

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№4
2025**

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

2025 • 4



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV 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) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (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 № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

Бас редактор:

ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нүрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Россин Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корей Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Қуанғай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

Бүркітбаев Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арпан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № **KZ93VPY00121157** Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИБЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Куантай Авгазиевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство № **KZ93VPY00121157** о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **05.06.2025**Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

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

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

CONTENTS

PHYSICS

U.A. Ualikhanova, Y.Y. Kurban, A.M. Syzdykova, A.B. Altaibayeva, G.S. Altayeva
Dynamical systems analysis of the Starobinsky cosmological model.....11

M.B. Zhassybayeva, Z. Myrzakulova, M. Abeuova
Darboux transformation for the two-layer M-LXXII equation.....24

G.K. Beketova, N.N. Zhanturina, Z.K. Aimaganbetova
Cs₂AgBiBr₆ double halide perovskites as advanced materials for high-efficiency solar cells.....38

L.I. Shestakova, R.R. Spassyyuk
Spectral studies of the k–f corona interface at 5000–6000 Å.....52

A.Khazhidinova, A. Khazhidinov
On the issue of fuel consumption of a thermal power plant.....66

T.B. Koshtybayev, K.K. Zhantleuov, M.E. Aliyeva
Greens function in the theory of quantum fluids.....77

A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S. Sittykova, D. Kadyrova
Analysis of lunar impact flashes statistics.....91

G.T. Omarova, Zh.T. Omarova
The Lagrange - Jacobi equation and its application to the N - body problem.....105

Zh. Muratkhan, M. Khassanov
Methods for estimation of stellar wind parameters in high-mass X-ray binary systems with neutron stars.....113

V. Mukamedenkyzy, A. Izbasar, A. Aqikat
Investigation of structured flows induced by concentration-driven convection in ternary gases systems.....127

K. Saurova, S. Nysanbaeva, G. Turlybekova
Modeling of the optical system of a star tracker for accurate spacecraft attitude determination.....140

CHEMISTRY

- B.S. Serikbayeva, M.S. Satayev, N.K. Sarypbekova**
Study of the electroplating process on polypropylene using a conductive layer.....157
- A.P. Auyeshov, Ch.Z. Yeskibayeva, A.K. Dikanbayeva**
Resource-efficient utilization of serpentinite waste for magnesium sulfate production.....172
- A.K. Kozybaev, Zh.D. Alimkulova, S.O. Abilkasova**
Kinetic and thermodynamic studies of heavy metal adsorption onto water-washed Ca-montmorillonite clay.....184
- A.Abdрахmanova, V. Krivchenko, A. Sabitova1, B. Kuderina**
DOL-enhanced electrolytes as a route to stable anodes in Li–V₂O₅ systems.....196
- B.K. Massalimova, A.S. Shayakhmetova, A.S.Darmenbayeva**
Water resources of Northern Kazakhstan: environmental monitoring and sustainable anagement.....208
- A. Rakhimov, N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova, A.K. Sviderskiy**
Investigation of lead slag processing waste as raw material for cement industry.....227
- L.M. Kalimoldina, K.Zh. Zhalgasbayev, A.S. Dauletbayev**
Comparative study of industrial wastewater treatment methods.....241
- A. Nurlan, S.R. Konuspayev, T.S. Abildin, K. Toshtay**
Transformations of hydrocarbons during the hydrogenation of gasoline containing benzene.....256
- G.J. Baisalova, B.K. Yertay, A.A. Taltenov, P. Kuzhatova, G. Saspugayeva**
A quantitative determination of the phenol compounds sum in the thallus of *Parmelia sulcata*.....274
- B.E. Myrzabekov, A.B. Makhanbetov, T.E. Gaipov, B.S. Abzhalov, N.N. Nurgaliyev**
Electrochemical reduction of manganese (II) ions on titanium and lead electrodes.....286
- A.S. Darmenbayeva, G.M. Zhussipnazarova, R. Reshmy, Zh.B. Mukazhanova, V.A. Rube**
Biocoatings based on flax stem cellulose and their properties.....298

