

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»!**

Б А С Р Е Д А К Т О Р :

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

Р Е Д А К Ц И Я Л Ы Қ А Л Қ А :

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 Хамдард 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 № КЗ93VPY00025418 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 Искендрович, 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 Жабгаевич, 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>

PHYSICAL SCIENCES

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 350 (2024), 7–16

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.273>

© **M.B. Albatyrova***, **A.Zh. Alibek**, **A.S. Zhetpisbayeva**, 2024

Astana IT University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: m.albatyrova@astanait.edu.kz

MODELING PHYSICAL PHENOMENA USING PYTHON

Albatyrova Merey Babaykyzy — Master in Natural Sciences, teacher of Department of Intelligent System and Cybersecurity, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

E-mail: m.albatyrova@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0002-8075-9393;

Aigerim Alibek Zhenisbekkyzy — Master in Information Security, teacher of Department of Intelligent System and Cybersecurity, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

E-mail: A.Zhenisbekkyzy@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0002-0869-9066;

Zhetpisbayeva Aliya Seilkhanovna — Master Degree Electrical Engineering, teacher of Department of Intelligent System and Cybersecurity, Astana IT University, Astana, Kazakhstan

E-mail: A.Zhetpisbayeva@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0004-9542-5817;

Abstract. The significance of this research topic lies in the need to the necessity to simulate rogue waves using information technology tools. This is especially crucial in the current trend towards finding connections between natural phenomena and programming. Rogue waves are massive in scale, appearing suddenly and significantly larger than the surrounding waves, seemingly emerging from nowhere. (Hager et al., 2024). By examining these scholarly data on waves, we can comprehend and forecast their behavior using physics and programming. Into the bargain, by altering the frequency, amplitude, and together with the parameters of the seed solutions in a programming language, we can achieve our outcomes. The immediate objective of this research project is to measure the methods for solving nonlinear differential integrable equations to model rogue waves, especially the Darboux transform (Albatyrova et al., 2023) and simulated the results in the multi-paradigm programming language Python. The Darboux transformation enables the creation of various intriguing solutions, such as soliton and rogue wave solutions, for nonlinear integrable equations. The central significance of the research is the use of programming languages for modeling nonlinear differential equations to establish a theoretical framework for experimentally manipulating three-dimensional rogue waves along with offering motivation for mitigating rogue wave disasters in marine environments in nature.

Keywords: nonlinear differential equation, rogue waves, Python, modeling, Darboux method, spin, spintronics, soliton

© М.Б. Альбатырова*, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева, 2024

Astana IT University, Астана, Қазақстан.

E-mail: m.alбатырова@astanait.edu.kz

PYTHON ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ

Альбатырова Мерей Бабайқызы — жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Зияткерлік жүйе және киберқауіпсіздік» кафедрасының оқытушысы, Астана IT Университеті, Астана, Қазақстан
E-mail: m.alбатырова@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0002-8075-9393;

Әйгерім Әлібек Жәнісбекқызы — ақпараттық қауіпсіздік магистрі, «Зияткерлік жүйе және киберқауіпсіздік» кафедрасының оқытушысы, Астана IT Университеті, Астана, Қазақстан
E-mail: A.Zhenisbekkyzy@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0002-0869-9066;

Жетписбаева Әлия Сейілханқызы — «Электротехника» мамандығы бойынша магистр, «Зияткерлік жүйелер және киберқауіпсіздік» кафедрасының оқытушысы, Астана IT Университеті, Астана, Қазақстан
E-mail: A.Zhetpisbayeva@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0004-9542-5817.

