М. Джансейтов<sup>3</sup>, Т.К. Жолдыбаев<sup>1</sup>, Д.К. Алимов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ядролық Физика Институты, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>ҰЗО Курчатов Институты, Мәскеу, Ресей,

<sup>3</sup> Л.Н. Гумилев атындағы ЕҮУ, Астана, Қазақстан,

<sup>4</sup> әл-Фарағи атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

**Түйін сөздер:** серпімді шашырау, оптикалық модель, фолдинг потенциал, нормалау коэффициенттері, FRESCO.

**Аннотация.** Осы жұмыста 50 және 60 МэВ энергияларда  $^3\text{He}$  иондарының серпімді шашырау процесстері зерттелген. Дифференциалдық қималар  $10^0$ - $170^0$  арасында зертханалардың координаттар жүйесінде өлшенді. Серпімді шашырау оптикалық модель аясында талданды.

Есептеулерде комплексті ядролық потенциалдың нақты бөлігі үшін микроскопиялық потенциалымен (фолдинг потенциал) коса, феноменологиялық потенциалдар да қолданылды. Потенциалдың жорамал бөлігі үшін Вудс-Саксон потенциалының беттік феноменологиялық түрі қолданылды. Теориялық есептелген қималар, тәжірибелік мәліметтермен жақсы үйлеседі.

*Поступила 15.03.2016 г.*

## МАЗМУНЫ

## Теориялық және тәжірибелік зерттеулер

Бұртебаев Н., Дүйсебаев А., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Юшков А.В., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Сакута С.Б. 50 және 60 МэВ энергиялық ${}^3\text{He}$ иондарының ${}^{14}\text{N}$ ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу.....	5
Алтынбеков Ш. Әртекті топырақ консолидациясының бірөлшемді квазисызықты есебін напордың бастапқы градиенті әсерінде шешу әдісі туралы және оның шегуін анықтау.....	10
Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е. 3-D Модельдеу әдістерімен жану процесіне көмірдің ылғалдылығының зиянын зерттеу.....	21
Асқарова Э.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т. ЖЭС жану камерасында көмірдің жануы кезінде $\text{NO}_x$ түзілуі мен жойытуын екі кинетикалық механизм бойынша сандық моделдеу.....	29
Асқарова Э.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т. Жану камерасының қабырға температурасы үшін берілген шекаралық шартының жану процесінің температуралық сипаттамаларына әсерін зерттеу.....	35
Асқарова Э., Болегенова С., Горюховский М., Оспанова Ш., Нұғыманова А., Утемов С. Әр түрлі сұйық отындарың бұрку, тұттану және жану процесстерін зерттеу .....	40
Сапрыгина М.Б., Байсейтова У.С., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О. Толқын тендеуінің шартаралық есебінің тұрлаулы шешілігі туралы.....	48
Бұртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н., Джансейтов Д.М., Жолдыбаев Т.К., Алимов Д.К. Оптикалық және фолдинг модельдер АЯСЫНДА 50 және 60 МэВ энергияларда ${}^3\text{He}$ иондарының ${}^{13}\text{C}$ ядроларында серпімді шашырау процесстерін зерттеу.....	55
Жұмабаев Д.С., Бакирова Э.А. Импульс әсері бар фредгольм интегралдық-дифференциалдық тендеулер үшін сызықты штеттік есептің бірмөнді шешілімділігінің коэффициенттік белгілері .....	61
Өтебаев Ү.Б., Есенбаев Қ.Ә., Дархан Н.Д. WEB -формалар құрудың технологиялары.....	72
Жұнусова Л.Х., Жұнусов К.Х. Тор тендеулерінің итерациялық әдіспен шығару.....	79
Қабылбеков К.А., Саудахметов П.А., Омашова Г.Ш., Сершікбаева Г.С., Сүйерқұлова Ж.Н. Еркін механикалық тербелістерді зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың үйімдастырудың бланкі үлгісі.....	84
Қабылбеков К.А., Саудахметов П.А., Омашова Г.Ш., Сұттібаева Д.И., Қозыбақова Г.Н. Изобаралық процесті зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың үйімдастырудың бланкі үлгісі.....	92
Қабылбеков К.А., Омашова Г.Ш., Саудахметов П.А., Нұруллаев М.А., Артығалин Н.А. Карно циклімен жұмыс атқарытын қозғалтқышты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың үйімдастырудың бланкі үлгісі.....	98
Түгелбаева Г.Т., Канибекова А. Е. Білім негіздерін физика сабактарына енгізу әдісін жүйелік талдау.....	104
Қойшиева Т.К., Қожасамкулова Ж.Ж., Базарбаева А.И., Бегімбетова Х.А. Объектіге-бағытталған жүйе болашақ маманың ақпараттық-логикалық құзыреттілігін қалыптастыру факторы ретінде.....	108
Қойшиева Т.К., Байтерекова А.И., Салғареева М.И. Болашақ мұғалімдердің кәсіби дайындауда колданылатын объектілі-бағдарлы жобалаудың теориялық негіздері.....	116
Литвиненко Н. Бағдарламалық R ортасынан C# ортасына біріктірілуі.....	123
Мақышов С.Тұрақты м-тындаған сандар.....	128
Минглибаев М.Ж., Прокопен A.Н., Бекетауов Б.А. Массалары айнымалы шектелген үш дене мәселесінің эволюциялық тендеуінің накты шешімдері.....	133
Орынбаев С.А., Молдахметов С.С., Байбутанов Б.К., Ешметов М.Б., Ауесжанов Д.С. Жазықтық-импульстік модуляция негізінде көпденгейлі инвертор сатыларының косылу әдістемелерін зерттеу .....	139
Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О., Байсейтова У.С. Толқын тендеуінің шартаралық есебінің вөлтерлі болуының үзілді – кесілді шарты.....	147
Сураган Д. Шаттен p-нормасы үшін бір тенсіздік туралы .....	153
Темирбеков Н.М., Турапов А.К. Газлифт үрдісінің бір өлшемді моделінің сандық шешімі .....	159
Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш., Шоманбаева М.Т. Аргументі ауытқыған жылу тендеуінің шекаралық коши-нейман есебіне сәйкес оператордың спектрінің құрамы туралы.....	169
Шоманбаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т. Аргументі ауытқыған жылу тендеуінің жарталай бекітілген шекаралық есебіне сәйкес оператордың үзіксіз спектрі туралы .....	180
Ұлағатты ұстаз туралы. Шералі Бізәл. ....	191

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Теоретические и экспериментальные исследования**

<i>Буртебаев Н., Дүйсебаев 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-д 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., Нұғыманова 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> Толқын тендеуінің шартаралты есебінің тұрлаулы шешілігі 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., Сайдахметов П.А., Омарова Г.Ш., Серикбаева Г.С., Сүйеркулова Ж.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию свободных механических колебаний.....	84
<i>Кабылбеков К.А., Сайдахметов П.А., Омарова Г.Ш., Суттибаева Д.И., Козыбакова Г.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию изобарического процесса.....	92
<i>Кабылбеков К.А., Омарова Г.Ш., Сайдахметов 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.</i> Е. 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 м-порожденные числа.....	128
<i>Минглибаев М.Ж., Прокопеня А.Н., Бекетауов Б.А.</i> Точные решения эволюционных уравнений в ограниченной задачи 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 вольттерровости нелокальной краевой задачи волнового уравнения .....	147
<i>Сураган Д.</i> Об одном неравенстве $p$ -нормы в классе Шаттена.....	153
<i>Темирбеков 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>Шоманбаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т.</i> О непрерывном спектре оператора полузакрепленной краевой задачи для уравнения теплопроводности с отклоняющимся аргументом.....	180
<i>Юбилей Ашуралиев Аллаберен.</i> .....	191

## CONTENTS

## Theoretical and experimental researches

<i>Burtebayev N., Dusebayev 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 solvability 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>Kabylbekov 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>Kabylbekov K.A., Saidakhmetov P.A., Omashova G.SH., Sutibaeva D.I., Kozybakova G.N.</i> Model of the form of the organisation of computer laboratory operation of isobaric process.....	92
<i>Kabylbekov 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>Koysheva 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>Makayshov S.</i> Stationary m-digitaddition numbers.....	128
<i>Minglibayev M.Dzh., Prokopenya A.N., Beketauv 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., Aueshanov 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 Allaber	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.physics-mathematics.kz**

Редактор *M. С. Ахметова*  
Верстка на компьютере *A.M. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 24.03.2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
11,3 п.л. Тираж 300. Заказ 2.