

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2024 • 2



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ

**HALYK**

CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ  
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

## ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»  
ЧФ «ХАЛЫҚ»

## REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
«Halyk» Private Foundation

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



## ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,  
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

**РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

**РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы**, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

**ӘБИЕВ Руфат**, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

**ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджида Хамдар университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

**ТИГИНИАНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

**КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖУСНОВ Марат Абжанұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

**РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич**, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

**АБНЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

**ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

**ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович**, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич**, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

**QUEVEDO Hemando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖУСУПОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нургали Жаббаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан**

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ93VPY00025418, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

## EDITOR IN CHIEF:

**BENBERIN Valery Vasilievich**, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

## EDITORIAL BOARD:

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

**RAMANKULOVA Erlan Mirkhaidarovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

**SANG-SOO Kwak**, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

**BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

**ABIYEV Rufat**, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

**LOKSHIN Vyacheslav Notanovich**, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

**SEMENOV Vladimir Grigorievich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

**TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

**MALM Anna**, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

**BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

**TIGHINEANU Ion Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich**, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**QUEVEDO Hemando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

**ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

**TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

**KHARIN Stanislav Nikolayevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>



© S.B. Dubovichenko<sup>1</sup>, N.A. Burkova<sup>2</sup>, A.S. Tkachenko<sup>1</sup>, D.M. Zazulin<sup>2\*</sup>, 2024

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

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

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru

## TOTAL CROSS-SECTIONS AND RATE OF $n^{12}\text{C}$ RADIATIVE CAPTURE

**Dubovichenko Sergey Borisovich** — Laureate of the al-Farabi State Prize of the Republic of Kazakhstan in the field of science and technology, doctor of physical and mathematical sciences, Professor, head of laboratory of V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

E-mail: dubovichenko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7747-3426>;

**Burkova Nataliya Aleksandrovna** — doctor of physical and mathematical sciences, professor of department of theoretical and nuclear physics of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: natali.burkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3122-1944>;

**Tkachenko Alessya Sergeyevna** — Ph.D., researcher of V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

E-mail: tkachenko.alessya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9319-0135>;

**Zazulin Denis Mikhailovich** — candidate of physical and mathematical sciences, acting associate professor of al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2115-6226>.

**Abstract.** The  $n^{12}\text{C}$  capture reaction is included in the main chain of thermonuclear reactions of primordial nucleosynthesis ... $^{11}\text{B}(n,\gamma)^{12}\text{B}(\beta^-)^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}(n,\gamma)^{14}\text{C}(n,\gamma)$ ... and is of significant interest for nuclear astrophysics. This reaction is one of the reactions of  $^{12}\text{C}$  burning off and  $^{13}\text{C}$  producing. The rate of the  $^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}$  reaction may be important for calculations related to stellar evolution. This reaction also occurs in nuclear and thermonuclear reactors, for example, thanks to the above chain of nuclear reactions, since structural elements containing boron can be used as neutron absorbers, etc. Therefore, we previously, within the framework of a modified potential cluster model with a classification of orbital states according to Young's diagrams and taking into account allowed and forbidden states, considered radiative  $n^{12}\text{C}$  capture at energies from  $10^{-5}$  keV to 5 MeV and considering a wide resonance at  $E_x = 8.2$  MeV. Calculations were carried out for radiative capture to the ground state and three excited states of the  $^{13}\text{C}$  nucleus. Then it was shown that only on the basis of  $E1$ - and  $M1$ -transitions from  $n^{12}\text{C}$  scattering states, it is quite possible to explain the magnitude and shape of the experimental capture cross-sections. In this work, using the results of our earlier calculations, the total cross-section for capture to all 4 specified bound states is obtained. Based on these theoretical cross-sections, the rates of the  $^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}$  reaction, both partial and total, were calculated in the temperature range from 0.01 to  $1 T_9$ . The calculated reaction rate results were approximated by a simple expression to simplify their use in applied nuclear, thermonuclear and astrophysical problems.

**Keywords:** Nuclear astrophysics,  $n^{12}\text{C}$ -system, low and astrophysical energies,

radiative capture, thermonuclear processes, potential cluster model, Young's diagrams

**Acknowledgments.** This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR20280974)

© С.Б. Дубовиченко<sup>1</sup>, Н.А. Буркова<sup>2</sup>, А.С. Ткаченко<sup>1</sup>, Д.М. Зазулин<sup>2\*</sup>, 2024

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

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

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru

## ЖАЛПЫ БӨЛІМДЕРІ ЖӘНЕ ПРОЦЕСС ҚАРҚЫМЫ $n^{12}\text{C}$

**Дубовиченко Сергей Борисович** — ғылым және техника саласындағы әл-Фараби атындағы Қазақстан Республикасының Мемлекеттік сыйлығының лауреаты, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институтының зертхана меңгерушісі, Алматы, Қазақстан

E-mail: dubovichenko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7747-3426>;

**Буркова Наталья Александровна** — физика-математика ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, Алматы, Қазақстан

E-mail: natali.burkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3122-1944>;

**Ткаченко Алеся Сергеевна** — Ph.D., атындағы Астрофизика институтының ғылыми қызметкері В.Г. Фесенкова, Алматы, Қазақстан

E-mail: tkachenko.alessya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9319-0135>;

**Зазулин Денис Михайлович** — физика-математика ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің теориялық және ядролық физика кафедрасының доцентінің, Алматы, Қазақстан

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2115-6226>.