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Құрбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Старобинскийдің космологиялық моделін динамикалық жүйелер арқылы талдау.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзақұлова, М. Абеуова Қос қабатты M-LXXII теңдеуі үшін дарбу түрлендіруі.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймағанбетова Cs ₂ AgBiBr ₆ қос галоидты перовскиттер: күн батареяларына арналған тиімділігі жоғары жаңа озық материалдары.....	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк 5000–6000 Å диапазонында k- және f-короналар арасындағы өтпелі аймақты спектрлік зерттеу.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов Жылу электр станциясының отын тұтыну мәселесі.....	66
Т.Б. Қоштыбаев, К.Қ. Жантлеуов, М.Е. Алиева Кванттық сұйықтар теориясындағы Грин функциялары.....	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Айдың беткі қабатына метеоридтардың соқтығысуын статистикалық тұрғыдазерттеу.....	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Лагранж – Якоби тундеуі және оны N -денелі есепке қолдану.....	105
Ж. Мұратхан, М. Хасанов Нейтрон жұлдыздары бар массивті рентгендік екілік жүйелердегі жұлдыздық жел параметрлерін бағалау әдістері.....	113
В. Мукамеденқызы, А. Избасар, А. Ақиқат Үшкомпонентті газ жүйелеріндегі концентрациялық конвекцияның әсерінен құрылымдық ағындардың пайда болуын зерттеу.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Ғарыш аппараттарының ориентациясын нақты анықтау үшін жұлдыз сенсорының оптикалық жүйесін модельдеу.....	140

ХИМИЯ

Б.С. Серикбаева, М.С. Сагаев, Н.К. Сарыпбекова

Электрөткізгіш қабатты қолданып, полипропиленге гальваникалық қаптама алу процесін зерттеу.....157

А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева

Серпентинит қалдығынан магний сульфатын алудың техникалық-экономикалық зерттеуі.....172

А.К. Қозыбаев, Ж.Д. Әлімқұлова, С.О. Әбілқасова

Сумен жуылған са-монтмориллонит сазында ауыр металдардың сорбциясының кинетикасы мен термодинамикасы.....184

А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. КудеринаLi–V₂O₅ жүйесіндегі тұрақты анодтарға қол жеткізуге арналған DOL-мен модификацияланған электролиттер.....196**Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**

Солтүстік Қазақстанның су ресурстары: экологиялық мониторинг және ұтымды басқару.....208

А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свидерский

Цемент өнеркәсібі үшін шикізат ретінде қорғасын қожын өңдеу қалдықтарын зерттеу.....227

Л.М. Калимолдина, Қ.Ж. Жалғасбаев, А.С. Даулетбаев

Өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартудың әдістерін салыстырмалы түрде зерттеу.....241

Ә. Нұрлан, С.Р. Конуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай

Құрамында бензол бар бензинді гидрлеу кезінде көмірсутектердің өзгеруі.....256

Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. Саспугаева*PARMELIA SULCATA* талломындағы фенолды қосылыстардың жиынтық мөлшерін сандық анықтау.....274**Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гаипов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нұрғалиев**

Марганец (II) ионының титан және қорғасын электродында электрохимиялық тотықсыздануы.....286

А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе

Зығыр сабағынан алынған целлюлоза негізіндегі биожабындар және олардың қасиеттері.....298



СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Курбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Анализ космологической модели старобинского с помощью динамических систем.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзакулова, М. Абеуова Преобразование Дарбу для двухслойного уравнения M-LXXII.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймаганбетова Cs ₂ AgBiBr ₆ : двойные галоидные перовскиты как передовые материалы для высокоэффективных солнечных элементов	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк Спектральные исследования области перехода между К и F короной в диапазоне 5000–6000Å.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов К вопросу о расходе топлива на тепловой электростанции.....	66
Т.Б. Коштыбаев, К.К. Жантлеуов, М.Е. Алиева Функции Грина в теории квантовых жидкостей	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Исследование статистики ударов метеороидов о поверхность луны	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Уравнение Лагранжа – Якоби и его применение к задаче N -тел.....	105
Ж. Муратхан, М. Хасанов Методы оценки параметров звездного ветра в массивных двойных рентгеновских системах с нейтронными звездами.....	113
В. Мукамеденкызы, А. Избасар, А. Акикат Исследование возникновения структурированных течений, обусловленных концентрационной конвекцией в трёхкомпонентных газовых системах.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Моделирование оптической системы звёздного датчика для точного определения ориентации космических аппаратов.....	140

ХИМИЯ

Б.С. Серикбаева, М.С. Сагаев, Н.К. Сарыпбекова

Исследование процесса гальванопокрытия на полипропилене с использованием электропроводного слоя.....157