Аннотация. Зерттеу тақырыбының маңыздылығы ақпараттық технологияларды қолдана отырып, жойқын толқындарды модельдеу қажеттілігінде. Бұл әсіресе табиғи құбылыстар мен ақпараттық технологиялар арасындағы байланыстарды табудың қазіргі тенденциясында өте маңызды. Жойқын толқындар күтпеген жерден пайда болатын сияқты үлкен масштабқа ие, кенеттен пайда болады және қоршаған толқындардан едәуір үлкен. Толқындарды зерттеу арқылы біз олардың мінез-құлқын физика мен бағдарламалау арқылы түсініп, болжай аламыз. Сонымен қатар, бағдарламалық тілдегі бастапқы шарттардың жиілігін, амплитудасын және параметрлерін өзгерту арқылы біз әртүрлі нәтижелерге қол жеткіземіз. Бұл зерттеу жобасының тікелей мақсаты - осы толқындарды Дарбу әдісін қолданып, Python бағдарламалау тілінде модельдеу (Alбатырова et al., 2023). Дарбу түрлендіруі сызықтық емес интегралданатын теңдеулер үшін солитондар мен жойқын толқындар сияқты әртүрлі қызықты шешімдерді жасауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: сызықсыз дифференциалды теңдеулер, жойқын толқындар, Python, модельдеу, Дарбу әдісі, спин, спинтроника, солитон

© М.Б. Альбатырова*, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева, 2024

Astana IT University, Астана, Қазақстан.

E-mail: m.alбатырова@astanait.edu.kz

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTHON

Альбатырова Мерей Бабайқызы — магистр естественных наук, преподаватель кафедры интеллектуальных систем и кибербезопасности, Astana IT University, Астана, Қазақстан
E-mail: m.alбатырова@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0002-8075-9393;

Айгерим Алибек Женисбеккызы — магистр в области информационной безопасности, преподаватель кафедры интеллектуальных систем и кибербезопасности, Astana IT University, Астана, Казахстан

E-mail: A.Zhenisbekkyzy@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0002-0869-9066;

Жетписбаева Алия Сеилхановна — магистр электротехники, преподаватель кафедры интеллектуальных систем и кибербезопасности, Astana IT University, Астана, Казахстан

E-mail: A.Zhetpisybayeva@astanait.edu.kz; ORCID ID: 0009-0004-9542-5817.

Аннотация. Значимость данной темы исследования заключается в необходимости моделирования разрушающихся волн с использованием информационных технологий. Это особенно важно в современной тенденции нахождения связей между природными явлениями и программированием. Разрушающиеся волны имеют колоссальный масштаб, внезапно появляясь и значительно превышая по размерам окружающие волны, кажется, что они возникают из ниоткуда. Изучая волны, мы можем понять и прогнозировать их поведение, используя физику и программирование. Кроме того, изменяя частоту, амплитуду и параметры начальных условий в программном языке, мы можем получить различные результаты. Непосредственной целью данного исследовательского проекта является изучение методов решения нелинейных дифференциальных интегрируемых уравнений для моделирования этих волн, особенно метода Дарбу (Albatyrova et al., 2023), и моделирование результатов на языке программирования Python. Преобразование Дарбу позволяет создавать различные интересные решения, такие как солитоны и разрушающиеся волны для нелинейных интегрируемых уравнений. Основное значение исследования заключается в использовании языков программирования для моделирования нелинейных дифференциальных уравнений с целью создания теоретической основы для экспериментального управления трехмерными волнами, а также мотивации для предотвращения катастроф с роговыми волнами в морских условиях в природе.

Ключевые слова: нелинейное дифференциальное уравнение, разрушающиеся волны, Python, моделирование, метод Дарбу, спин, спинтроника, солитон

Introduction

The study of spins, modeling of rogue waves, spintronics, and nonlinear differential equations are interconnected through the need to solve complex nonlinear differential equations in the design and analysis of spintronic devices. This process enhances understanding and prediction of the dynamics of spins and waves within such systems, facilitating the development of new device types that operate more quickly and efficiently than traditional electronic devices. Researching and modeling the solutions to these equations helps in better comprehending their behavior.

Recently, many educational institutions have improved their theoretical and experimental physics courses through the integration of information technology. This summary describes our experience creating a course on theoretical physics using the Python programming language of choice. The main goal of this course is to prepare students to model physics problems using programming languages. In my article, I will demonstrate the use of a programming language to model nonlinear differential waves, highlighting the connection between physics and information technology.

Many reasons to choose Python were based on several significant advantages, such as its free availability, Python's syntax is clear and understandable, making it ac-

cessible even to those new to programming. Python also supports interactive plotting functions, such as those found in matplotlib. While object-oriented programming (Backer et al., 2007) is possible with Python, it is not required, meaning that the focus may be on solving physics problems with a computer rather than mastering the more complex aspects of Python. However, Python is also attractive to students with more advanced programming knowledge (Backer et al., 2007).

The paper (Gennadiy et al., 2023) investigated one notable example, where a study examining soliton dynamics in the nonlinear Schrödinger equation in Python. The time progression of the partial differential equation was calculated using a linear approach with explicit sampling of the spatial components. Object-oriented programming and silent compilation were used to speed up computing processes. The use of a specific package made it possible to conduct numerical studies of physical phenomena, where considered nonlinear Schrödinger equation

Methods and materials

The paper (Hemmen et al., 1984) explores the arrangement of all spins in ferromagnets at low temperatures. The concept of spin describes the rotation of a particle around its own axis. Quantum spin systems represent a fascinating area of physics. In these systems, spins act as nanoscale magnets and interact following the principles of quantum mechanics. Although these magnets are atomically small, the substantial rotation of electrons around their axis produces observable effects. Because spin systems serve as primary models for quantum magnetic insulators, they are applicable to various types of magnets (John et al., 2010).

Samuel Goudsmit's book chronicles his collaboration with the promising scientist George Uhlenbeck and their work with other notable scientists in discovering electron spin (Albatyrova et al., 2023). Their investigations into the Pauli exclusion principle, employing quantum numbers m_1 and m_2 , led to the revelation that elementary particles exhibit four degrees of freedom, which affirmed the presence of electron spin. This breakthrough also accounted for why the value of m is always either positive or negative one-half. Furthermore, they found that elementary particles possess intrinsic magnetic moments equal to the Bohr magneton (Li et al., 2016).

The physicist Werner Heisenberg was the first scientist to engage with the innovative ideas introduced by Uhlenbeck and Goudsmit. He applied the concept of spin to create a new approach to quantum mechanics, which later became recognized as Heisenberg's quantum mechanics (Li et al., 2016).

The swift advancement of technology in the 21st century has significantly miniaturized our devices, leading to rapid changes in their architecture. This evolution presents challenges for scientists in data storage and conservation. Traditionally, capacitors are used to store data through electron charges, but as these charges begin to diminish, an alternative is sought. In this scenario, scientists opt to utilize the spin of elementary particles to transmit information, taking advantage of the particles' inherent property of coherence for quicker data transfer. Yet, as storage units shrink, electron leakage occurs, resulting in data loss. Additionally, transmitting information via spin over long distances poses a challenge. To overcome these issues, researchers are increasingly turning to spintronics as a viable solution (Li et al., 2016).

Spintronics represents an innovative area within technology. This field focuses on studying electron spins, which can function both as information transmitters and data

carriers. Leveraging these characteristics of elementary particles, it is feasible to accelerate the transfer of information (Li et al., 2016).

In spintronics, electron spins are also utilized. This involves considering the rotational properties of electrons. Specifically, “spin up” is visualized as having the north pole at the top, while “spin down” represents the reverse orientation (Albatyrova et al., 2023).

Researchers have developed a novel method for data storage by substituting capacitors with a device composed of two ferromagnetic layers separated by an insulator. In the arrangement, the domains within the first ferromagnetic layer align their vectors uniformly when influenced by the presence of the insulator in the second layer. Electrons are allowed to pass only when both ferromagnetic layers are aligned in the same direction, which represents a ‘one’. If the alignments differ, it represents a ‘zero’. This type of insulator, known as a topological insulator, is set apart from other materials by its ability to induce a directed movement of electron spins on its surface. This spin characteristic is then utilized to facilitate information transfer.

The technique mentioned in (Albatyrova et al., 2023) can be applied to depict dynamic systems and provide an introduction to Lax pairs. From the research documented by (Myrzakulov et al., 2016), it is understood that the Kuralay IIA Equation is formulated as follows:

$$S_t - \lambda S S_t - u S_x = 0, \quad (1)$$

$$u_x - \frac{1}{2}(S_t^2)_t = 0, \quad (2)$$

where $\mathbf{S} = (S_1, S_2, S_3)$ represents a spin vector, which has a length of $|\mathbf{S}| = 1$. The Lax pair for our model is presented as follows (Myrzakulov et al., 2022; Myrzakulov et al., 2016; Myrzakulov et al., 2022; Nugmanova et al., 2022)

$$\psi_x = Y\psi, \quad (3)$$

$$\psi_t = N\psi, \quad (4)$$

in which

$$Y = -i\lambda S, \quad (5)$$

$$N = \frac{2\lambda}{1 - 2\lambda} P, \quad (6)$$

where P we can identify as

$$P = 0.25([S, S_t] + 2idS), \quad (7)$$

in this context, d denotes a scalar potential. Also, the spin vector is expressed in matrix format

$$S = \begin{pmatrix} S_3 & S^- \\ S^+ & -S_3 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$S^\pm = S_1 \pm iS_2,$$

We examined the Darboux method, which is a convenient technique for generating fresh solutions to nonlinear integrable equations. As described in (Albatyrova et al., 2023), the Darboux transformation offers an entirely algebraic approach that allows for successive continuation (Baoqun et al., 1998).

However, the Darboux transformation method, used for solving certain nonlinear evolution equations, is comparatively simpler and more elementary, although it can still provide soliton solutions.

Soliton equations play a crucial role in various fields like nonlinear optics, deep water wave theory, and plasma physics. Many methods exist to derive exact solutions for these equations, including the backscattering method, bilinear method, Darboux transform method, and algebraic geometry method. Numerous intriguing exact solutions have been discovered, including the well-known pure soliton solution, finite band potential solution, and pole expansion solution. Among these approaches, the Darboux transformation has garnered increasing attention and has seen rapid development in theoretical studies of soliton and polarizable systems. As detailed in References (Myrzakulov et al., 2022; Nugmanova et al., 2022; Xinhui et al., 2023), the Darboux transformation offers a wholly algebraic and potent means of obtaining new solutions to nonlinear problems from existing ones (Chuanzhong et al., 2012).

The Darboux transformation is a robust algebraic technique frequently utilized to generate new solutions for nonlinear differential equations based on pre-existing ones. It proves especially useful in soliton theory for equations like the Korteweg-de Vries and nonlinear Schrödinger equations. An essential aspect of the Darboux transformation is its capability to form new soliton hierarchies and investigate their bi-Hamiltonian structures. These features are crucial for analyzing the integrability and solutions of such equations (Chuanzhong et al., 2012). Recently, the Darboux transformation has been used to obtain rogue wave solutions for the equations (Jieming et al., 2013).

The Darboux transformation is highly effective in deriving various solutions for the equations, which are beneficial in elucidating phenomena in nonlinear optics (Herbst et al., 2013).

In the article (Albatyrova et al., 2023), we achieved first fold Darboux transformation for the analyzed spin system. We will use the components of the spin matrix following expressions:

$$S^{+'} = S^+ + i \left(\frac{(\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1}) \psi_1^* \psi_2}{\Delta} \right)_x, \quad (10)$$

$$S^{-'} = S^- - i \left(\frac{(\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1}) \psi_1 \psi_2^*}{\Delta} \right)_x, \quad (11)$$

$$S'_{3} = S_{3} - i \left(\frac{(\lambda_1^{-1} |\psi_1| - \lambda_2^{-1} |\psi_2|)}{\Delta} \right)_x \quad (12)$$

we can recognize the unknown value as $\Delta = |\psi_1| + |\psi_2|$. With this information, we are now prepared to develop different types of rogue wave solutions using these values.

The next step is finding new rogue wave solutions for our model. To discover the exact solution, we select a solution to the linear spectral problem, denoted as $\psi = (\psi_1, \psi_2)^T$ in which

$$\psi_i = e^{i\theta_i}, \quad (13)$$

where

$$\psi_1 = e^{i\theta_1}, \quad (14)$$

$$\psi_2 = e^{i\theta_2}, \quad (15)$$

where θ is a parameter that influences the form and dynamics of the waves. We

will consider this parameter, with n, q, Δ variable parameters, as

$$\theta_1 = nx - qt - \Delta, \quad (16)$$

$$\theta_1 = -(nx - qt - \Delta), \quad (17)$$

According to the article (Mackenziey et al., 2019; Gilson et al., 2003), enhancing the parameter that multiplies the nonlinear term in the nonlinear Schrödinger equation, while keeping the initial condition $u(x, 0) = \text{sech}$ constant, results in bound states with progressively more solitons. This leads to much sharper spatial and temporal gradients, posing a tougher challenge for numerical methods than previously encountered, so we will take our seed solution by using expressions (13)-(17) in this form

