

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

2025 • 2



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

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 Aygazyevich, 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>

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.KZ31VPY00111215 issued 31. 01. 2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, 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 Нұрәліұлы, 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 оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси 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, Корея 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 Құнтай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабиатындағы 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 Арслан Зайнуталлаұлы, 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>

«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.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі 31.01.2025 ж. берген № KZ31VPY00111215 Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

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>

ОЛИВЬЕРО 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>

САИГ-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 Кунтайт Авгазыевич, 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>

БҮРКИТБАЕВ 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 Жаббагаевич, 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 Мелеу 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>

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 №**KZ31VPY0011215** 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 **31.01.2025**

Тематическая направленность: *физика, химия.*

Периодичность: 4 раза в год.

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

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

PHYSICS

A.A. Gazizova, D.M. Nasirova, V.O. Kurmangaliyeva, Sh.I. Khamraev DISTRIBUTION OF PRESSURE AND TEMPERATURE IN NEUTRON STARS: NUMERICAL ANALYSIS.....	11
A. Dalelkhankyzy, G. Baimbetova, N. Koilyk, S. Toktarbay, A. Beisebayeva QUASISPIN FORMALISM OF INTERACTION BETWEEN BOSONS AND ITS APPLICATION IN NUCLEAR THEORY.....	22
N.K. Zhusupova, V.N. Zhumabekova, A.A. Zhadyranova DETERMINATION OF ANTINEUTRON-NUCLEAR SCATTERING AMPLITUDE.....	34
V. Mukamedenkyzy, B. Akberdiyev INVESTIGATION OF CONCENTRATION FIELDS IN BINARY GAS MIXTURES IN THE PRESENCE OF CONVECTIVE FLOWS.....	46
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S.Sittykova, D. Kadyrova SEARCHING FOR INNER-EARTH ASTEROIDS.....	62
G.B. Suliyeva, M.A. Makukov, E.G. Mychelkin TWO TYPES OF SCALAR BACKGROUND VISUALIZATION.....	79
U.A. Ualikhanova, A.M. Konys, A.B. Altaibayeva, Zh.M. Beisekeyeva DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF $f(R,T) = R + \beta T^m$ COSMOLOGY.....	94
Zh.S. Umbetova, U.U. Abdizhalilova DYNAMICS OF THE EVOLUTION OF ANISOTROPIC COMPACT STARS IN $f(\tau)$ TELEPARALLEL GRAVITY.....	105
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyuk DESTRUCTION OF SMALL BODIES COMPOSED OF SILICATES BY THERMAL STRESSES.THERMAL EMISSION OF DISRUPTION PRODUCTS.....	121
S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.V. Reva, L. Aktay, V.Y. Kim STUDIES OF THE MRK 766 GALAXY IN THE OPTICAL RANGE.....	138

CHEMISTRY

D.T. Altynbekova, B.K. Massalimova, B.E. Begenova, A. Darmenbayeva, M.D. Akanova SYNTHESIS AND STUDY OF PROTON CONDUCTIVITY OF NANOCOMPOSITES BASED ON COMPLEX OXIDES (LaNbO ₄) AND ALLOYS (NiCoOx, CuCoOx, NiCuOx).....	152
--	-----