**Аннотация.**  $n^{12}\text{C}$ -басып алу реакциясы  $\dots^{11}\text{B}(n,\gamma)^{12}\text{B}(\beta^-)^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}(n,\gamma)^{14}\text{C}(n,\gamma)\dots$  біріншілік нуклеосинтездің термоядролық реакцияларының негізгі тізбегіне кіреді және ядролық астрофизика үшін маңызды қызығушылық тудырады. Бұл реакция  $^{12}\text{C}$  жанып,  $^{13}\text{C}$  түзу реакцияларының бірі.  $^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}$  реакциясының жылдамдығы жұлдыздар эволюциясына байланысты есептеулер үшін маңызды болуы мүмкін. Бұл реакция ядролық және термоядролық реакторларда да жүреді, мысалы, жоғарыда аталған ядролық реакциялар тізбегі арқасында, өйткені құрамында бор бар құрылымдық элементтер нейтронды сіңіргіштер ретінде және т.б. Сондықтан, біз, бұрын, Янг схемалары бойынша орбиталық күйлерді жіктеумен және рұқсат етілген және тыйым салынған күйлерді ескере отырып, модификацияланған потенциалды кластерлік модель шеңберінде,  $10^{-5}$  кВ-тан 5 МэВ-қа дейінгі энергиялардағы  $n^{12}\text{C}$  реакциясын қарастырдық  $E_x = 8.2$  МэВ нүктесіндегі кең резонансты ескере отырып. Есептеулер  $^{13}\text{C}$  ядросының негізгі күйінде және үш қозған күйінде түсірулер үшін жүргізілді. Содан кейін  $n^{12}\text{C}$  шашырау күйлерінен  $E1$ - және  $M1$ - ауысу негізінде ғана тәжірибелік түсіру қималарының шамасы мен пішінін түсіндіруге толық болатыны көрсетілді. Бұл жұмыста біздің бұрынғы жұмысымыздың нәтижелерін пайдалана отырып, барлық көрсетілген 4 байланысқан күйге түсіру үшін жалпы қима алынды. Алынған теориялық көлденең қималары негізінде бұл реакцияның жартылай және жалпы жылдамдықтары 0.01-ден 1  $T_9$ -ға дейінгі температура диапазонында есептелді.



Есептелген жылдамдық нәтижелері оларды қолданбалы ядролық, термоядролық және астрофизикалық зерттеулерде қолдануды жеңілдету үшін қарапайым өрнек арқылы жуықталды.

**Түйін сөздер:** ядролық астрофизика,  $n^{12}\text{C}$ -жүйесі, төмен және астрофизикалық энергиялар, радиацияны түсіру, термоядролық процестер, потенциалды кластерлік модель, Юнг схемасы

© С.Б. Дубовиченко<sup>1</sup>, Н.А. Буркова<sup>2</sup>, А.С. Ткаченко<sup>1</sup>, Д.М. Зазулин<sup>2\*</sup>, 2024

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

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru

## ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ И СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО $n^{12}\text{C}$ ЗАХВАТА

**Дубовиченко Сергей Борисович** — лауреат Государственной премии Республики Казахстан имени аль-Фараби в области науки и техники, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан  
E-mail: dubovichenko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7747-3426>;

**Буркова Наталья Александровна** — доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики Казахского национального университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: natali.burkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3122-1944>;

**Ткаченко Алеся Сергеевна** — Ph.D., научный сотрудник Астрофизического Института им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

E-mail: tkachenko.alessya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9319-0135>;

**Зазулин Денис Михайлович** — кандидат физико-математических наук, и.о. ассоциированного профессора Казахского Национального Университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2115-6226>.

**Аннотация.** Реакция  $n^{12}\text{C}$ -захвата входит в основную цепочку термоядерных реакций первичного нуклеосинтеза  $\dots^{11}\text{B}(n,\gamma)^{12}\text{B}(\beta^-)^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}(n,\gamma)^{14}\text{C}(n,\gamma)\dots$  и представляет существенный интерес для ядерной астрофизики. Эта реакция является одной из реакций выгорания  $^{12}\text{C}$  и производства  $^{13}\text{C}$ . Скорость реакции  $^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}$  может иметь значение для расчетов, связанных со звездной эволюцией. Также эта реакция протекает в ядерных и термоядерных реакторах, например, благодаря вышеприведенной цепочке ядерных реакций поскольку конструкционные элементы, содержащие бор могут использоваться в качестве поглотителей нейтронов и т.д. Поэтому нами ранее, в рамках модифицированной потенциальной кластерной модели с классификацией орбитальных состояний по схемам Юнга и с учетом разрешенных и запрещенных состояний, был рассмотрен радиационный  $n^{12}\text{C}$ -захват при энергиях от  $10^{-5}$  кэВ до 5 МэВ с использованием информации о широком резонансе при  $E_x = 8.2$  МэВ. Были проведены расчеты для радиационных захватов на основное состояние и три возбужденных состояния ядра  $^{13}\text{C}$ . Тогда было показано, что только на основе  $E1$ - и  $M1$ -переходов из состояний  $n^{12}\text{C}$  рассеяния вполне удастся объяснить величину и форму экспериментальных сечений захватов. В данной работе, используя результаты нашей более ранней работы, получено суммарное сечение для захвата на все 4 указанные связанные состояния. На основе полученных теоретических сечений рассчитаны скорости этой реакции как парциальные, так и суммарные в области температур от  $0.01$  до  $1 T_9$ . Расчетные результаты для скоростей были аппроксимированы простым выражением, чтобы упростить их использование в прикладных ядерных, термоядерных и астрофизических исследованиях.