А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева

Технико-экономическое исследование получения сульфата магния из серпентинитового отхода.....172

А.К. Козыбаев, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова

Кинетика и термодинамика сорбции тяжелых металлов на промытой водой кальциево-монтмориллонитовой глине.....184

А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. КудеринаDOL – модифицированные электролиты как путь к стабильным анодам в системах $Li-V_2O_5$196**Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**

Водные ресурсы Северного Казахстана: экологический мониторинг и устойчивое управление.....208

А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свидерский

Исследование отходов переработки свинцового шлака в качестве сырья для цементной промышленности.....227

Л.М. Калимолдина, К.Ж. Жалгасбаев, А.С. Дәулетбаев

Сравнительное исследование методов очистки промышленных сточных вод.....241

А. Нурлан, С.Р. Конуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай

Превращения углеводов при гидрировании бензина, содержащего бензол.....256

Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. СаспугаеваКоличественное определение суммы фенольных соединений в талломе *PARMELIA SULCATA*.....274**Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гайпов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нургалиев**

Электрохимическое восстановление ионов марганца (II) на титановом и свинцовом электродах.....286

А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе

Биопокрытия на основе целлюлозы из стебля льна и их свойства.....298



ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 4.
Number 356 (2025), 105–112

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.387>

UDC 521.1

©G.T. Omarova*, Zh.T. Omarova, 2025.

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan.

Email: gulnara.omarova@fai.kz

THE LAGRANGE – JACOBI EQUATION AND ITS APPLICATION TO THE N - BODY PROBLEM

Omarova Gulnara — PhD in Physics and Mathematics, Senior Scientific Researcher, Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: Gulnara.omarova@fai.kz; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4782-8545>;

Omarova Zhuldiz — Engineer, Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan, DAAD Fellowship in Max Plank Institute, Heidelberg, Germany,

E-mail: zhuldizomarova77@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4825-0178>.

Abstract. The Lagrange–Jacobi Equation plays a very important role in astronomy and astrophysics in study of the long-term behavior of astrophysical objects. This work presents an application of the Lagrange-Jacobi Equation for celestial mechanics and dynamics of large-scale structures of Universe. In this paper we consider a non-stationary N -body Problem, as a model which is describing the dynamics of large-scale gravitational systems. The classical solution of this problem assumes that the gravitational constant is a constant. However, several cosmological models allowed for the possibility of changing over time of the gravitational constant, which leads to a significant complication of the problem. The main aim of the present work is to demonstrate that the Lagrange – Jacobi equation can be used for the qualitative analysis of the N - body problem that helps to understand the variety of the astrophysical populations. Using the Lagrange–Jacobi Equation, with the help of the method of integration of the differential equation, we obtained an energy quasi-integral that is conserved during the slow evolution of the gravitational constant. In result, we demonstrated a possible analytical approach for the ability to understand some new dynamical aspects of the N - body Problem with a variable gravitational constant on the basis of the Lagrange-Jacobi Equation, what is important for understanding the global evolution of the astrophysical environment.

Keywords: Lagrange-Jacobi Equation, N-body Problem, Gravitational constant, Quasi - Integral

Funding. *The work is carried out within the framework of the Project No. BR24992759 Development of the concept for the first Kazakhstani orbital lunar telescope - Phase I", financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan).*

©Г.Т. Омарова*, Ж.Т. Омарова, 2025.

В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail gulnara.omarova@fai.kz

ЛАГРАНЖ – ЯКОБИ ТЕНДЕУІ ЖӘНЕ ОНЫ N -ДЕНЕЛІ ЕСЕПKE ҚОЛДАНУ

Омарова Гулнара Төкеқызы — PhD (Физика және Математика), аға ғылыми қызметкер, Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: Gulnara.omarova@fai.kz; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4782-8545>;

Омарова Жұлдыз Төкенқызы — Инженер, Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан, Max Plank Институтының DAAD Стипендиаты, Гейделберг, Германия,

E-mail: zhuldzyomarova77@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4825-0178>.