D.Zh. Amantayeva, M.A. Dyusebayeva, B.K. Kopzhassarov, A.E. Berganayeva, G.E. Berganayeva PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ULMUS PUMILA LEAVE.....	164
A. Assanov, S.A. Mameshova, G.S. Tatykhanova, T.A. Savitskaya CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN CLAYS AND STUDY OF THEIR HYDRODISPERSIVE PROPERTIES.....	182
G.S. Akhmetova, U.B. Issayeva, K.D. Praliyev, M.T. Omyrzakov, T.M. Seilkhanov TECHNOLOGY OF PRODUCING 1-(2-ETHOXYETHYL)-4- ADAMANTANECARBONYLOXY-PIPERIDINE HYDROCHLORIDE AND STUDY OF ITS CYTOTOXICITY.....	206
G.Zh. Baisalova, G.K. Token, B.B. Torsykbaeva, A.D. Dukenbayeva, N. Rakhmetova STUDYING THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PHRAGMITES COMMUNIS PLANT BY GAS CHROMATOGRAPHY–MASS–SPECTROMETRY.....	218
A. Yedilova, Z. Inelova, N. Kurbatova, B. Turalin PHYTOCHEMICAL STUDY OF MEDICINAL PLANT - HUMULUS LUPULUS L., FOR THE PURPOSE OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....	229
A. Kuandykova, B. Taimasov, E. Potapova, B. Zhakipbayev, N. Zhanikulov STUDY OF THE MICROSTRUCTURE OF CLINKERS OBTAINED FROM METALLURGICAL SLAG.....	242
X.A. Leontyeva, G.M. Khussurova, D.S. Puzikova, A.N. Nefedov, M. Zhurynov PERFORMANCE AND APPLICATION OF ORGANIC CORROSION INHIBITORS IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY OF THE CIS COUNTRIES. REVIEW.....	258
L.K. Orazzhanova, Zh.S. Kassymova, Zh.Zh. Nurtazina, D.K. Asserzhanov, K.K. Kabdulkarimova SYNTHESIS AND APPLICATION OF IRON NANOPARTICLES FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CHLORELLA VULGARIS.....	275
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova SOLID CARBON DIOXIDE ADSORBENT BASED ON ALKALI METAL CARBONATES WITH PROMOTER ADDITIVES.....	291

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А.А. Ғазизова, Д.М. Насирова, В.О. Құрманғалиева, Ш.И. Хамраев. НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ҚЫСЫМ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ТАРАЛУЫНА САНДЫҚ ТАЛДАУ.....	11
А. Дәлелханқызы, Г. Баймбетова, Н. Қойлық, С. Тоқтарбай, А. Бейсебаева БОЗОНДАР АРАСЫНДАҒЫ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУДІҢ КВОЗИСПИНДІК ФОРМАЛИЗМІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЯДРОЛЫҚ ТЕОРИЯДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛУЫ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова АНТИНЕЙТРОНДАРДЫҢ ЯДРОДАН ШАШЫРАУ АМПЛИТУДАСЫН АНЫҚТАУ.....	34
В. Мукамеденқызы, Б. Ақбердиев КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАР КЕЗІНДЕ БИНАРЛЫ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ІШКІ ЖЕР ОРБИТАСЫНДА АСТЕРОИДТАРДЫ ІЗДЕУ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин СКАЛЯРЛЫ ФОННЫҢ ЕКІ ТҮРЛІ ВИЗУАЛИЗАЦИЯСЫ.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Қоныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ТАЛДАУЫ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ АНИЗОТРОПТЫ КОМПАКТТЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк СИЛИКАТТЫ ҚҰРАМДЫ ШАҒЫН ДЕНЕЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРДЕН БҰЗЫЛУЫ. БӨЛШЕКТЕНУ НӘТИЖЕСІНДЕ ПАЙДА БОЛАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ ЖЫЛУЛЫҚ ЭМИССИЯСЫ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким MRK 766 ГАЛАКТИКАСЫН ОПТИКАЛЫҚ ДИАПАЗОНДА ЗЕРТТЕУ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова КҮРДЕЛІ ОКСИДЕР (LaNbO_4) МЕН ҚҰЙМАЛАРДЫҢ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x) НЕГІЗІНДЕГІ НАНОКОМПОЗИТТЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ПРОТОНӨТКІЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ.....	152
Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ULMUS PUMILA ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ҚАЗАҚСТАН САЗДАРЫНЫҢ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГИДРОДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пірәлиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4-АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИН ГИДРОХЛОРИДІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЦИТОУЫТТЫЛЫҚ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.Қ. Төкен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ГАЗ ХРОМАТОГРАФИЯ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН PHRAGMITES COMMUNIS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Күрбатова, Б. Туралин ДӘРІЛІК HUMULUS LUPULUS L. ӨСІМДІГІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	229
А. Қуандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ШЛАКТАРДАН АЛЫНАТЫН КЛИНКЕРЛЕРДІҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Жұрынов ТМД ЕЛДЕРІНІҢ МҰНАЙ-ХИМИЯ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ОРГАНИКАЛЫҚ ИНГИБИТОРЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ. ШОЛУ.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.Қ. Әсержанов, К.К. Кабдулкаримова CHLORELLA VULGARIS БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН АЛУ ҮШІН ТЕМІР НАНОБӨЛШЕКТЕРІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ПРОМОУТЕРЛІК ҚОСПАЛАРЫ БАР СІЛТІЛІ МЕТАЛЛ КАРБОНАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТІ.....	291