**Ключевые слова:** ядерная астрофизика,  $n^{12}\text{C}$ -система, низкие и астрофизические энергии, радиационный захват, термоядерные процессы,

потенциальная кластерная модель, схемы Юнга

### Introduction

The importance (from the point of view of nuclear physics and astrophysics) of the  $n^{12}\text{C}$ -capture reaction at thermal and astrophysical energies is substantiated in sufficient detail in (Heil, 1998). In our previous work (Dubovichenko, 2021), four radiative captures were calculated for the ground state (GS) and three excited states (ES) of the  $^{13}\text{C}$  nucleus, but the total cross-section for transitions to all specified bound states (BS) was not considered (Dubovichenko, 2021; Dubovichenko, 2019). Therefore, we will now return to studying this reaction based on the modified potential cluster model (MPCM) (Dubovichenko, 2019; Dubovichenko, 2015). The behavior of the total  $n^{12}\text{C}$ -capture cross-section at energies from  $10^{-5}$  keV to 5 MeV will be studied, taking into account the wide resonance at  $E_x = 8.2$  MeV, and the reaction rate will be obtained at temperatures from 0.01 to 10  $T_9$  (where  $T_9$  is the temperature in  $10^9$  K). Calculation methods are presented in (Dubovichenko, 2021) or (Dubovichenko, 2019; Dubovichenko, 2015). The magnetic moments of  $\mu_1$  and  $\mu_2$  of clusters are taken from ([http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search\\_for=atomnucl](http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search_for=atomnucl;); Kelley, 2017), namely  $\mu_n = -1.9130427\mu_0$  and zero for  $\mu(^{12}\text{C})$ . In present calculations, exact values of particle masses were used:  $m_n = 1.00866491597$  a.m.u. ([http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search\\_for=atomnucl](http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search_for=atomnucl)),  $m(^{12}\text{C}) = 12.0$  a.m.u. ([http://cdf.e.sinp.msu.ru/services/ground/NuclChart\\_release.html](http://cdf.e.sinp.msu.ru/services/ground/NuclChart_release.html)), the value of the constant  $\hbar^2/m_0$  is taken to be 41.4686 MeV $\times$ fm $^2$ , where  $m$  is in a.m.u. This constant value has been used by us since the 80s of the last century and allows us to easily compare old and new results.

### Model and calculation methods

As was shown in (Dubovichenko, 2021), possible Young orbital diagrams for a complete system of 13 nucleons have the form  $\{1\} + \{444\} = \{544\} + \{4441\}$  (Neudachin, 1969). The first of them is compatible with the orbital momentums  $L = 0, 2$  and is forbidden (forbidden state - FS), since there cannot be five nucleons in the  $s$ -shell. The second diagram is allowed (allowed state - AS) and is compatible with the orbital momentum  $L = 1$ , which is determined based on Eliot's rules (Neudachin, 1969). This state corresponds to the ground bound allowed state of the  $^{13}\text{C}$  nucleus in the  $n^{12}\text{C}$  channel with momentum and isospin  $J^\pi, T = 1/2, 1/2$  (Ajzenberg-Selove, 1991) (for the  $^{12}\text{C}$  is known that  $J^\pi, T = 0^+, 0$  (Kelley, 2017)). Thus, the potential of a  $^2S$ -wave must contain a forbidden bound state, while  $^2P$ -waves have only allowed states in the  $n^{12}\text{C}$  channel. Moreover, the bound allowed state for the  $^2P_{1/2}$ -wave corresponds to the GS of the  $^{13}\text{C}$  nucleus and has a channel binding energy equal to -4.94635 MeV (Ajzenberg-Selove, 1991).

In the calculations of the nuclear characteristics of the reaction under consideration, the cluster interaction potentials have the Gaussian form (Dubovichenko, 2019; Dubovichenko, 2015)

$$V(r, \dot{u}) = -V_{0,\dot{u}} \exp(-\dot{a}_{\dot{u}} r^2)$$

The potential parameters are fixed by the level binding energy and the value of the asymptotic constant (AC). The dimensionless AC, which we denote by  $C_w$ , and defined in terms of the Whittaker functions through expression  $\psi_{-L}(r) = \sqrt{2k_0} C_w W_{-\dot{q}, +1/2}(2k_0 r)$

(Plattner, 1981). Various works reviewed in (Dubovichenko, 2021) provide different results on ANC for GS and ESs. The results of their recalculation to  $C_w$  are given in Table 1. All these AC values were used previously to obtain  $n^{12}\text{C}$  interaction potentials in BSs (Dubovichenko, 2021), the parameters of which are also given in Table 1.