Аннотация. Лагранж-Якоби теңдеуі астрономия мен астрофизикада астрофизикалық нысандардың ұзақ мерзімді мінез-құлқын зерттеуде шешуші рөл атқарады. Бұл мақалада Лагранж-Якоби теңдеуінің аспан механикасына және Әлемдегі ірі масштабты құрылымдардың динамикасына қолданылуы ұсынылған. Бұл мақалада біз N - денелер уақытқа тәуелді мәселесін ірі масштабты гравитациялық жүйелердің динамикасын сипаттайтын модель ретінде қарастырамыз. Бұл мәселенің классикалық шешімі гравитациялық тұрақтының тұрақты екенін болжайды. Дегенмен, бірқатар космологиялық модельдер гравитациялық тұрақтының уақыт өте келе өзгеруі мүмкіндігін қарастырады, бұл мәселені айтарлықтай қиындатады. Бұл мақаланың негізгі мақсаты – Лагранж-Якоби теңдеуін N - денелер мәселесін сапалы талдау үшін пайдалануға болатынын көрсету, бұл астрофизикалық популяциялардың әртүрлілігін түсінуге көмектеседі. Лагранж-Якоби теңдеуін және дифференциалдық теңдеуді интеграциялау әдісін қолдана отырып, біз гравитациялық тұрақтының баяу эволюциясы кезінде сақталатын энергияның квази-интегралын алдық. Нәтижесінде, біз мәселенің кейбір жаңа динамикалық аспектілерін – астрофизикалық ортаның жаһандық эволюциясын түсіну үшін маңызды Лагранж-Якоби теңдеуіне негізделген айналымы гравитациялық тұрақтысы бар денелерді түсінуге аналитикалық тәсілді көрсеттік.

Түйін сөздер: Лагранж-Якоби теңдеуі, N - денелер мәселесі, гравитациялық тұрақты, квази-интеграл

©Г.Т. Омарова*, Ж.Т. Омарова, 2025.

Астрофизический институт им. В.Г.Фесенкова, Алматы, Казахстан.

E-mail gulnara.omarova@fai.kz

УРАВНЕНИЕ ЛАГРАНЖА – ЯКОБИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ЗАДАЧЕ N -ТЕЛ

Омарова Гульнара Туkenовна — PhD (кандидат физико-математических наук), старший научный сотрудник, Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан,
E-mail: Gulnara.omarova@fai.kz; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4782-8545>;

Омарова Жулдыз Туkenовна — Инженер, Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан, DAAD Стипендиат в Институте Max Planck, Гейдельберг, Германия,
E-mail: zhuldyzomarova77@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4825-0178>.

Аннотация. Уравнение Лагранжа–Якоби играет важную роль в астрономии и астрофизике, поскольку используется для анализа долгопериодического поведения гравитационных систем. В данной работе рассматривается применение уравнения Лагранжа–Якоби к небесной механике и динамике крупномасштабных структур Вселенной. Особое внимание уделено нестационарной задаче N-тел с переменной гравитационной постоянной. Классическая формулировка задачи N-тел предполагает неизменность гравитационной постоянной, однако ряд космологических моделей допускают её медленную эволюцию во времени, что приводит к усложнению динамических уравнений. Целью работы является демонстрация возможностей применения уравнения Лагранжа–Якоби для качественного анализа таких систем. Используя уравнение Лагранжа–Якоби и методы интегрирования дифференциальных уравнений, получен квазиинтеграл энергии, сохраняющийся при медленном изменении гравитационной постоянной. Показано, что данный подход позволяет выявить новые динамические особенности задачи N-тел с переменной гравитационной постоянной, что важно для понимания глобальной эволюции астрофизических систем.

Ключевые слова: уравнение Лагранжа-Якоби, задача N - тел, гравитационная постоянная, квази-интеграл

Introduction. The N - body problem, a cornerstone of classical celestial mechanics and astrophysics, in its most straightforward form, assumes that the gravitational force between bodies is governed by a constant gravitational constant G , as it is prescribed by Newton's law of gravitation (Duboshin, 1963). However, a fundamental constant of gravity, may not be constant over time and this assumption is quite reasonable in the context of modern astrophysics and cosmology.

For example, for the Near-field cosmology that explores the structure, dynamics, and evolution of the Universe on relatively small scales within the redshifts $z < 0.1$, for which some advanced tools are performed in this domain providing detailed examinations of the density field, the local matter power spectrum, and proofs of cosmological models

and alternative theories of gravity (Binney J. et al, 2008; Kilinch, 2004; Courtois H. et al, 2025; Piedipalumbo E. et al. 2012).

The gravitational constant G being fundamentally constant parameter, in several cosmological models, can vary with time. In particular, we should remind Jordan's work on N - body Problem (Jordan, 1967), in Universe with weakening gravity and Dirac's concept of a time - dependent gravitational constant (Dirac, 1972).

In this paper we show, that one of the crucial analytical tools for the analysis of such many bodies systems is the Lagrange-Jacobi Equation. This equation relating dynamical variables with energy of the system, opens perspective to describe its evolution. In context of the N - body with variable gravitational constant, the Lagrange-Jacobi Equation provides qualitative approach for study of its dynamical properties (Omarov, 1975).

The Lagrange—Jacobi equation thus forms the basis for the theoretical analysis of the global evolution of many bodies in the astrophysical environment.

Research materials and method. We consider the N - body problem

$$m \frac{d^2 \vec{r}_i}{dt^2} = -\text{grad}_{\vec{r}_i} W, \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

$$W = -G(t) \sum_{i \neq j} \frac{m_i m_j}{r_j} \quad (2)$$

where W is a potential energy of the system, $G(t)$ — is the gravitational constant as a varying function of time t .

Multiplying Eq. (1) by $d\vec{r}_i/dt$ scalarly and making summation over i , we obtain

$$\sum_i m_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} \frac{d^2 \vec{r}_i}{dt^2} = - \left(\frac{dW}{dt} - \frac{\partial W}{\partial t} \right) \quad (3)$$

which can be written as

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} \sum_i m_i \left(\frac{d\vec{r}_i}{dt} \right)^2 + W \right] = \frac{\dot{G}}{G} W \quad (4)$$

or

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\dot{G}}{G} W, \quad (5)$$

where h is the total energy of the system, namely

or

$$h + \frac{1}{2G_0^2} \int_{t_0}^t G \cdot \dot{G} \frac{d^2 J}{dt^2} dt = \frac{G^2}{G_0^2} h_0 \quad (11)$$

where G_0 and h_0 are the values of G and h in some initial epoch t_0 .

If in Universe with variable gravitational constant the N - body system is evolving so slowly that the virial theorem is applicable to its each instant state and therefore

$$\frac{d^2 J}{dt^2} = 0 \quad (12)$$

Then the magnitude of h is evolving in accordance with the law:

$$h = \frac{G^2}{G_0^2} h_0 \quad (13)$$

It is important to note as well, that under

$$G \cdot \dot{G} = \text{const} \quad (14)$$

the above quasi- integral (11) becomes the following first integral of the gravitating system (1):

$$h - G \cdot \dot{G} \sum_i \vec{r}_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} = \frac{G^2}{G_0^2} h_0 + G \cdot \dot{G} \left(\sum_i \vec{r}_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} \right)_0. \quad (15)$$

The main result of the present work is to demonstrate LJE another one application and in some way this stands for a straightforward extension of our earlier paper where The Lagrange - Jacobi equation used for the qualitative analysis of the N -body problem (Omarov Ch. et al, 2023) that helps to understand the variety of the astrophysical populations (Ferraiuolo S. et al. 2025).

Conclusions and discussions. Thus, we received the quasi- integral (15) for the N - body problem (1) with gravitational constant varying in time.

Taking into account that

$$G \cdot \dot{G} = G_0 \cdot \dot{G}_0 \tag{16}$$

we have

$$h - G \cdot \dot{G} \sum_i r_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} = \frac{G^2}{G_0^2} \left(h_0 - \frac{G_0^3}{G^2} \cdot \dot{G}_0 \left(\sum_i \vec{r}_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} \right)_0 \right) \tag{17}$$

Let the term

$$h_0 - \frac{G_0^3}{G^2} \cdot \dot{G}_0 \sum_i \vec{r}_{i0} \dot{\vec{r}}_{i0} = \frac{1}{2} \sum_i m_i \left(\frac{d\vec{\rho}_i}{d\tau} \right)^2 + \Omega(\rho_i, \tau) \tag{18}$$

is the energy integral of some autonomous system of the Eq.

$$m_i \frac{d^2 \vec{\rho}_i}{d\tau^2} = -grad_{\rho_i} \Omega \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{19}$$

to which the system of equations (1) is transformed under space-time transformation of the form

$$\vec{r}_i = \varphi(t) \vec{\rho}_i, \quad \tau = \tau(t)$$

From (6) and (18) it follows that

$$h = h_0 - \frac{G_0^3}{G^2} \dot{G}_0 \cdot \sum_i \left(\varphi(\tau) \cdot \dot{\varphi}(\tau) \vec{\rho}_{i0}^2 + \varphi^2(\tau) \vec{\rho}_{i0} \dot{\vec{\rho}}_{i0} \right). \tag{20}$$

We obtained the energy integral (20) for the autonomous Eq. (19) after making space-time transformation of the quasi-integral (17), as an analytical result of the application of the Lagrange-Jacobi Equation to the N - body problem (1) with variable gravitational constant.

In conclusion, this work has achieved significant advancement through use of the Lagrange - Jacobi Equation as an effective and fruitful analytical tool and method to understand some dynamical aspects of the N - body problem with a time-variable gravitational constant. The main result of this paper is the quasi-integral for the N - body problem with variable gravitational constant that helps to get more comprehensive understanding of the Universe's structure and evolution.

References

- Binney J., Tremaine S. (2008) *Galactic Dynamics*. Second edition. Princeton University Press. Princeton. US. 885p. (in English)
- Brans C.H., Dicke R.H. (1965) *Phys. Rev.* — Vol. 124. — P. 925. (in English)
- Courtois H.M., Mould J., Hollinger A.M., Dupuy A., and Zhang C.P. (2025) In search of the Local Universe dynamical homogeneity scale with CF4++ peculiar velocities. *Astronomy and Astrophysics*. — Vol.701. — 8p. DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202555124> (in English)
- Dicke R.H. (1968) *Astrophys. J.* — Vol.152. — P.1. (in English)
- Dirac P.A.M. (1972) *Cosmology. Fusion and other Matters*. Boulder. Colo. — P.56. (in English)
- Duboshin G. N. (1963). *Nebesnaya Mekhanika. Osnovnye zadachi i metody*. [Celestial Mechanics. Basic problems and methods] *Physmatgiz*. — Moscow. — 586 p. (in Russian)
- Ferraiuolo S., Mastrogiovanni S., Escoffier S., and Fajfasz E. (2025) Inferring astrophysics and cosmology with individual compact binary coalescences and their gravitational-wave stochastic background. *Astronomy & Astrophysics*. — Vol.701. — 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202553677> (in English)
- Jordan P. (1967) *Zeitschrift fur phys.* — Vol. 201. — N. 4. — P. 394. (in English)
- Kilinch, Can Battal (2004) *Cosmological model with variable G and Λ* and *Astrophysics and Space Science*. — VOL 289. — P.103-109. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:APSS.0000012239.12328.f9> (in English)
- Kumar P., Beesham A. (2022) Reconsidering holographic dark energy in Brans–Dicke theory. *The European Physical Journal C*. — Vol. 82. — P. 143. DOI: <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-100930-7> (in English)
- Kumar P., Singh C.P. (2023) New agegraphic dark energy in Brans–Dicke theory with sign changeable interaction for flat universe. *General Relativity and Quantum Cosmology*. — Vol.5. — P. 46. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10509-017-3032-0> (in English)
- Omarov Ch.T., Omarova G.T. (2023) Modification of the Lagrange - Jacobi Equation and Its Application. *World Journal of Mechanics*. — Vol.13. — P. 127-134. DOI: <https://doi.org/10.4236/wjm2023.136007> (in English)
- Omarov T. B. (1975) *Dynamica Gravitiruyuschikh System Metagalaktiki*. [Dynamics of Gravitating Systems of the Metagalaxy]. — Nauka. — Alma-Ata. — 144 p. (in Russian)
- Paliathanasis A. (2023) Dynamical equivalence of the varying G and Λ cosmology with the Brans–Dicke theory. *The European Physical Journal C*. — Vol.83. — P. 478. DOI: <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-023-11670-0> (in English)
- Peebles P.J. (2017) Robert Dicke and the naissance of experimental gravity physics, 1957–1967. *The European Physical Journal H*. — Vol. 42. — P. 177-259. DOI: <https://doi.org/10.1140/epjh/e2016-70034-0> (in English)
- Piedipalumbo E., Scudellaro P., Esposito G., and Rubano C. (2012) A matter-dominated cosmological model with variable G and Λ and its confrontation with observational data. *Astrophysics. Cosmology and Nongalactic Astrophysics*. — Vol.1. — 31 p. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1104.3029> (in English)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

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 journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP 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 Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

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

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

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP 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>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*
Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 29.12.2025.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 4.