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А.А. Газизова, Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, Ш.И. Хамраев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗДАХ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ.....	11
А. Далелханкызы, Г. Баймбетова, Н. Койлык, С. Токтарбай, А. Бейсебаева КВАЗИСПИНОВЫЙ ФОРМАЛИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БОЗОНОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЯДЕРНОЙ ТЕОРИИ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АНТИНЕЙТРОН-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ.....	34
В. Мукамеденкызы, Б. Акбердиев ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БИНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ПОИСК АСТЕРОИДОВ ВНУТРИ ЗЕМНОЙ ОРБИТЫ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин ДВА ТИПА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СКАЛЯРНОГО ФОНА.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Коныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИИ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова ДИНАМИКА ЭВОЛЮЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗД В $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ГРАВИТАЦИИ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ МАЛЫХ СИЛИКАТНЫХ ТЕЛ ТЕПЛОВЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ. ТЕПЛОВАЯ ЭМИССИЯ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЛАКТИКИ MRK 766 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (LaNbO_4) И СПЛАВОВ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x).....	152
---	-----

Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ULMUS PUMILA.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН КАЗАХСТАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пралиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОХЛОРИДА 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4- АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ЦИТОТОКСИЧНОСТИ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.К. Токен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ RHAGMITES COMMUNIS МЕТОДОМ ГАЗ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИИ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Курбатова, Б. Туралин ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ – HUMULUS LUPULUS L. С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	229
А. Куандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛИНКЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Журинов ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРАН СНГ. ОБЗОР.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.К. Асержанов, К.К. Кабдулкаримова СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ CHLORELLA VULGARIS.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ТВЁРДЫЙ АДсорбЕНТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРОМОТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ.....	291

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 354 (2025), 94–104

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.346>

FTMP 29.05.45

ӨОЖ 524.834

©U.A. Ualikhanova*, A.M. Konys, A.B. Altaibayeva, Zh.M. Beisekeyeva, 2025.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: ulbossyn.ualikhanova@gmail.com

DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF $f(R, T) = R + \beta T^m$ COSMOLOGY

Ualikhanova Ulbossyn — PhD, senior lecturer of the department of general and theoretical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: ulbossyn.ualikhanova@gmail.com, Orcid: 0000-0002-2351-0658;

Konys Aiaulym — student of the department of general and theoretical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: aiaulym.qonys@icloud.com Orcid: 0009-0006-5349-8596;

Altaibayeva Aziza — PhD, associate professor of the department of general and theoretical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: aziza.ltaibayeva@gmail.com, Orcid: 0000-0001-9254-7027;

Beisekeyeva Zhanna — PhD, senior lecturer of the department of general and theoretical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Astana, Kazakhstan,

E-mail: sagidullayeva.zh@gmail.com, Orcid 0000-0001-9722-4016.