$$S^+ = g \text{sech}(d(nx - lt + \phi)) \tanh(d(nx - lt + \phi)) e^{i(nx - qt - \Delta)}, \quad (18)$$

$$S^- = g \text{sech}(d(nx - lt + \phi)) \tanh(d(nx - lt + \phi)) e^{-i(nx - qt - \Delta)}, \quad (19)$$

where the sech function describes the soliton with a hyperbolic secant curve, known for its stability in form during propagation and interactions. The new outcomes by using expressions (10)-(12) obtained are presented as follows:

$$S^{+'} = g \text{sech}(d(nx - lt + \phi)) \tanh(d(nx - lt + \phi)) e^{i(nx - qt - \Delta)} + (\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1}) n e^{-2i(nx - qt - \Delta)}, \quad (20)$$

$$S^{-'} = g \text{sech}(d(nx - lt + \phi)) \tanh(d(nx - lt + \phi)) e^{-i(nx - qt - \Delta)} + (\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1}) n e^{2i(nx - qt - \Delta)}. \quad (21)$$

The wave's oscillatory characteristics are captured by an exponential term with a complex exponent. The Python code for this simulation will be presented, along with the corresponding results (Figures 1-2) for the expression (20)-(21). For the second rogue waves solutions (Gilson et al., 2003), we considered the next expressions

$$\psi_1 = e^{i\gamma_1}, \quad (22)$$

$$\psi_2 = e^{i\gamma_2}, \quad (23)$$

where θ is a parameter that influences the form and dynamics of the waves. We will consider this parameter, with n, q, Δ variable parameters, as

$$\gamma_1 = x^4 + t^4, \quad (24)$$

$$\gamma_2 = -(x^4 + t^4), \quad (25)$$

Expressions for the seed solutions

$$S^+ = \frac{m(j + lm^4 + rm^8)}{1 + qm^2}, \quad (26)$$

$$S^- = \frac{m(j - lm^4 + rm^8)}{1 + qm^2}, \quad (27)$$

here our new rogue wave expressions in the form of (28)-(29)

$$S^{+'} = \frac{m(j + lm^4 + rm^8)}{1 + qm^2} + \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) x e^{i(x^4 + t^4)}, \quad (28)$$

$$S^{-'} = \frac{m(j - lm^4 + rm^8)}{1 + qm^2} + \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) x e^{-i(x^4 + t^4)}, \quad (29)$$

Results and discussion

As a result, through the application of traditional techniques for resolving non-linear integrable equations, new solutions for rogue waves were derived using the Python

programming language. This process allowed for the observation of three-dimensional visualization. We get 3D model (Figures 3–4) for the equations (28)–(29).

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
# Constants
g = 1.0, d = 1.0, l = 1.0, phi = 0.0, delta = 0.0, lambda_1 = 2.0, lambda_2 = 3.0,
m = 1.0, q = 0.0
# Define n and t ranges
n = np.linspace(-10, 10, 400)
t = np.linspace(0, 10, 400)
n, t = np.meshgrid(n, t)
# Compute the values
x = d * (n - l * t + phi)
term1 = g * (1 / np.cosh(x)) * np.tanh(x) * np.exp(1j * (n - q * t - delta))
term2 = (1/lambda_1 - 1/lambda_2) * m * np.exp(-2j * (n - q * t - delta))
S = term1 + term2
# Plotting
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
ax.plot_surface(n, t, np.real(S), cmap='viridis') # Change np.real to np.imag or np.abs
for different properties
ax.set_title('Rogue wave with 1 solution')
ax.set_xlabel('n')
ax.set_ylabel('t')
ax.set_zlabel('(S+)')
plt.show()

```

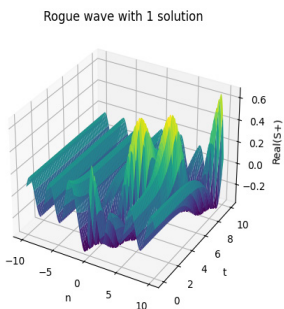


Figure 1. A visual representation of the new soliton solution

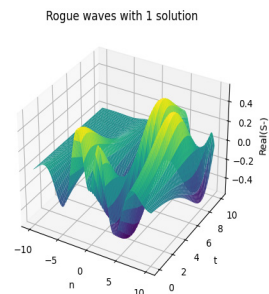


Figure 2. A visual representation of the new solution

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
# Constants m = 1.0, j = 1.0, l = 1.0, r = 0.1, q = 1.0, lambda_1 = 2.0, lambda_2 = 3.0
# Define x and t ranges

```

```

x = np.linspace(-0.5, 2.5, 400)
t = np.linspace(-0.5, 2.5, 400)
x, t = np.meshgrid(x, t)
# First term calculation
first_term = m * (j + 1 * m**4 + r * m**8) / (1 + q * m**2)
# Second term calculation (complex exponential)
coefficient = (1 / lambda_1 - 1 / lambda_2)
second_term = coefficient * x * np.exp(1j * (x**4 + t**4))
# S' expression
S = first_term + second_term
# Plotting
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
ax.plot_surface(x, t, np.real(S), cmap='viridis')
ax.set_title('Real Part of S+')
ax.set_xlabel('x')
ax.set_ylabel('t')
ax.set_zlabel('Real(S+)')
plt.show()

```

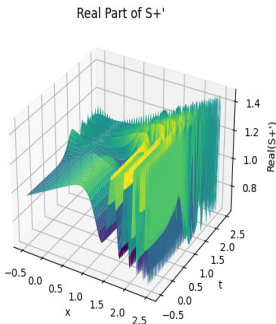


Figure 3. Simulation of the

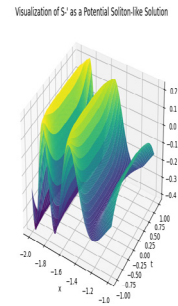


Figure 4. Simulation of the

This article delves into the computational modeling of physical phenomena utilizing the Python programming language. The investigation culminates in an examination of rogue waves as nonlinear differential equations. These waves are described by the nonlinear differential equation. Through the application of the Darboux method for solving the model, we obtained new solutions with new root equations

Conclusion

In conclusion, this research has demonstrated the importance of employing information technology tools to simulate rogue waves, aligning with the current trend of integrating natural phenomena with programming. We obtained the subsequent findings: (1) Novel seed solutions equations were employed for resolving our model (1)–(2), (2) Python was utilized for the emulation of a physical phenomenon, specifically rogue waves.

Through the manipulation of frequency, amplitude, and other parameters within a programming framework, significant outcomes can be achieved. This study has fo-

cused on employing the Darboux transform, a method for solving nonlinear differential integrable equations, to model rogue waves with Python. Using programming languages for such modeling not only establishes a theoretical foundation but also offers insights into mitigating rogue wave disasters in marine environments. By understanding and manipulating three-dimensional rogue waves, this research contributes to enhancing safety measures and minimizing the impact of rogue wave incidents in nature.

REFERENCES

- Albatyrova M.B., Sagidullayeva Zh.M. (2023). Rogue wave and soliton solution for the nonlinear integrable spin model. — Reports of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. — ISSN 2224-522. — 2. — 346. — Pp. 19–26. — UDC 530.182. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.206>. (in ENG).
- Backer A. (2007). Computational Physics Education with Python. *Computing in Science & Engineering*. — 9 (3). — 30–33. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.48> (in ENG).
- Baoqun L.U., Yong He., Guangjiong Ni. (1998). A Method for Obtaining Darboux Transformations. *Journal of Nonlinear Mathematical Physics*. — 5(2). — 140–148. <https://doi.org/10.2991/jnmp.1998.5.2.5>. (in ENG).
- Chuanzhong L.Iy., Jingsong He. (2012). Darboux transformation and positons of the Inhomogeneous Hirota and The Maxwell-bloch equation. arXiv: Exactly Solvable and Integrable System. — <https://doi.org/10.48550/arXiv.1210.2501>. (in ENG).
- Hager J. (2024, April 24). Primary cause for the formation of rogue waves found. *Polar Journal AG*. — <https://polar-journal.ch/en/2024/04/18/primary-cause-for-the-formation-of-rogue-waves-found/>. (in ENG).
- Hemmen J.L., Brito A.A.S., Wreszinski W.F. (1984). Spin Waves in Quantum Ferromagnet. *Journal of Statistical Physics*. — 37(1):187–213. — <http://dx.doi.org/10.1007/BF01012911>. (in ENG).
- Herbst B.M., Morris J.L.I., Mitchell A.R. (1985). Numerical experience with the nonlinear Schrödinger equation. *Solitons and Nonlinear Wave Equations*. — 60(2). — 282–305. [https://doi.org/10.1016/0021-9991\(85\)90008-7](https://doi.org/10.1016/0021-9991(85)90008-7). (in ENG).
- Gennadiy B. Yessica Y. Calderon-Segura (2023), Application of Python 3.9 framework to investigate the dynamics of vortex-solitons. *Programación Matemática y Software*. — 15(1): 1–8. — ISSN: 2007–3283. <https://doi.org/10.30973/progmat/2023.15.1/1>. (in ENG).
- Gilson C.J., Hietarinta J. Nimmo Y. Ohta. (2003). The Sasa-Satsuma higher order nonlinear Schrodinger equation and its bilinearization and multi-soliton solutions. — *Exactly Solvable and Integrable Systems*. — <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.68.016614>. (in ENG).
- John, B.P., Damian, J.J.F. (2010) *An Introduction to Quantum Spin System*. Lect. Notes Phys. 816. Berlin: Springer, Berlin Heidelberg, 11 p. ISBN: 1-280-38212-0. (in ENG).
- Jieming Yang, chuanzhong li, tiantian li, zhaoneng cheng (2013). Darboux Transformation and Solutions of the two-component Hirota-Maxwell-Bloch system. arXiv: Exactly Solvable and Integrable Systems. — <https://doi.org/10.1088/0256-307X/30/10/104201>. (in ENG).
- Li, X., Yang, J. (2016) First-principles design of spintronics materials // *National Science Review*. — Oxford: Oxford University Press. — №3. — Pp. 365–381. <http://dx.doi.org/10.1093/nsr/nww026>. (in ENG).
- Myrzakulov R., Nugmanova G., Sagidullayeva Zh., Serikbayev N., Yesmakhanova K., and Yerzhanov K. (2022). Integrable generalized Heisenberg ferromagnet equations in 1+1 dimensions: reductions and gauge equivalence, arXiv: Exactly Solvable and Integrable Systems. — <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2205.02073>. (in ENG).
- Myrzakulov R., Nugmanova G., Yesmakhanova K., Yersultanova Z.S., Zhassybayeva M. (2016). Darboux Transformation and Exact Solutions of the Integrable Heisenberg Ferromagnetic Equation with Self-Consistent Potentials. — *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics* 5. — 13(01). — <http://dx.doi.org/10.1142/s0219887815501340>. (in ENG).
- Myrzakulov R., Nugmanova, G., Sagidullayeva, Zh.M., Yesmakhanova, K. (2022). Soliton solutions of the Kuralay equation via Hirota bilinear method. *Symmetry*. — 14(7). — 1374. <http://dx.doi.org/10.3390/sym14071374>. (in ENG).
- Mackenziey J.A., Mekwi W.R. (2019). An hr-Adaptive Method for the Cubic Nonlinear Schrodinger Equation. *Numerical Analysis*. — <https://doi.org/10.48550/arXiv.1907.02472>. (in ENG).
- Nugmanova G.N., Sagidullayeva Zh.M., Serikbayev N.S., Myrzakulov R. (2022) Integrable Kuralay equations: geometry, solutions and Generalizations, *Symmetry*. — 14(7). — 1374. — 1–16. <http://dx.doi.org/10.3390/sym14071374>. (in ENG).
- Xinhui Wu., Jiawei Hu., Ning Zhang (2023). Solution of High-Order Nonlinear Integrable Systems Using Darboux Transformation. *Axioms*. — 12(11). — 1032. <https://doi.org/10.3390/axioms12111032>. (in ENG).

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

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

ХИМИЯ

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

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

ХИМИЯ

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

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

CONTENTS

PHYSICAL

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

CHEMISTRY

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

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

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

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

Подписано в печать 15.06.2024.

Формат 60x88^{1/8}. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.