Table 1. Parameters of potentials of bound states in the  $n^{12}\text{C}$ -system and characteristics of bound states. FES is first excited state, SES is second excited state and TES is third excited state.

No	BS	$E_x$ , MeV (Ajzenberg-Selove 1991)	$J^\pi$	$E_b$ , MeV (Ajzenberg-Selove 1991)	$^{2S+1}L_J$	$V_0$ , MeV	$\alpha$ , $\text{fm}^{-2}$	$C_w$	$R_{\text{ch}}$ , $\text{fm}$	$R_m$ , $\text{fm}$	$C_w$ , exp.
1	GS	0	1/2 <sup>-</sup>	-4.94635	$^2P_{1/2}$	72.173484	0.2	1.52(1)	2.48	2.50	1.97(39)
2	FES	3.089443(20)	1/2 <sup>+</sup>	-1.856907	$^2S_{1/2}$	98.575578	0.2	2.11(1)	2.49	2.67	2.12
3	SES	3.684507(19)	3/2 <sup>-</sup>	-1.26184	$^2P_{3/2}$	681.80814	2.5	0.30(1)	2.47	2.44	0.33
4	SES	3.684507(19)	3/2 <sup>-</sup>	-1.26184	$^2P_{3/2}$	357.908258	1.3	0.37(1)	2.48	2.46	0.33
5	TES	3.853807(19)	5/2 <sup>+</sup>	-1.09254	$^2D_{5/2}$	263.174386	0.2	0.25(1)	2.49	2.61	0.20(4)

We usually consider that bound states for scattering potentials are only FSs (Dubovichenko, 2019; Dubovichenko, 2015), and if they are not present, then the depth of the potentials without the FS can be set equal to zero. In this case, it refers to the  $P$ -scattering potentials, while the  $S$ - and  $D$ -potentials have a bound forbidden state and, even at zero phase shifts, must have a non-zero depth. As a result, for the scattering potential in the  $^2D_{3/2}$  wave, parameters with a depth of 105 MeV and a width of 0.2  $\text{fm}^{-2}$  were used, which makes it possible to correctly describe the first resonance at the excitation energy of  $E_x = 8.2(1)$  MeV (that is, at the energy above the threshold by 3.2(1) MeV) with a width of 1.1(1) MeV (Ajzenberg-Selove, 1991). The scattering potentials used and possible transitions to the BSs were considered in (Dubovichenko, 2021) and we will not present them here.

### Results and discussions

Figure 1 presents the results of calculations of the cross-section for  $E1$  and  $M1$  radiative capture in the  $n^{12}\text{C}$  system to the GS and 3 BS of the  $^{13}\text{C}$  nucleus in the energy range up to 5 MeV. The solid curve shows the total cross-section for all transitions to the BSs with potentials from Table 1 and Tables 2–5 of (Dubovichenko, 2021). Since at energies from  $10^{-5}$  to 10 keV the calculated cross-section is almost a straight line (solid curve in Figure 1), in this energy region it can be approximated by a simple function of the form

$$\sigma_{\text{p}}(\mu\text{b}) = \frac{A}{\sqrt{E(\text{keV})}} \quad (1)$$

with a constant  $A = 19.4954 \mu\text{b} \times \text{keV}^{1/2}$ , determined by one point in the cross-sections at a minimum energy equal to  $10^{-5}$  keV. From approximation (1), one can obtain an estimate of the cross-section at a thermal energy of 25.3 meV ( $1 \text{ meV} = 10^{-6} \text{ keV}$ ) equal to 3.87 mb, which completely coincides with the result of 3.87(3) mb (Firestone, 2016).

Next, the rate of the  $n^{12}\text{C}$ -capture reaction was calculated, which in units of

$\text{cm}^3\text{mol}^{-1}\text{sec}^{-1}$  can be represented as (Angulo 1999)

$$N_A \langle \sigma v \rangle = 3.7313 \cdot 10^4 \mu^{-1/2} T_9^{-3/2} \int_0^{\infty} \sigma(E) E \exp(-11.605 E / T_9) dE$$

where  $E$  is given in MeV, the total cross-section  $\sigma(E)$  is measured in  $\mu\text{b}$ ,  $\mu$  is the reduced mass in a.m.u. (Angulo, 1999).