Abstract. We present a systematic dynamical systems analysis of flat Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW) cosmological models in $f(R, T) = R + \beta T^m$ gravity, where R is the Ricci scalar and T is the torsion scalar. This approach makes it possible to gain a deeper understanding of the model's evolutionary possibilities, including stable phase solutions, conditions for accelerated expansion, and singularity scenarios. The phase space is reduced to two dimensions using dimensionless variables, and the conditions for de Sitter fixed points, accelerated expansion and finite time singularities are derived. We show that this model allows transitions between radiation-dominated, matter-dominated, and dark energy-dominated eras, but prohibits cyclic or oscillating universes. The stability of fixed points and the role of the parameter m are thoroughly investigated. This hybrid modification of gravity introduces novel interactions between curvature and torsion terms, leading to distinct dynamical behavior. We systematically investigate the stability of critical points and analyze the impact of the parameter m on cosmic evolution. Notably, for $m > 0.5$, late-time acceleration is naturally achieved through de Sitter attractors. However, the model does not permit phantom crossing, as the effective dark energy equation of state depends explicitly on m and matter-radiation interactions. Furthermore, we classify possible finite time singularities and their dependence on the model parameters. Our findings suggest that the $f(R, T) = R + \beta T^m$ framework offers a viable alternative



for explaining late-time acceleration without exotic components. The findings indicate that the model is physically viable and can be further tested against observational data. Practically, this study contributes to a better understanding of cosmic evolution and provides a foundation for the development of new theories of gravity.

Keywords: cosmology, dark energy, dark matter, observational constraints, $f(R, T)$ gravity

©У.А. Уалиханова*, А.М. Қоныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева, 2025.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

E-mail: ulbossyn.ualikhanova@gmail.com

$f(R, T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ТАЛДАУЫ

Уалиханова Улбосын — PhD, Жалпы және теориялық физика кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: ulbossyn.ualikhanova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2351-0658;

Қоныс Аяулым — Жалпы және теориялық физика кафедрасының студенті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: aiaulym.qonys@icloud.com, ORCID: 0009-0006-5349-8596;

Алтайбаева Азиза — PhD, Жалпы және теориялық физика кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: aziza.ltaibayeva@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9254-7027;

Бейсекеева Жанна — PhD, Жалпы және теориялық физика кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: sagidullayeva.zh@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9722-4016.

Аннотация. Біз берілген жұмыста $f(R, T) = R + \beta T^m$ гравитациясындағы жазық Фридман-Леметр-Робертсон-Уокер (ФЛРУ) космологиялық модельдерін жүйелі динамикалық жүйелер әдісімен талдаймыз. Бұл тәсіл модельдің эволюциялық мүмкіндіктерін, оның ішінде тұрақты фазалық шешімдерді, үдемелі ұлғаю шарттарын және сингулярлық сценарийлерін тереңірек түсіндіруге мүмкіндік береді. Мұнда R - Риччи скаляры және T - бұралу скаляры. Фазалық кеңістік өлшемсіз айнымалыларды пайдалана отырып, екі өлшемге дейін қысқартылды және де Ситтер нүктелерінің шарттары, үдемелі ұлғаю және шекті уақыт сингулярлықтары анықталды. Бұл модельдің радиацияға, материяға және күңгірт энергияға басымдық беретін эволюциялар арасында ауысуға мүмкіндік беретіні, бірақ айналмалы немесе тербелмелі ғаламдарды жоққа шығаратыны көрсетілді. Тұрақты нүктелердің тұрақтылығы мен параметр m -нің рөлі жан-жақты зерттелді. Бұл гибриді гравитациялық модель қисықтық пен бұралуды байланыстыратын жаңа өзара әрекеттесулерді енгізеді, нәтижесінде ғаламның динамикасы өзгеше сипат алады. Біз жүйенің критикалық нүктелерінің орнықтылығын зерттеп, m параметрінің ғаламның кеңеюіне әсерін қарастырамыз. Егер $m > 0.5$ болса, онда ғаламның кеш кезеңдегі жеделдетілуі де Ситтер аттракторы арқылы жүзеге асады. Бірақ модельде фантомдық шекараның қиылысуы болмайды, өйткені күңгірт энергияның тиімді күй теңдеуі

m және материя мен сәулеленудің әсерлесуіне тәуелді. Сонымен қатар, біз соңғы уақыттық сингулярлықтардың түрлерін жіктеп, олардың модель параметрлеріне қалай тәуелді екенін анықтаймыз. Алынған нәтижелер $f(R, T) = R + \beta T^m$ түріндегі гравитациялық модификация ғаламның кеш кезеңдегі үдемелі ұлғаюын экзотикалық энергия құрамдастарынсыз түсіндіре алатынын көрсетеді. Алынған нәтижелер бұл модельдің физикалық жағынан жарамды екенін және нақты бақылау деректерімен салыстырып тексеруге болатынын көрсетеді. Практикалық маңызы ретінде, бұл модель ғаламның эволюциясын түсіндірумен қатар, гравитацияның жаңа түрлерін зерттеуге негіз болады.

Түйін сөздер: космология, күңгірт энергия, күңгірт материя, бақылау шектері, $f(R, T)$ гравитациясы

Алғыс: зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыруымен жүзеге асты (жоба № AP26101851).

©У.А. Уалиханова*, А.М. Коныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева, 2025.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан.

E-mail: ulbossyn.ualikhanova@gmail.com

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ $f(R, T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИИ

Уалиханова Улбосын — PhD, старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
E-mail: ulbossyn.ualikhanova@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2351-0658;

Коныс Аяулым — студент кафедры общей и теоретической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
E-mail: aiaulym.qonys@icloud.com, ORCID: 0009-0006-5349-8596;

Алтайбаева Азиза — PhD, ассоциированный профессор кафедры Общая и теоретическая физика, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
E-mail: aziza.ltaibayeva@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9254-7027;

Бейсекеева Жанна — PhD, старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
E-mail: sagidullayeva.zh@gmail.com, ORCID 0000-0001-9722-4016.

Аннотация. Мы представляем динамический системный анализ плоских космологических моделей Фридмана-Леметра-Робертсона-Уокера (ФРЛУ) в гравитации $f(R, T) = R + \beta T^m$, где R — скаляр Риччи, а T — скаляр кручения. Этот подход позволяет глубже понять эволюционные возможности модели, включая устойчивые фазовые решения, условия ускоренного расширения и сингулярные сценарии. Фазовое пространство сводится к двум измерениям с использованием безразмерных переменных, и выводятся условия для неподвижных точек де Ситтера, ускоренного расширения и конечных временных сингулярностей. Мы показываем, что эта модель допускает



переходы между эпохами, в которых доминирует излучение, материя и темная энергия, но запрещает циклические или осциллирующие вселенные. Устойчивость неподвижных точек и роль параметра m тщательно исследуются. Эта гибридная модификация гравитации вводит новые взаимодействия между терминами кривизны и кручения, что приводит к отчетливому динамическому поведению. Мы систематически исследуем устойчивость критических точек и анализируем влияние параметра m на космическую эволюцию. В частности, для $m > 0.5$ ускорение в позднее время естественным образом достигается через аттракторы де Ситтера. Однако модель не допускает фантомного пересечения, поскольку эффективное уравнение состояния темной энергии явно зависит от m и взаимодействий материи и излучения. Кроме того, мы классифицируем возможные конечные временные сингулярности и их зависимость от параметров модели. Наши результаты показывают, что структура $f(R, T) = R + \beta T^m$ предлагает жизнеспособную альтернативу для объяснения позднего ускорения без экзотических компонентов. Полученные результаты свидетельствуют о физической состоятельности модели и ее потенциале для дальнейшего сопоставления с наблюдательными данными. Практически данное исследование может способствовать более глубокому пониманию эволюции Вселенной и развитию новых теорий гравитации.

Ключевые слова: космология, темная энергия, темная материя, пределы наблюдения, $f(R, T)$ гравитация

Кіріспе. Модификацияланған гравитация теорияларындағы космологиялық модельдерді зерттеу күңгірт энергия мен ғарыштық ұлғаюға байланысты туындаған мәселелерге ерекше назар аударуды талап етеді (Møller, 1961: 2; Cho, 1976: 2; Hayashi, 1977: 2; Faraoni, 2011: 2). Осы теориялардың ішінде $f(R)$ және $f(T)$ гравитациясы Жалпы салыстырмалық теориясының (ЖСТ) ықтимал модификациясы ретінде кеңінен зерттелген (Aldrovandi, 2013: 2; Maluf, 2013: 2; