

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**

**4 (314)**

**ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2017 Ж.**

**ИЮЛЬ – АВГУСТ 2017 г.**

**JULY – AUGUST 2017**

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.** корр.-мүшесі (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, 2017

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

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

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.** corr. member. (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, 2017

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

# Проблемы небесной механики, динамики звездных систем и ядерной астрофизики

---

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 314 (2017), 25 – 31

UDC-539.17; 519.6; 52-1/-8:539.14; 524.1:539.14

S. B. Dubovichenko<sup>1</sup>, N.A. Burkova<sup>2</sup>, A.V. Dzhazairov-Kakhramanov<sup>1</sup>,  
A.S. Tkachenko<sup>1,2</sup>, B.U. Beisenov<sup>1,2</sup>, A.R. Mukaeva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

[dubovichenko@gmail.com](mailto:dubovichenko@gmail.com)

## ASTROPHYSICAL S-FACTOR FOR THE RADIATIVE ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$ CAPTURE

**Abstract.** The process of radiative capture  ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$  at low energies corresponding to the thermonuclear processes in the prestellar stage of the evolution of the Universe plays a key role in nuclear astrophysics, since it can close the proton-proton cycle.

Another aspect that requires an estimation of the  ${}^7\text{Be}$  rate production is the inclusion of this nucleus in the chain of radiative capture of protons leading to the synthesis of  ${}^8\text{B}$  decay of which is directly related to the solution of the problem of the intensity of solar neutrino fluxes. That is why, experimental data on the reaction  ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$  are constantly refined, which in turn requires the adjustment of theoretical model calculations.

In the framework of the modified potential cluster model with the classification of orbital states according to Young diagrams and the refined potential parameters for the ground state of the  ${}^7\text{Be}$  nucleus in the  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  cluster model with forbidden states, astrophysical  $S$ -factors of the radiative capture of  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  from 20 keV have been calculated. The obtained results are in good agreement with the new experimental data on the astrophysical  $S$ -factor at 23 keV. The parameters of the cluster-cluster potential are consistent with the data on the asymptotic normalization constants, the data on the  ${}^7\text{Be}$  nucleus spectra, the binding energy, and also the root-mean-square charge radii.

**Key words:** nuclear astrophysics, light atomic nuclei, low and astrophysical energies, radiative capture, total cross sections, thermonuclear reactions, potential cluster model, forbidden states, classification of orbital states by Young diagrams.

УДК 539.17; 519.6; 52-1/-8:539.14; 524.1:539.14

С.Б. Дубовиченко<sup>1</sup>, Н.А. Буркова<sup>2</sup>, А.В. Джазайров-Кахраманов<sup>1</sup>,  
А.С. Ткаченко<sup>1,2</sup>, Б.У. Бейсенов<sup>1,2</sup>, А.Р. Мукаева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казхский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

## АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ S-ФАКТОР РАДИАЦИОННОГО ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$ ЗАХВАТА

**Аннотация.** Процесс радиационного захвата  ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$  при низких энергиях, соответствующих термоядерным процессам в дозвездной стадии эволюции Вселенной играет одну из ключевых ролей в ядерной

астрофизике, так как может замыкать протон-протонный цикл. Ещё один аспект, требующий оценки скорости наработки  ${}^7\text{Be}$  связан с включением этого ядра в цепочку процессов радиационного захвата протонов, приводящей к синтезу  ${}^8\text{B}$ , распад которого имеет прямое отношение к решению задачи об интенсивности потоков солнечного нейтрино. В этой связи экспериментальные данные по реакции  ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$  постоянно уточняются, что в свою очередь требует согласования теоретических модельных расчетов.

В рамках модифицированной потенциальной кластерной модели с классификацией орбитальных состояний по схемам Юнга и уточненными параметрами потенциалов для основного состояния ядра  ${}^7\text{Be}$  в  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  кластерной модели с запрещенными состояниями рассчитаны астрофизические  $S$ -факторы процесса радиационного захвата  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  от 20 кэВ. Полученные результаты расчетов хорошо согласуются с новыми экспериментальными данными при 23 кэВ. Параметры кластер-кластерного потенциала согласованы с данными по асимптотическим нормировочным константам, данным по спектрам ядра  ${}^7\text{Be}$ , энергии связи, а также среднеквадратичным зарядовым радиусам.

**Ключевые слова:** ядерная астрофизика, легкие атомные ядра, низкие и астрофизические энергии, радиационный захват, полные сечения, термоядерные реакции, потенциальная кластерная модель, запрещенные состояния, классификация орбитальных состояний по схемам Юнга.

## Введение

Радиационный захват  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  при сверхнизких энергиях представляет несомненный интерес для ядерной астрофизики, поскольку входит в протон-протонный термоядерный цикл, и в последнее время появились новые экспериментальные данные по астрофизическим  $S$ -факторам этого процесса. Протонный цикл может завершаться процессом [1]  ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2p$  или рассматриваемой здесь реакцией с участием дозвездного  ${}^4\text{He}$  (см., например, [2])  ${}^3\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^7\text{Be} + \gamma$ . Кроме того, реакция радиационного  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  захвата может играть определенную роль при дозвездном нуклеосинтезе, когда после Большого взрыва температура Вселенной понизилась до  $0.3 T_9$  [3] ( $T_9 = 10^9$  К). Данная реакция представляет сегодня дополнительный интерес, поскольку для нее были выполнены новые измерения астрофизического  $S$ -фактора при самой низкой за всю историю ее изучения энергии 23 кэВ [4]. Поэтому мы возвращаемся к ее рассмотрению, и выполним сравнение наших новых результатов с результатами, полученными нами в 2010 г. [5].

Ранее в обзоре [6] (см. здесь ссылки на наши предыдущие обзоры) и книге [7] на основе двухчастичной потенциальной кластерной модели (ПКМ) показана возможность описания астрофизических  $S$ -факторов или полных сечений радиационного захвата для трех десятков процессов. Расчеты этих реакций выполнены на основе модифицированного варианта ПКМ с запрещенными состояниями (ЗС) [8] и классификацией орбитальных состояний по схемам Юнга (МПКМ). Вполне определенный успех МПКМ при описании полных сечений процессов подобного типа можно объяснить тем, что потенциалы межкластерного взаимодействия в непрерывном спектре строятся не только на основе известных фаз упругого рассеяния или структуры спектров резонансных уровней конечного ядра, а для дискретного спектра на основе описания основных характеристик связанных состояний (СС) таких ядер. Такие межкластерные потенциалы основаны также на классификации орбитальных состояний по схемам Юнга [9], которая позволяет определить наличие и количество ЗС в каждой парциальной волне, а, значит, число узлов волновой функции (ВФ) относительного движения рассматриваемых кластеров [7]. В результате каждый парциальный потенциал зависит не только от обычных квантовых чисел  $JLS$ , но и от схем Юнга  $\{f\}$ .

## Потенциалы и методы расчета

Как было показано, например, в работе [10] орбитальные состояния в кластерной системе  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  ядра  ${}^7\text{Be}$  являются чистыми по схемам Юнга. Поэтому ядерные парциальные потенциалы  ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$  взаимодействия вида  $V_{JLS\{f\}}(r) = V_0(JLS\{f\})\exp[-\alpha(JLS\{f\})r^2] + V_{\text{coul}}(r)$  с параметрами, полученными на основе фаз упругого рассеяния и зависящими от квантовых чисел  $JLS$  и схем Юнга  $\{f\}$ , можно непосредственно использовать для рассмотрения характеристик СС ядра  ${}^7\text{Be}$  [6, 7, 11]. В качестве кулоновского потенциала  $V_{\text{coul}}(r)$  выбирается обычная сферическая форма [12].

Таблица 1 - Параметры потенциалов для ОС и ПВС  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  системы и зарядовые радиусы ядра  ${}^7\text{Be}$ .  
 Параметр  $\alpha$  равен  $0.15747 \text{ Фм}^{-2}$  и  $R_c = 3.095 \text{ Фм}$

$L_J$	$V_0, \text{ МэВ}$	$E, \text{ МэВ}$	$\langle r^2 \rangle^{1/2}, \text{ Фм}$
${}^2S_{1/2}$	-67.5	(2 ЗС)	---
${}^2P_{3/2}$	-83.589554	-1.586600 (1 ЗС)	2.64
${}^2P_{1/2}$	-81.815179	-1.160820 (1 ЗС)	2.69
${}^2D_{5/2}$	-69.0	(1 ЗС)	---
${}^2D_{3/2}$	-66.0	(1 ЗС)	---

Ранее в [5] нами было проведено уточнение основных расчетных характеристик связанных состояний ядра  ${}^7\text{Be}$  в  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  канале. Для этого были уточнены параметры потенциалов связанных  $P$ -состояний, приведенные в табл. 1, и теперь расчетные энергии уровней полностью совпадают с экспериментальными величинами [13]. Потенциал хорошо описывает  $S$ -фазы упругого рассеяния [7] из работы [14], поскольку именно переходы из  $S$ -волн на ОС и ПВС ядра  ${}^7\text{Be}$  дают преобладающий вклад в  $S$ -фактор радиационного захвата. Такие потенциалы в  $S$ -волне имеют два запрещенных СС, которые соответствуют запрещенным схемам Юнга {7} и {52}. В  $P$ -волне запрещена схема {61} при разрешенном связанном состоянии (РС) со схемой Юнга {43}. В  $D$ -волне имеется ЗС со схемой {52} [9, 10, 15], а РС отсутствует.

Энергии связанных уровней рассматриваемых ядер в заданных потенциалах вычислялись конечно-разностным методом [16] с точностью не хуже  $10^{-6}$  МэВ. Ширины потенциалов в табл. 1 были выбраны исходя из описания зарядовых радиусов и асимптотических констант [5]. В табл. 1 приведены также результаты расчета зарядовых радиусов рассматриваемого ядра. Для нахождения зарядового радиуса ядра использовались радиусы кластеров, приведенные в [17].

Для контроля устойчивости «хвоста» волновой функции основных и первых возбужденных связанных состояний на больших расстояниях использовалась безразмерная асимптотическая константа (АК)  $C_w$  вида [18]  $\chi_L(R) = \sqrt{2k_0} C_w W_{-\eta, L+1/2}(2k_0 R)$ , где  $\chi_L(R)$  – численная волновая функция связанного состояния, получаемая из решения радиального уравнения Шредингера и нормированная на единицу,  $W_{-\eta, L+1/2}$  – функция Уиттекера связанного состояния, определяющая асимптотическое поведение ВФ и являющаяся решением того же уравнения без ядерного потенциала, т.е. на больших расстояниях  $R$ ,  $k_0$  – волновое число, обусловленное канальной энергией связи,  $\eta$  – кулоновский параметр,  $L$  – орбитальный момент связанного состояния.

В результате для АК ОС ядра  ${}^7\text{Be}$  было получено значение 5.03(1), а для ПВС найдено 4.64(1). Приведенная ошибка определяется усреднением полученной в результате расчета константы на интервале  $6 \div 16$  Фм. Для основного состояния ядра  ${}^7\text{Be}$  в  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  канале в работе [19] на основе анализа различных экспериментальных данных предложено, если привести к безразмерной величине при  $k_0 = 0.363 \text{ Фм}^{-1}$ , значение 5.66(16), что несколько больше нашей расчетной величины. А для первого возбужденного состояния приведено 4.66(15), что хорошо совпадает с полученной нами величиной.

### Астрофизический S-фактор

Далее в связи с публикацией новых экспериментальных данных заново рассмотрим астрофизический  $S$ -фактор  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  радиационного захвата при максимально низких энергиях. По-прежнему используем для этого потенциальную кластерную модель [6, 7] с ЗС и уточненными здесь потенциалами ОС ядра  ${}^7\text{Be}$  (см. табл. 1) [5]. В расчетах для  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  системы учитываются только  $E1$  переходы, поскольку вклады  $E2$  и  $M1$  переходов оказываются на  $2 \div 3$  порядка меньше. В этой системе возможен  $E1$  переход между основным  $P_{3/2}$ -состоянием  ${}^7\text{Be}$  и  $S_{1/2}$ ,  $D_{3/2}$ ,  $D_{5/2}$ -состояниями рассеяния, а также между первым возбужденным связанным  $P_{1/2}$ -состоянием и  $S_{1/2}$ ,  $D_{3/2}$ -состояниями рассеяния.

Результаты расчета астрофизического  $S$ -фактора радиационного  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  захвата при энергиях от 20 кэВ показаны на рис. 1 непрерывной линией. Точечной кривой на рис. 1 показан  $S$ -фактор для захвата на ОС, штрих-пунктирной на ПВС. Экспериментальные данные взяты из работ [4, 20-

25]. Как видно на рис. 1, результаты наших расчетов при энергии 23 кэВ лежат в области экспериментальных ошибок работы [4]. Для энергии 20 кэВ наш расчет дает величину  $S$ -фактора 0.570 кэВ·б, а при 23 кэВ он равен 0.561 кэВ·б. Ранее в наших работах [5, 7] для этой величины было получено 0.593 кэВ·б, т.е. примерно на 4% больше, поскольку для ОС и ПВС использовался один и тот же потенциал ОС. В то время это не имело принципиального значения, поскольку ошибки  $S$ -фактора в измеренной ранее области энергий от 90 кэВ и выше составляли  $10 \div 20\%$ , а данные при более низких энергиях отсутствовали. Теперь, поскольку появились новые данные при низкой энергии [4], мы уточнили величину  $S$ -фактора, используя для ПВС его потенциал из табл. 1.

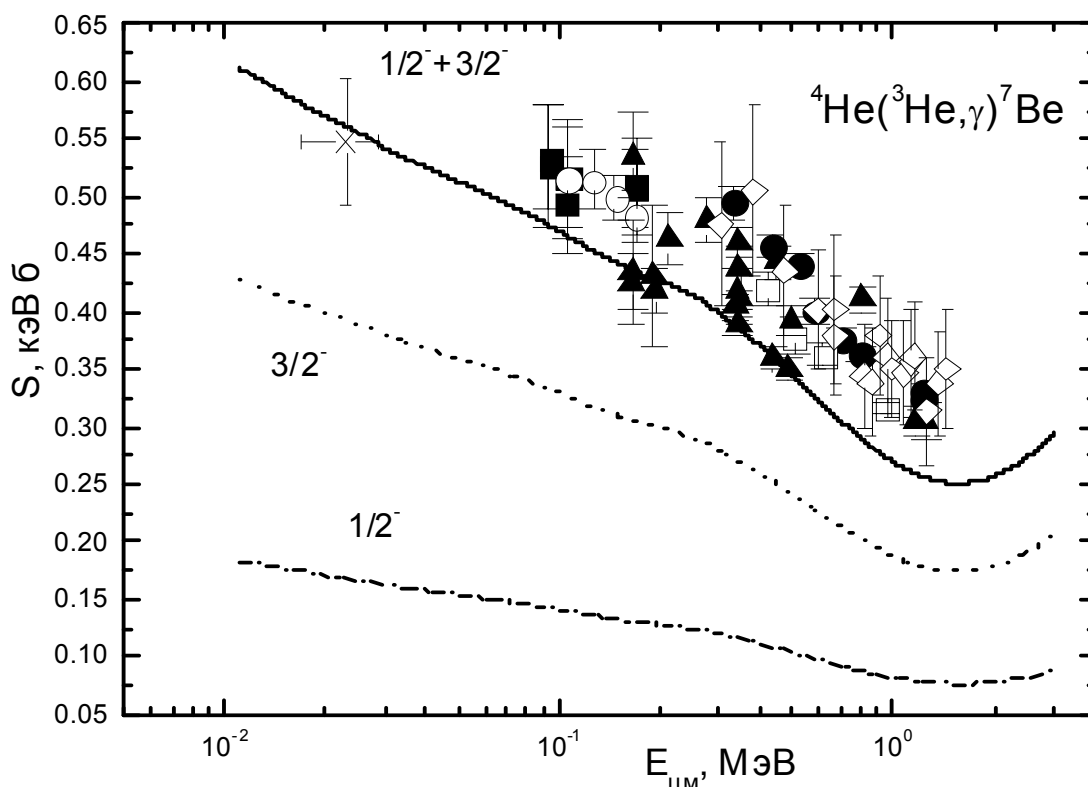


Рисунок 1 - Астрофизический  $S$ -фактор  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  захвата.

Точки – экспериментальные данные [20], квадраты – [21], кружки – [22], открытые квадраты – [23], треугольники – [24], открытые ромбы – [25], крестик – [4]. Линии – результаты расчета с параметрами потенциалов ОС из табл. 1

Для сравнения приведем результаты экстраполяции экспериментальных данных к нулевой энергии: 0.54(9) кэВ·б [26], 0.550(12) кэВ·б [27], 0.595(18) кэВ·б [20], 0.560(17) кэВ·б [21], 0.550(17) кэВ·б [22] и 0.567(18) кэВ·б [28]. Не очень давно в работе [19], на основе анализа различных экспериментальных данных, получено  $S(0) = 0.610(37)$  кэВ·б и  $S(23 \text{ кэВ}) = 0.599(36)$  кэВ·б. Самые последние измерения  $S$ -фактора при энергии  $23 \left( \begin{smallmatrix} +6 \\ -5 \end{smallmatrix} \right)$  кэВ [4] приводят к значению 0.548(54) кэВ·б, которое хорошо согласуется с нашими результатами.

Обратим внимание, что наши расчеты  $S$ -фактора были выполнены в работе [5] в 2010 г. (здесь сделано только небольшое уточнение за счет использования правильного потенциала ПВС), а новые экспериментальные данные [4] были опубликованы в 2015 г. Иначе говоря, теоретические результаты работы [5] предсказали поведение  $S$ -фактора при самых низких энергиях до 23 кэВ.

### Заключение

Таким образом, уточненные варианты расчетов астрофизического  $S$ -фактора, когда для всех парциальных волн используются требуемые потенциалы, лучше согласуются с имеющимися ранее



и новыми экспериментальными данными. Что касается  ${}^3\text{He}^4\text{He}$  захвата, то результаты расчетов, сделанные нами в 2010 г. [5] и уточненные в данной работе, в пределах ошибок согласуются с новыми измерениями из [4] при энергии 23 кэВ, опубликованными в 2015 г.

Настоящая работа поддерживалась грантом МОН РК № 0070/ГФ4 «Термоядерные реакции в звездах и управляемом термоядерном синтезе» через Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова «НЦКИТ» АКА МОКП РК.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Imbriani G. Underground laboratory studies of pp and CNO some astrophysical consequences LUNA. Third European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics, Catania, Italy, October 2-9, 2005.
- [2] Zel'dovich Ya.B., Novikov I.D. Relativistic Astrophysics, 2: Structure and Evolution of the Universe. Chicago and London: The University of Chicago press, 1983, 718 p.
- [3] Cacioli A. et al. Ultra-sensitive in-beam  $\gamma$ -ray spectroscopy for nuclear astrophysics at LUNA. *Eur. Phys. J.*, **2009**, V. A39, P. 179-186.
- [4] Takács M.P. et al. Constraining big bang lithium production with recent solar neutrino data. *Phys. Rev.*, **2015**, V.D91., P. 123526(1-7).
- [5] Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factors of radiative  ${}^3\text{He}^4\text{He}$ ,  ${}^3\text{H}^4\text{He}$ , and  ${}^2\text{H}^4\text{He}$  capture. *Phys. Atom. Nucl.*, **2010**, V.73, P. 1517-1522.
- [6] Dubovichenko, S.B., Dzhazairov-Kakhramanov, A.V. Study of the Nucleon Radiative Captures  ${}^8\text{Li}(n,\gamma)$ ,  ${}^9\text{Be}(p,\gamma)$ ,  ${}^{10}\text{Be}(n,\gamma)$ ,  ${}^{10}\text{B}(p,\gamma)$ , and  ${}^{16}\text{O}(p,\gamma)$  at Thermal and Astrophysical Energies. *Int. Jour. Mod. Phys.*, **2017**, V.E26, P. 1630009(1-56).
- [7] Dubovichenko S.B. Thermonuclear processes in Stars and Universe. Second English edition, revised and expanded. Germany, Saarbrücken: Scholar's Press, 2015, 332 p.
- [8] Neudatchin V.G., Sakharuk A.A., Dubovichenko S.B. Photodisintegration of  ${}^4\text{He}$  and the Supermultiplet Potential Model of Cluster-Cluster Interactions. *Few-Body Systems*, **1995**, V.18, P. 159-172.
- [9] Neudatchin V.G. et al. Generalized potential-model description of mutual scattering of the lightest p+d, d+ ${}^3\text{He}$  nuclei and the corresponding photonuclear reactions. *Phys. Rev.*, **1992**, V.C45, P. 1512-1527.
- [10] Kukulín V.I., Neudatchin V.G., Smirnov Yu.F. Composite particle interaction relevant to the Pauli principle. *Sov. Jour. Part. Nucl.*, **1979**, V.10, P. 1236-1255.
- [11] Dubovichenko S.B. Radiative neutron capture and primordial nucleosynthesis of the Universe. Fifth Russian Edition, corrected and added. Germany, Saarbrücken: Lambert Academy Publ. GmbH&Co KG, 2016, 496 p.
- [12] Hodgson P.E. The Optical model of elastic scattering. Oxford: Clarendon Press, 1963, 211 p.
- [13] Tilley D.R. et al. Energy levels of light nuclei A=5,6,7. *Nucl. Phys.*, **2002**, V. A708, P. 3-163.
- [14] Barnard A.C., Jones C.M., Phillips G.C. The scattering of  ${}^3\text{He}$  by  ${}^4\text{He}$ . *Nucl. Phys.*, **1964**, V. 50, P. 629-640.
- [15] Dubovichenko S.B. Light nuclei and nuclear astrophysics. Second Russian Edition, corrected and enlarged. Germany, Saarbrücken: Lambert Academy Publ. GmbH&Co KG, 2013, 316 p.
- [16] Dubovichenko S.B. Methods of Calculation of Nuclear Characteristics: Nuclear and Thermonuclear Processes. Second Russian Edition, corrected and enlarged. Germany, Saarbrücken: Lambert Acad. Publ. GmbH&Co KG, 2012, 432 p.
- [17] <http://cdfc.sinp.msu.ru>.
- [18] Plattner G.R., Viollier R.D. Coupling constants of commonly used nuclear probes. *Nucl. Phys.*, **1981**, V. A365, P. 8-12.
- [19] Igamov S.B., Tursunmakhatov K.I., Yarmukhamedov R. Determination of the  ${}^3\text{He}+\alpha$  to  ${}^7\text{Be}$  asymp. normalization coefficients and their application for extrapolation of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  astrophysical S-factors to the solar energy region. *Phys. Rev.*, **2012**, V.C85, P. 45807.
- [20] Brune C.R., Kavanagh R.W., Rolf C.  ${}^3\text{H}(\alpha,\gamma){}^7\text{Li}$  reaction at low energies. *Phys. Rev.*, **1994**, V.C50, P. 2205-2218.
- [21] Confortola F. et al. Astrophysical S-factor of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  reaction measured at low energy via detection of prompt and delayed  $\gamma$ -rays. *Phys. Rev.*, **2007**, V. C75, P. 065803.
- [22] Gyurky G. et al.  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section at low energies. *Phys. Rev.*, **2007**, V.C75, P. 035805-035813.
- [23] Singh N. et al. New Precision Measurement of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section. *Phys. Rev. Lett.*, **2004**, V.93, P. 262503-262507.
- [24] Osborn J.L. et al. Low-energy behavior of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section. *Nucl. Phys.*, **1984**, V.A419, P. 15-132.
- [25] Kontos A. et al. Astrophysical S-factor of  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$ . *Phys. Rev.*, 2013, V.C87, P. 065804(1-9).
- [26] Costantini H. et al. The  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  S-factor at solar energies: the prompt experiment at LUNA. *Nucl. Phys.*, **2008**, V.A814, P. 144-158.
- [27] Angulo C. et al. A compilation of charged-particle induced thermonuclear reaction rates. *Nucl. Phys.*, **1999**, V.A656, P. 3-183.
- [28] Bemmerer D. et al. Activation measurement of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section at low energy. *Phys. Rev. Lett.*, **2006**, V.97, P. 122502-122507.

#### REFERENCES

- [1] Imbriani G. Underground laboratory studies of pp and CNO some astrophysical consequences LUNA. Third European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics, Catania, Italy, October 2-9, 2005 (in Eng.).
- [2] Zel'dovich Ya.B., Novikov I.D. Relativistic Astrophysics, 2: Structure and Evolution of the Universe. Chicago and London: The University of Chicago press, 1983, 718 p. (in Eng.).

- [3] Cacioli A. et al. Ultra-sensitive in-beam  $\gamma$ -ray spectroscopy for nuclear astrophysics at LUNA. *Eur. Phys. J.*, **2009**, V. A39, P. 179-186 (in Eng.).
- [4] Takács M.P. et al. Constraining big bang lithium production with recent solar neutrino data. *Phys. Rev.*, **2015**, V.D91., P. 123526(1-7) (in Eng.).
- [5] Dubovichenko S.B. Astrophysical S-factors of radiative  ${}^3\text{He}^4\text{He}$ ,  ${}^3\text{H}^4\text{He}$ , and  ${}^2\text{H}^4\text{He}$  capture. *Phys. Atom. Nucl.*, **2010**, V.73, P. 1517-1522 (in Eng.).
- [6] Dubovichenko, S.B., Dzhazairov-Kakhramanov, A.V. Study of the Nucleon Radiative Captures  ${}^8\text{Li}(n,\gamma)$ ,  ${}^9\text{Be}(p,\gamma)$ ,  ${}^{10}\text{Be}(n,\gamma)$ ,  ${}^{10}\text{B}(p,\gamma)$ , and  ${}^{16}\text{O}(p,\gamma)$  at Thermal and Astrophysical Energies. *Int. Jour. Mod. Phys.*, **2017**, V.E26, P. 1630009(1-56) (in Eng.).
- [7] Dubovichenko S.B. Thermonuclear processes in Stars and Universe. Second English edition, revised and expanded. Germany, Saarbrücken: Scholar's Press, 2015, 332 p. (in Eng.).
- [8] Neudatchin V.G., Sakharuk A.A., Dubovichenko S.B. Photodisintegration of  ${}^4\text{He}$  and the Supermultiplet Potential Model of Cluster-Cluster Interactions. *Few-Body Systems*, **1995**, V.18, P. 159-172 (in Eng.).
- [9] Neudatchin V.G. et al. Generalized potential-model description of mutual scattering of the lightest p+d, d+ ${}^3\text{He}$  nuclei and the corresponding photonuclear reactions. *Phys. Rev.*, **1992**, V.C45, P. 1512-1527 (in Eng.).
- [10] Kukulin V.I, Neudatchin V.G., Smirnov Yu.F. Composite particle interaction relevant to the Pauli principle. *Sov. Jour. Part. Nucl.*, **1979**, V.10, P. 1236-1255 (in Eng.).
- [11] Dubovichenko S.B. Radiative neutron capture and primordial nucleosynthesis of the Universe. Fifth Russian Edition, corrected and added. Germany, Saarbrücken: Lambert Academy Publ. GmbH&Co KG, 2016, 496 p. (in Rus.).
- [12] Hodgson P.E. The Optical model of elastic scattering. Oxford: Clarendon Press, 1963, 211 p. (in Eng.).
- [13] Tilley D.R. et al. Energy levels of light nuclei A=5,6,7. *Nucl. Phys.*, **2002**, V. A708, P. 3-163 (in Eng.).
- [14] Barnard A.C., Jones C.M., Phillips G.C. The scattering of  ${}^3\text{He}$  by  ${}^4\text{He}$ . *Nucl. Phys.*, **1964**, V. 50, P. 629-640 (in Eng.).
- [15] Dubovichenko S.B. Light nuclei and nuclear astrophysics. Second Russian Edition, corrected and enlarged. Germany, Saarbrücken: Lambert Academy Publ. GmbH&Co KG, 2013, 316 p. (in Rus.).
- [16] Dubovichenko S.B. Methods of Calculation of Nuclear Characteristics: Nuclear and Thermonuclear Processes. Second Russian Edition, corrected and enlarged. Germany, Saarbrücken: Lambert Acad. Publ. GmbH&Co KG, 2012, 432 p. (in Rus.).
- [17] <http://cdfc.sinp.msu.ru>.
- [18] Plattner G.R., Viollier R.D. Coupling constants of commonly used nuclear probes. *Nucl. Phys.*, **1981**, V. A365, P. 8-12 (in Eng.).
- [19] Igamov S.B., Tursunmakhatov K.I., Yarmukhamedov R. Determination of the  ${}^3\text{He}+\alpha$  to  ${}^7\text{Be}$  asymp. normalization coefficients and their application for extrapolation of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  astrophysical S-factors to the solar energy region. *Phys. Rev.*, **2012**, V.C85, P. 45807 (in Eng.).
- [20] Brune C.R., Kavanagh R.W. Rolf C.  ${}^3\text{H}(\alpha,\gamma){}^7\text{Li}$  reaction at low energies. *Phys. Rev.*, **1994**, V.C50, P. 2205-2218 (in Eng.).
- [21] Confortola F. et al. Astrophysical S-factor of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  reaction measured at low energy via detection of prompt and delayed  $\gamma$ -rays. *Phys. Rev.*, **2007**, V. C75, P. 065803 (in Eng.).
- [22] Gyurky G. et al.  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section at low energies. *Phys. Rev.*, **2007**, V.C75, P. 035805-035813 (in Eng.).
- [23] Singh N. et al. New Precision Measurement of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section. *Phys. Rev. Lett.*, **2004**, V.93, P. 262503-262507 (in Eng.).
- [24] Osborn J.L. et al. Low-energy behavior of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section. *Nucl. Phys.*, **1984**, V.A419, P. 15-132 (in Eng.).
- [25] Kontos A. et al. Astrophysical S-factor of  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$ . *Phys. Rev.*, 2013, V.C87, P. 065804(1-9) (in Eng.).
- [26] Costantini H. et al. The  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  S-factor at solar energies: the prompt experiment at LUNA. *Nucl. Phys.*, **2008**, V.A814, P. 144-158 (in Eng.).
- [27] Angulo C. et al. A compilation of charged-particle induced thermonuclear reaction rates. *Nucl. Phys.*, **1999**, V.A656, P. 3-183 (in Eng.).
- [28] Bemmerer D. et al. Activation measurement of the  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  cross section at low energy. *Phys. Rev. Lett.*, **2006**, V.97, P. 122502-122507 (in Eng.).

ӘОЖ: 539.17; 519.6; 52-1/-8:539.14; 524.1:539.14

С.Б. Дубовиченко<sup>1</sup>, Н.А. Буркова<sup>2</sup>, А.В. Джазаиров-Кахраманов<sup>1</sup>,  
А.С. Ткаченко<sup>1,2</sup>, Б.У. Бейсенов<sup>1,2</sup>, А.Р. Мукаева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы қ., Қазақстан;

<sup>2</sup> Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

### РАДИАЦИЯЛЫҚ ${}^3\text{He}^4\text{He}$ БАСЫП АЛУ АСТРОФИЗИКАЛЫҚ S-ФАКТОРЫ

**Аннотация.** Әлем эволюциясының жұлдызға дейінгі кезеңіндегі термоядролық процесстерге сәйкес келетін төмен энергия кезінде  ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$  радиациялық басып алу процесі протонды-протондық циклді тұйықтай алатындықтан ядролық астрофизикада негізгі рөлдердің бірі атқарады.  ${}^7\text{Be}$  атқарымдарының

жылдамдық бағалауын талап ететін тағы бір аспект ыдырау күн нейтроны ағымдарының қарқындылығы жөніндегі есептерді шешуге тікелей қатысты  $^8\text{B}$  синтезіне алып келетін бұл ядроны протондарды радиациялық басып алу процесстері тізбегіне қосылуымен байланысты. Бұл байланыста өз кезегінде теориялық үлгілердің есептерінің келісімін талап ететін  $^3\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$  реакциясы бойынша эксперименттік мәліметтер үнемі дәлелденеді.

Юнг сызбасы бойынша орбиталық жағдай жіктелісімен түрлендірілген потенциалды кластерлік үлгі аясында және потенциалдардың дәлелденген параметрлерімен тыйым салынған жағдайда кластерлік үлгілердің  $^7\text{Be}$  в  $^3\text{He}^4\text{He}$  ядролардың негізгі жағдайлары үшін  $^3\text{He}^4\text{He}$  от 20 кэВ радиациялық басып алу процесстерінің астрофизикалық S-факторлары есептелді. Есептердің алынған нәтижелері 23 кэВ кезінде жаңа эксперименттік мәліметтермен жақсы келісіледі. Кластер-кластерлік потенциал параметрлері асимптотикалық нормалайтын тұрақты шама бойынша мәліметтермен, байланыс энергиясы  $^7\text{Be}$  ядро спектрлері бойынша мәліметтермен, сонымен қатар орташа квадраттық зарядты радиустермен келісілген.

**Түйін сөздер:** ядролық астрофизика, жеңіл атом ядролары, төмен және астрофизикалық энергия, радиациялық басып алу, толық қиысу, термоядролық реакция, потенциалды кластерлік үлгі, тыйым салынған жағдай, Юнг сызбасы бойынша орбиталық жағдайлардың жіктелісі.

#### Сведения об авторах:

**Дубовиченко** Сергей Борисович - Лауреат государственной премии РК в области науки и техники, академик МАИН (РК), академик ПАНИ (РФ), академик РАЕ (РФ), академик EANS (EU), член Международного астрономического союза (IAU), член Европейского физического общества (EPS), член Американского физического общества (APS), д.ф.-м.н. в РК и РФ, профессор, зав. лаб. «Ядерная астрофизика», e-mail: [dubovichenko@mail.ru](mailto:dubovichenko@mail.ru); [dubovichenko@gmail.com](mailto:dubovichenko@gmail.com);

Буркова Наталья Александровна - д.ф.-м.н. в РК и РФ, профессор, e-mail: [natali.burkova@gmail.com](mailto:natali.burkova@gmail.com);

Джазаиров-Кахраманов Альберт Вейсалович - академик МАИН (РК), академик EANS (EU), к.ф.-м.н. в РК, ГНС лаборатории «Ядерная астрофизика», e-mail: [albert-j@yandex.ru](mailto:albert-j@yandex.ru);

Ткаченко Алеся Сергеевна - магистр естественных наук, PhD-докторант КазНУ им. аль-Фараби, младший научный сотрудник лаборатории «Ядерная астрофизика», e-mail: [tkachenko.alessya@gmail.com](mailto:tkachenko.alessya@gmail.com);

Бейсенов Бекмурза Уласбекулы - студент бакалавриата КазНУ им. аль-Фараби, инженер лаборатории «Ядерная астрофизика», e-mail: [bekmurza-b@mail.ru](mailto:bekmurza-b@mail.ru);

Мукаева Анелия Рысбековна, студент бакалавриата КазНУ им. аль-Фараби, инженер лаборатории «Ядерная астрофизика», e-mail: [mukaeva.aneliya@gmail.com](mailto:mukaeva.aneliya@gmail.com).

## МАЗМҰНЫ

<i>Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Каликулова А.О.</i> Электр тізбегінің сыртқы кедергісінде бөлінетін қуатты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру.....	5
<i>Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П.</i> Гиперболалық тектес дербес туындылы интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін бейлокал есеп туралы.....	11
<i>Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О.</i> Компьютерлік зертханалық жұмыстарды орындау үшін бірімді емес есептер мен берілгендері түгел емес есептерді құрастыру.....	19

### Аспан механикасының, жұлдыздар жүйесінің және ядролық астрофизика мәселелері

<i>Дубовиченко С.Б., Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р.</i> Радиациялық ${}^3\text{He}{}^4\text{He}$ басып алу астрофизикалық S-факторы.....	25
<i>Ибраимова А.Т.</i> Жұлдызды шоғырлардың сандық үлгілеріндегі жарқырағыштылық кескіні.....	32
<i>Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В.</i> , NGC 5548 Айнымалы сейферт ғаламы.....	41
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.</i> , KAZSAT-2 және KAZSAT-3 Қазақстандық байланыс серіктері үшін әлеуетті қауіпті геотұрақты серіктер .....	50
<i>Акниязов Ч.Б.</i> Ғарыштық коқыс бұлтындағы объекттердің соқтығысу ықтималдылығын анықтауды болжауға арналған қысқа және ұзақ мерзімді әдіс.....	57
<i>Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.</i> , Қазақстандағы ассы-түрген обсерваториясының жаңа оптикалық кешені .....	66
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , 2016 жылы Тянь-шань және ассы-түрген обсерваторияларында геостационар серіктерді бақылау нәтижелері.....	74

### Жұлдыздардың және тұмандықтардың зерттеулері

<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А.</i> , PC 12 және M1-46 планеталық тұмандықтардың спектрлік зерттеулері.....	81
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.</i> Жас жұлдыздарда X-гау эмиссиялар құрылуының негізгі механизмдері .....	90
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.</i> Хебигтің AeBe қос жұлдыздарынан X-гау эмиссияларды бақылау .....	96
<i>Павлова Л.А.</i> Жас жұлдыздар қабаттарындағы айнымалылықтың құрылымдарын және механизмдерін зерттеу.....	102
<i>Терецченко В.М.</i> , «Жұлдыздардың спектродетекциялық каталогы» O-B-жұлдыздар үшін бақыланатын және есептелген жұлдыздар шамасын және түстерінің көрсеткіштерін салыстыру.....	110
<i>Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В.</i> WD1145+017 ақ ергежей маңындағы планетоидтардың транзиттік өтуі және олардың термиялық эволюциясы.....	117
<i>Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В.</i> WD1145 + 017 ақ ергежейдің жарқырау қисығының талдауы.....	123
<i>Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В.</i> SDSS 1507 + 52 катаклизмалық айнымаланың фотометрлік зерттеулері.....	129
<i>Терецченко В.М.</i> , Фотометрлік мәліметтер бойынша энергияның спектрлік таралуының абсолютизациясы.....	136
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Соңғы спектрлік кластардағы жұлдыздар жанында сублимациялану процесінде шаң-тозаңды бөлшектердің орбиталық эволюциясы.....	143
<i>Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясындағы 1-метрлік телескопқа арналған фотометрлік жүйені стандарттау.....	155

### Күннің және күн жүйесі денелерінің физикасы

<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.</i> , Жеделдетілген протондар қуатына корональ шығарулардың соққы толқынының әсері.....	162
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А.</i> , 2004-2016 жылдары Юпитердің солтүстік және оңтүстік жартышарларында аммиактың жұту жолында асимметрияны зерттеу.....	170
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А.</i> Юпитердің галилейлік серіктеріндегі өзара бірігулерді және тұтылуды зерттеу (халықаралық бағдарлама РНЕМУ-15). .....	179
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хоженец А.П.</i> , Юпитер: көпжылдық бақылаулар бойынша бес негізгі ендік белдіктерінде молекулалық жұтудың вариациясы.....	185
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылы экватор бойында және юпитердің орталық меридианында аммиак және метанның жұту вариациясы. 8 Жұту жолағы үшін салыстырмалы талдау.....	192
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Юпитер дискісі бойынша аммиакты және метанды жұтудың кеңістікті-уақыттық вариациясы параметрлерінің корреляциялық өзара байланысы және олардың күн қарқындылығы индексімен байланысы .....	204
<i>Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В.</i> Атмосфералық экстинкцияның лездік мәндері және ауысуы коэффициенттері.....	209

\* \* \*

<i>Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Коэффициенті айнымалы, бірінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленген Коши есебін спектралді таралым әдісі арқылы шешу.....	215
<i>Құдайберген А.Д., Байгісова Қ.Б., Жетпісбаев Қ.У., Алжамбекова Г.Т., Сәрсембаева Б.Д.</i> Нанокұрылымдардың ЖТАӨ қасиеттеріне әсері.....	223
<i>Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И.</i> Коэффициенттері тұрақты екінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленген Кошилік есебін шешудің операторлық әдісі туралы.....	230
<i>Жақып-тегі К.Б.</i> Гуктың заңы анизотроптық денелердің серпілімдік теориясында.....	241
<i>Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагалиева А.И., Қыдырбекова Ж.Б.</i> MATLAB бағдарламалық пакетін қолданып «Тікбұрыш екі диэлектрик жазықтық ішінде орналасқан ұзын, зарядталған өткізгіштен құралған жүйенің электр өрісін модельдеу» атты зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру ....	252
<i>Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Тоқжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р.</i> Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивті катушканың реактивті кедергісінің тоқ жиілігіне тәуелдігін зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастыру.....	259
<i>Нысанбаева С.Қ., Тұрлыбекова Г.Қ., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К., Мырзашева Ф.Т.</i> Акустикалық интерферометрде конденсирленген орталардағы ультрадыбыстық жұтылу коэффициентін зерттеу.....	266
<i>Сэрээтэр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К.</i> Модульдік оқыту технологиясын математика сабағында қолдану.....	274

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Каликулова А.О.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию мощности выделяемой на внешней нагрузке электрической цепи.....	5
<i>Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П.</i> О Нелокальной задаче для системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа.....	11
<i>Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О.</i> Конструирование неоднозначных задач и задач с недостающими данными для выполнения компьютерных лабораторных работ .....	19

**Проблемы небесной механики, динамики звездных систем и ядерной астрофизики**

<i>Дубовиченко С.Б., Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р.,</i> Астрофизический S-фактор радиационного $^3\text{He}^4\text{He}$ захвата.....	25
<i>Ибраимова А.Т.,</i> Профили светимости в численных моделях звездных скоплений.....	32
<i>Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В.,</i> Переменность сейфертовской галактики NGC 5548.....	41
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.,</i> Геостационарные спутники, потенциально опасные для Казахстанских спутников связи KAZSAT-2 и KAZSAT-3.....	50
<i>Акниязов Ч.Б.,</i> Коротко-временной и долговременной подход для прогноза определения вероятности столкновения объектов в облаке космического мусора.....	57
<i>Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.,</i> Новый оптический комплекс на обсерватории Ассы-Турген в Казахстане.....	66
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.,</i> Результаты наблюдений геостационарных спутников в Тянь-Шанской и Ассы-Тургенской обсерваториях в 2016 году.....	74

**Исследование звезд и туманностей**

<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А.,</i> Спектральные исследования планетарных туманностей PC 12 и M1-46.....	81
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.,</i> Основные механизмы формирования X-гау эмиссии в молодых звездах.....	90
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.,</i> Наблюдения X-гау эмиссии от двойных звезд AeVe Хербига.....	96
<i>Павлова Л.А.,</i> Исследование структуры и механизмов переменности в оболочках молодых звезд.....	102
<i>Терецко В.М.,</i> Сравнение наблюдаемых и вычисленных звездных величин и показателей цвета для O-B-звезд «Спектрофотометрического каталога звезд».....	110
<i>Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В.,</i> Транзитные прохождения планетоидов около белого карлика WD1145+017 и их термическая эволюция.....	117
<i>Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В.,</i> Анализ кривой блеска белого карлика WD1145+017.....	123
<i>Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В.</i> Фотометрические исследования катаклизмической переменной SDSS 1507 + 52 .....	129
<i>Терецко В.М.,</i> Абсолютизация спектрального распределения энергии звезд по фотометрическим данным.....	136
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.,</i> Орбитальная эволюция пылевых частиц в процессе сублимации около звезд поздних спектральных классов.....	143
<i>Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н.,</i> Стандартизация фотометрической системы 1-метрового телескопа ТШАО.....	155

**Физика Солнца и тел солнечной системы**

<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.,</i> Влияние ударной волны корональных выбросов на энергию ускоренных протонов... 162	
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А.,</i> Исследование асимметрии в ходе поглощения аммиака в северном и южном полушариях Юпитера в 2004-2016 годах.....	170
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А.,</i> Наблюдения взаимных соединений и затмений галилеевых спутников Юпитера (Международная программа RHEMU-15).....	179
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хоженец А.П.,</i> Юпитер: вариации молекулярного поглощения в пяти основных широтных поясах по многолетним наблюдениям.....	185
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Вариации поглощения аммиака и метана вдоль экватора и центрального меридиана юпитера в 2016 году. Сравнительный анализ для 8 полос поглощения.....	192
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.,</i> Корреляционные взаимосвязи параметров пространственно-временных вариаций аммиачного и метанового поглощения по диску Юпитера и их связь с индексом солнечной активности.....	204
<i>Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В.,</i> Коэффициенты перехода и мгновенные значения атмосферной экстинкции.....	209

\* \* \*

<i>Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Решение сингулярно возмущенной задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка с переменным коэффициентом, методом отклоняющегося аргумента.....	215
<i>Кудайберген А.Д., Байгисова К.Б., Жетписбаев К.У., Алджамбекова Г.Т., Сарсембаева Б.Д.</i> Влияние наноструктуры на свойства ВТСП .....	223
<i>Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И.</i> Решение сингулярно возмущенной задачи Коши, для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, операторным методом.....	230
<i>Джакупов К.Б.</i> Закон Гука в теории упругости анизотропных тел .....	241
<i>Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагалиева А.И., Кыдырбекова Ж.Б.</i> Организация выполнения лабораторной работы «Моделирование электрического поля системы, состоящей из диэлектрического угольника и длинного заряженного проводника» с использованием пакета программ MATLAB.....	252
<i>Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Токжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию зависимости реактивного сопротивления катушки индуктивности от частоты переменного тока.....	259
<i>Нысанбаева С.К., Турлыбекова Г.К., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К., Мырзаева Ф.Т.</i> Исследование коэффициента ультразвукового поглощения в конденсированных средах на акустическом интерферометре .....	266
<i>Сэрээтэр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К.</i> Технология модульного обучения на уроках математики.....	274

## CONTENTS

<i>Saidullayeva N.S., Kabyrbekov K.A., Pazylova D.T., Tagaev N.S., Kalikulova A.O.</i> Organization of computer lab work to study the power of an electrical circuit oozed on an exterior loading.....	5
<i>Assanova A.T., Ashirbaev H.A., Sabalakhova A.P.</i> On the nonlocal problem for a system of the partial integro-differential equations of hyperbolic type.....	11
<i>Saidullayeva N.S., Kabyrbekov K.A., Pazylova D.T., Ashirbaev Kh.A., Kalikulova A.O.</i> Designing the ambiguous tasks and tasks with missing data for performance of computer laboratory works.....	19

**Problems of celestial mechanics, dynamics of stellar systems and nuclear astrophysics**

<i>Dubovichenko S. B., Burkova N.A., Dzhezairov-Kakhramanov A.V., Tkachenko A.S., Beisenov B.U., Mukaeva A.R.</i> Astrophysical S-factor for the radiative $^3\text{He}^4\text{He}$ capture.....	25
<i>Ibraimova A.T.</i> Luminosity profiles in numerical models of star clusters.....	32
<i>Gaisina V., Denissyuk E., Valiullin R., Kusakin A., Shomsheikova S., Reva I.</i> Variability of Seyfert galaxy NGC 5548.....	41
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Serebryansky A. V., Voropaev V. A., Usoltseva L. A., Akniyazov C. B.</i> Geostationary satellites, potentially dangerous for Kazakhstan communication satellites KAZSAT-2 AND KAZSAT-3.....	50
<i>Akniyazov C. B.</i> Short- and long- term approach collision probability of the objects in space debris cloud.....	57
<i>Serebryanskiy A., Krugov M., Valiullin R., Komarov A., Demchenko B., Usoltseva L., Akniyazov Ch.</i> The new optical complex at assy-turgen observatory in Kazakhstan.....	66
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Krugov M.A., Reva I.V., Serebryansky A.V., Usoltseva L. A.</i> Results of observations of geostationary satellites at Tien Shan and Assy- Turgen astronomical observatory in 2016 .....	74

**The study of stars and nebulae**

<i>Kondratyeva L., Rspaev F., Krugov M.</i> Spectral study of the planetary nebulae PC 12 and M1-46.....	81
<i>Pavlova L.A., Vil'koviskij E.Ya.</i> The main formation mechanisms of X-Ray emission of the young stars.....	90
<i>Pavlova L.A., Vilkoviskij E.Ya.</i> Observations of X-ray emission from binaries herbig AeBe stars.....	96
<i>Pavlova L.A.</i> Investigating of the structure and mechanisms variability in envelopes of young stars.....	102
<i>Tereschenko V. M.</i> The comparison of the observed and calculated magnitudes and color-indexes for O-B-stars of "Spectrophometrical catalogue of stars".....	110
<i>Shestakova L.I., Pesa H.B., Kysakun A.B.</i> Transit passages of planetoids near white dwarf WD1145 + 017 and their thermal evolution.....	117
<i>Serebryanskiy A.V., Shestakova L.I., Reva I.V.</i> Analysis of light curves of the white DWARF .....	123
<i>Aimanova G. K., Serebryanskiy A. V., Reva I.V.</i> Photometric studies of the cataclysmic variable SDSS 1507 + 52.....	129
<i>Tereschenko V. M.</i> The absolutization of spectral energy distribution of stars on spectral and photometric data .....	136
<i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> Orbital evolution of dust particles in the sublimation process around stars of late spectral classes .....	143
<i>Shomsheikova S. A., Reva I. V., Kondratyeva L.N.</i> Standardization of the photometric system of the 1-meter telescope on TShAO.....	155

**Physics of the Sun and solar system bodies**

<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M.</i> Effect of the shock wave of coronal ejection on the energy of accelerated protons.....	162
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A.</i> Ammonia absorption asymmetry along the latitudes of the northern and southern hemispheres of Jupiter from 2004-2016 observations .....	170
<i>Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfel V.G., Filippov V.A.</i> The observations of the Jipiter galilean satellites mutual occultations and eclipses (PHEMU-15 international program).....	179
<i>Tejfel V.G., Karimov A.M., Lysenko P.G., Filippov V.A., Kharitonova G.A., Khozhenetz A.P.</i> Jupiter: variations of the molecular absorption at five main latitudinal belts from longtime observations.....	185
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The variations of ammonia and methane absorption along the jovian equator and central meridian in 2016. Comparative analysis of the eight absorption bands.....	192
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> Mutual correlations of the parameters of the methane and ammonia absorption spatial-temporal variations over jovian disk and their connections with the solar activity index .....	204
<i>Serebryanskiy A., Usoltseva L., Komarov A., Reva I.</i> The trasformation coefficients and instantaneous values of atmospheric extinction.....	209



\* \* \*

<i>Akylbaev M.I., Besbayev G.A., Shaldanbaev A.Sh.</i> Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the first order with a variable coefficient, by the method of a deviating argument.....	215
<i>Kudaibergen A.D., Baigisova K.B., Zhetpisbayev K.U., Aldzhambekova G.T., Sarsembayeva B.D.</i> Effect of nanostructures on HTSC properties .....	223
<i>Besbayev G.A., Shaldanbaev A.Sh., Akylbayev M.I.</i> Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the second order with constant coefficients, by the operator method.....	230
<i>Jakupov K.B.</i> Hook's law in the theory of elasticity of anisotropic bodies.....	241
<i>Kabyrbekov K. A., Ashirbaev H.A., Abdrahmanova H. K., Dzhumagaliyeva A.I., Kydybekova Zh.B.</i> Managing the implementation of laboratory work "Simulation of the electric field of a system consisting of dielectric triangles and long conductor charged" with using MATLAB software package .....	252
<i>Kabyrbekov K.A., Saidahmetov P.A., Omashova G.Sh., Tokzhigitova A.A., Abdikerova Zh.R.</i> The organization of performance of computer laboratory operation on examination of dependence of condensance of inductance coils from frequency of the alternating current.....	259
<i>Nysanbaeva S.K., Turlybekova G.K., Maylina Kh.R., Manabaev N.K., Omarov T.K., Myrzacheva F.T.</i> Research of the ultrasonic absorption coefficient in condensed states on acoustic interferometer.....	266
<i>Sereeter G., Dyusembina Zh.K.</i> Using modular technology at math lesson.....	274

---

**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)**

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

Подписано в печать 27.07.2017.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
17,8 п.л. Тираж 300. Заказ 4.

---

*Национальная академия наук РК*  
*050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19*