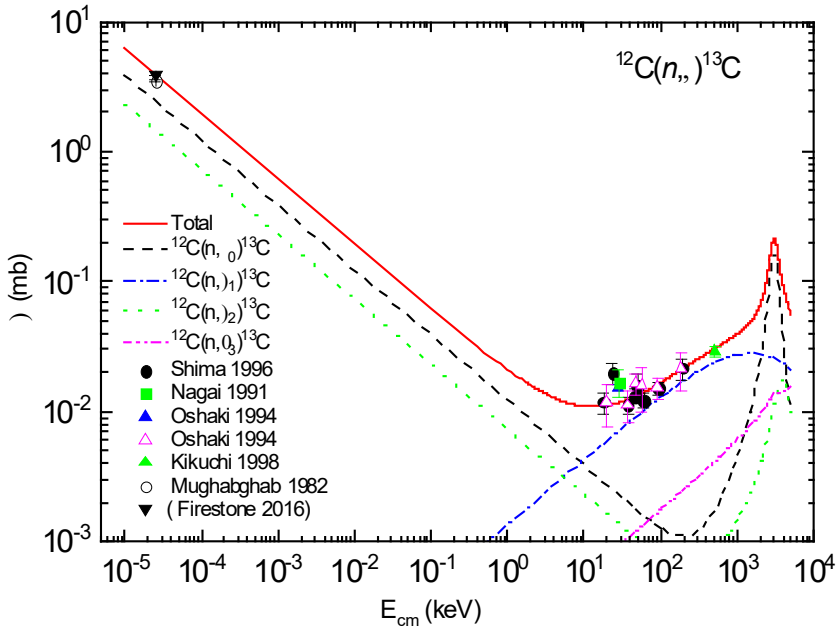


Figure 1. Cross-sections of radiative  $n^{12}\text{C}$ -capture to the GS and 3 BS of the  $^{13}\text{C}$  nucleus with potentials from Table 1 and Tables 2 – 5 of the work of (Dubovichenko, 2021). Experimental data taken from the works: ● – (Shima, 1996), ○ – thermal cross-section of capture to the GS of (Mughabghab, 1982), ■ – (Nagai, 1991), Δ and ▲ – (Ohsaki, 1994), ▲ – (Kikuchi, 1998), total thermal cross-section of ▼ – (Firestone, 2016).

To calculate the reaction rate, theoretical total cross-sections were used at energies from  $10^{-5}$  keV to 5 MeV and the resulting total rate (see Figure 2 – solid curve) smoothly increases with increasing temperature at all temperatures considered. The dotted curve shows the reaction rate for capture to the GS, the dash-double-dotted curve – to the FES, the dash-dotted curve – to the SES, and the dashed curve – to the TES. Here, for comparison, a short-dotted curve shows the rate of neutron capture by the  $^{12}\text{C}$  nucleus, obtained in (Kikuchi, 1998) taking into account only non-resonant processes, which coincides well with our results.

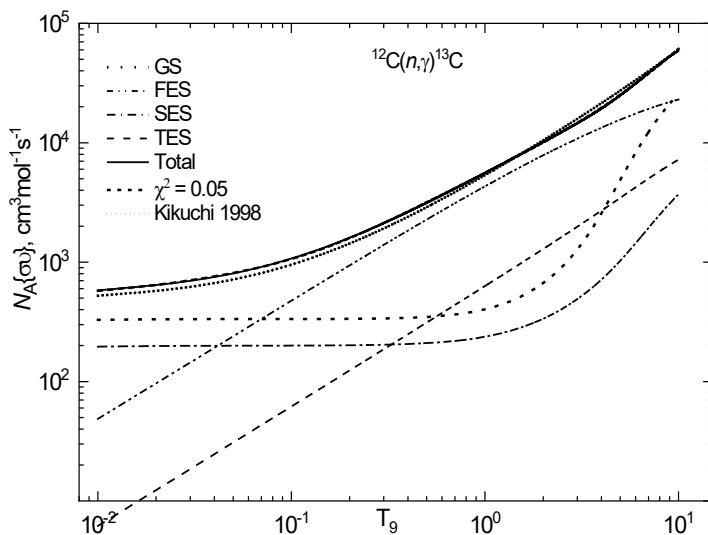


Figure 2. Total  $n^{12}\text{C}$ -capture reaction rate. The short-dashed curve is the result of the approximation of the calculated rate at  $\chi^2 = 0.05$ , the short-dotted curve is the rate of  $n^{12}\text{C}$ -capture from work (Kikuchi, 1998).

The reaction rate shown in Figure 2 as a solid curve can be approximated by a function of the form

$$N_A \langle \sigma v \rangle = a_1 / T_9^{2/3} \exp(-a_2 / T_9^{1/3}) \cdot (1.0 + a_3 T_9^{1/3} + a_4 T_9^{2/3} + a_5 T_9 + a_6 T_9^{4/3} + a_7 T_9^{5/3} + a_8 T_9^{6/3}) + a_9 / T_9^{1/3}$$

Table 2. Reaction rate approximation parameters.

$i$	$a_i$
1	25.93019
2	0.97648
3	240.9492
4	-676.4427
5	673.7797
6	922.6434
7	-991.6664
8	392.7353
9	85.51388

The parameters of such an approximation are given in Table 2. The result of the rate calculating with these parameters is shown in Figure 2 with the short-dashed curve with an average value of  $\chi^2 = 0.05$ . This curve merges with the solid one. During the

approximation, 1000 calculated points shown in Figure 2 were used, and to calculate  $\chi^2$ , the error in the calculated data was taken equal to 5 %.

### Conclusions

Thus, the combinations of potentials used (Dubovichenko, 2021), which describe the main characteristics of the discrete and continuum spectra for the  $n^{12}\text{C}$  system, make it possible to well reproduce the available data on experimental cross-sections for radiative  $n^{12}\text{C}$  capture to the GS and the first three excited states at energies from 25.3 MeV to 0.5 MeV, that is, in the energy region covering almost seven orders of magnitude. All potentials considered do not have fitting parameters, which vary when calculating the total cross-sections - all these parameters are preliminarily fixed according to the characteristics of the BS and scattering processes of the  $n^{12}\text{C}$  system.

### REFERENCES

- Ajzenberg-Selove F. (1991). Energy levels of light nuclei  $A = 13-15$ . Nucl. Phys. A V.523.— Pp.1–196. — Doi: 10.1016/0375-9474(91)90446-D.
- Angulo C. et al. (1999). A compilation of charged-particle induced thermonuclear reaction rates. Nucl. Phys. A. — V.656(1). — Pp.3–183. — Doi: [https://doi.org/10.1016/S0375-9474\(99\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0375-9474(99)00030-5).
- Dubovichenko S.B., Burkova N.A. (2021). Reaction rate  $n^{12}\text{C}$  at temperatures from 0.01 to 10  $T_\odot$ . Russ. Phys. Jour. — V.64. — №2. — Pp.216–227. — <https://doi.org/10.1007/s11182-021-02319-0>.
- Dubovichenko S.B. (2019). Radiative neutron capture. Primordial nucleosynthesis of the Universe. First English edition. Germany. Berlin/Munich/Boston. Walter de Gruyter Gmb H. — 310 p. — ISBN 978-3-11-061784-9. — <https://doi.org/10.1515/9783110619607-202>.
- Dubovichenko S.B. (2015). Thermonuclear processes in Stars and Universe. Second English edition, expanded and corrected. Germany, Saarbrücken: Scholar's Press. — 332 p. — ISBN 978-3-639-76478-9. — <https://www.morebooks.de/store/ru/book/thermonuclear-processes-in-stars/isbn/978-3-639-76478-9>.
- Firestone R.B., Revay Z.S. (2016). Thermal neutron radiative cross sections for  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Be}$ ,  ${}^{10,11}\text{B}$ ,  ${}^{12,13}\text{C}$ , and  ${}^{14,15}\text{N}$ . Phys. Rev. C. — V. 93. — Pp.054306–1. — 054306–12. — Doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.93.054306>.
- [http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search\\_for=atomnuc](http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud|search_for=atomnuc)
- Heil M. et al. (1998). The  $(n, \gamma)$  Cross Section of  ${}^7\text{Li}$ . Astrophys. J. — V.507. — Pp. 997–1002. — Doi: <http://dx.doi.org/10.1086/306367> //
- Igashira M., Ohsaki T. (2004). Neutron capture nucleosynthesis in the universe. Sci. Tech. Adv. Materials. V.5. — Pp. 567–573. — Doi: 10.1016/j.stam.2004.03.016 //
- Liu Z.H. et al. (2001). Asymptotic normalization coefficients and neutron halo of the excited states in  ${}^{12}\text{B}$  and  ${}^{13}\text{C}$ . Phys. Rev. C. — V.64. — Pp. 034312–1. — 034312-5. — Doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.64.034312>.
- Kelley J.H., Purcell J.E., Sheu C.G. (2017). Energy levels of light nuclei  $A = 12$ . Nucl. Phys. A. — V.968. — Pp.71–253. — <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2017.07.015>.
- [http://cdfc.sinp.msu.ru/services/ground/NuclChart\\_release.html](http://cdfc.sinp.msu.ru/services/ground/NuclChart_release.html)
- Nagai Y. et al. (1996). Fast neutron capture reactions in nuclear astrophysics. Hyperfine Interactions. — V.103. — Pp. 43–48; — Doi: <https://doi.org/10.1007/BF02317341>
- Neudachin V.G., Smirnov Yu.F. (1969). Nuklonnie associacii v legkih yadrah. — Moskva: Nauka. — 414p. (In Russ.). — <https://bookmix.ru/book.phtml?id=2635496>
- Plattner G.R., Viollier R.D. (1981). Coupling constants of commonly used nuclear probes. Nucl. Phys. A. — V.365. — Pp. 8–12. — Doi: [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(81\)90384-5](https://doi.org/10.1016/0375-9474(81)90384-5).
- Shima T. et al. (1996). Experimental studies of keV energy neutron-induced reactions relevant to astrophysics and nuclear physics. — JAERI-C-97-004. — Pp.131–140. — <https://www.nds.iaea.org/publications/indc/indc-jpn-0178.pdf>.
- Mughabghab S.F., Lone M.A., Robertson B.C. (1982). Quantitative test of the Lane-Lynn theory of direct radiative capture of thermal neutrons by  ${}^{12}\text{C}$  and  ${}^{13}\text{C}$ . Phys. Rev. C. — V.26. — Pp. 2698–2701. — Doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.26.2698>.
- Nagai Y. et al. (1991). Neutron capture cross sections of light nuclei in primordial nucleosynthesis. Nucl. Instr. Meth. B. — V.56. — Pp.492–495. — Doi: [https://doi.org/10.1016/0168-583X\(91\)96078-Y](https://doi.org/10.1016/0168-583X(91)96078-Y).



Ohsaki T. et al. (1994). New measurement of the  $^{12}\text{C}(n,\gamma)^{13}\text{C}$  reaction cross section. *Astrophys. Jour.* — V.422. — Pp. 912–916. — Doi: 10.1086/173783.

Kikuchi T. et al. (1998). Nonresonant direct  $p$ - and  $d$ -wave neutron capture by  $^{12}\text{C}$ . *Phys. Rev.C.* —V.57. —Pp.2724–2730. — Doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.57.2724>.

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> РУТНОН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Тоқтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> Q-МЕТРИКА ҚИСЫҚТЫҒЫНЫҢ МЕНШІКТІ МӘНДЕРІ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина*, З. Аймаганбетова, А. Бекешев</b> ЦЕЗИЙГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ҚОСАРЛАНҒАН ГАЛОИДТЫ ПЕРОВСКИТТЕРДІҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ЖАЛПЫ БӨЛІМДЕРІ ЖӘНЕ ПРОЦЕСС ҚАРҚЫМЫ $n^{12}C$ .....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНДА ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН БИДИСТИЛЬДЕНГЕН СУ НЕГІЗІНДЕГІ $TiO_2/Al_2O_3$ ГИБРИДТІ НАНОСҰЙЫҚТЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН НЕГІЗІНДЕГІ ФОТОСЕЗІМТАЛ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	63
<b>Е.Т. Кожажулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Үсіпов, К.Т. Көпбай</b> АҚПАРАТТЫҚ ЭНТРОПИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕ САНДЫҚ МОДУЛЯЦИЯНЫ АНЫҚТАУ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Бұланбаева</b> ҚАРА ҚҰРДЫМ ШЕШІМДЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Ғазизова</b> ШАҒЫН ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНЫП ШОЛУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТІ ФОТОМЕТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫНАН АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ ІЗДЕУ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Жұмаділлаева, М.О. Алтынбекова</b> ҚЫШҚЫЛ ОРТАДА ВИСМУТ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЖИЛПІ МЕН ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	116
<b>Е.Г. Гилязов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ТІКЕЛЕЙ АЙДАУДАН АЛЫНҒАН БЕНЗИННІҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРАТЫН ОКСИГЕНАТТАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ.....	127

<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> ХИМИЯ САБАҚТАРЫНДА ЭЛЕКТРОНДЫҚ БІЛІМ РЕСУРСТАРЫН, ОЙЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНЫП ОҚУШЫЛАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖИЫНТЫҚ БАҒАЛАУ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова</b> АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН ЗЕРТТЕУ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ҮЙІНДІ КЕНДЕРДЕН МЫС АЛУДЫ БИОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ ӘДІСТЕРІМЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> БЕЛСЕНДІ АГЕНТТЕРДІ ЖЕТКІЗУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ МЕН ПОЦЕНЦИАЛЫ: ШОЛУ.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурызкулова</b> NI-RU ҚҰРАМДЫ КҮРДЕЛІ ОКСИДТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КОМПОЗИТТЕР ҚҰРАМЫН ЭНЕРГОДИСПЕРСТІ СПЕКТРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ӨРТҮРЛІ СҮЙЫЛТУЛАРДАҒЫ АФС ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ ФИЗИКА- ХИМИЯЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕНДІКТІ ЗЕРТТЕУ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> ХИМИЯ ПӘНІНЕН ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕН ҚҰРАСТЫРУДЫҢ ҒЫЛЫМИ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нұркенов, Ж.С. Нұрмағанбетов, Р.Е. Бәкірова, М.Ж. Жұрынов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНДЕР ХИМИЯЛЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ СУПРАМОЛЕКУЛАЛЫҚ КОНТЕЙНЕРЛЕРІ РЕТІНДЕ.....	241

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTON.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Токтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИВИЗНЫ Q-МЕТРИКИ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина, З. Аймаганбетова, А. Бекешев</b> ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЗИЯ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ И СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО $n^{12}\text{C}$ ЗАХВАТА.....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНОЙ НАНОЖИДКОСТИ $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ НА ОСНОВЕ БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИБРИДНОМ СОЛНЕЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СОЗДАТЬ И ИССЛЕДОВАТЬ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	63
<b>Е.Т. Кожугулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Усипов, К.Т. Копбай</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Буланбаева</b> РЕШЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ И ИХ ТЕРМОДИНАМИКА.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Газизова</b> ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗДАХ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД В МОНИТОРИНГОВЫХ И ОБЗОРНЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Джумадуллаева, М.О. Алтынбекова</b> ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЛОТНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВИСМУТОВОГО ЭЛЕКТРОДА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	116
<b>Е.Г. Гиладжов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА.....	127

<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О.Абилкасова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРОДА АЛМАТЫ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ ОТВАЛЬНЫХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОКИСЛЕНИЯ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> ПРЕИМУЩЕСТВА И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ: ОБЗ ОР.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурзкулова</b> КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТАВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ NI-RU – СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ МЕТОДОМ ЭНЕРГОДИСПЕРСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ РАВНОВЕСИЙ В РАСТВОРАХ АФС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗВЕДЕНИЯХ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> НАУЧНО – ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ХИМИИ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, Ж.С. Нурмаганбетов, Р.Е. Бакирова, М.Ж. Журинов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ КАК СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	241

**CONTENTS**

**PHYSICAL**

<b>M.B. Albatyrova, A.Zh. Alibek, A.S. Zhetpisbayeva</b> MODELING PHYSICAL PHENOMENA USING PYTHON.....	7
<b>N. Beissen, H. Quevedo, S. Toktarbay, M. Zhakipova, M. Alimkulova</b> CURVATURE EIGENVALUES OF THE Q-METRIC.....	17
<b>G. Beketova, N. Zhanturina, Z. Aimaganbetova, A. Bekeshev</b> OPTICAL PROPERTIES OF DOUBLE HALIDE PEROVSKITES BASED ON CESIUM.....	31
<b>S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin</b> TOTAL CROSS-SECTIONS AND RATE OF $n^{12}\text{C}$ RADIATIVE CAPTURE.....	43
<b>A. Kassymov, A. Adylkanova, A. Bektemissov, K. Astemessova, G. Turlybekova</b> INVESTIGATION OF VISCOSITY PROPERTIES OF $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ HYBRID NANOFLUID BASED ON BIDISTILLED WATER FOR USE IN A HYBRID SOLAR COLLECTOR.....	52
<b>A.E. Kemelbekova, D.M. Mukhamedshina, K.A. Mit', R.S. Mendykanov, A.K. Shongalova</b> CREATING AND RESEARCH ON PHOTSENSITIVE STRUCTURES USING RARE EARTH METALS.....	63
<b>Y.T. Kozhagulov, D.M. Zhexebay, S.A. Sarmanbetov, N.M. Ussipov, K.T. Kopbay</b> IDENTIFICATION OF DIGITAL MODULATION BASED ON INFORMATIONAL ENTROPY.....	73
<b>Y. Myrzakulov, A. Bulanbayeva</b> A REGULAR BLACK HOLE SOLUTIONS AND THEIR THERMODYNAMICS.....	84
<b>D.M. Nassirova, V.O. Kurmangaliyeva, A.A. Gazizova</b> SOURCES OF ENERGY IN COMPACT STARS.....	95
<b>A. Serebryanskiy, A. Khalikova</b> SEARCH FOR VARIABLE STARS IN MONITORING AND SURVEY PHOTO- METRIC OBSERVATIONS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	103

**CHEMISTRY**

<b>B.S. Abzhalov, A.B. Bayeshov, A.K. Mamyrbekova, S.A. Dzhumadullayeva, M.O. Altynbekova</b> INFLUENCE OF AC FREQUENCY AND DENSITY ON THE ELECTROCHEMI- CAL BEHAVIOR OF BISMUTH ELECTRODE IN AN ACID MEDIUM.....	116
<b>Y.G. Gilazhov, D.K. Kulbatyrov, M.D. Urazgalieva, K.R. Maksot</b> EFFICIENCY OF OXYGENATES ON INCREASE OF OCTANE NUMBER OF STRAIGHT-RUN GASOLINE.....	127
<b>D. Zh. Kalimanova, A. K. Mendigaliyeva, A.B. Medetova, O.S. Sembay</b> SUMMATIVE ASSESSMENT OF STUDENTS' RESULTS IN CHEMISTRY LESSONS USING ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES, GAME	



TECHNOLOGIES.....	140
<b>L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, S.O. Abilkasova</b> STUDY OF CHEMICAL POLLUTION LEVEL IN WATER RESOURCES OF ALMATY CITY.....	152
<b>B.K. Kenzhaliev, A.K. Koizhanova, M.B. Yerdenova, D.R. Magomedov, K.M. Smailov</b> OPTIMIZATION OF COPPER EXTRACTION FROM WASTE ORES USING BIOCHEMICAL AND CHEMICAL OXIDATION METHODS.....	167
<b>G.M. Madybekova, T.T. Turebayeva, B.Zh. Mutaliev, D.M. Lesbekova, A.B. Issayeva</b> ADVANTAGES AND POTENTIAL OF USING MICROCAPSULATION METHODS FOR DELIVERY OF ACTIVE AGENTS: A REVIEW.....	183
<b>B.K. Massalimova, B. Janekova, S.M. Naurzkulova</b> QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF COMPOSITES BASED ON NI-RU-CONTAINING COMPLEX OXIDES BY ENERGY-DISPERSED SPECTROSCOPY.....	198
<b>S. Turganbay, A.I. Ilin, D. Askarova, A.B. Jumagaziyeva, Z. Ashimkhanova</b> STUDY OF PHYSICOCHEMICAL EQUILIBRIA IN API SOLUTIONS AT DIFFERENT DILUTIONS.....	209
<b>A.M. Userbayeva, R.G. Ryskaliyeva</b> SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL FOUNDATIONS OF THE PREPARATION OF AN EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX IN CHEMISTRY.....	228
<b>S.D. Fazylov, O.A. Nurkenov, Zh.S. Nurmaganbetov, R.E. Bakirova, M.J. Jurinov</b> CYCLODEXTRINS AS SUPRAMOLECULAR CONTAINERS OF CHEMICAL COMPOUNDS.....	241

## **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 work described 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 originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

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

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

**<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Подписано в печать 15.06.2024.

Формат 60x88<sup>1/8</sup>. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.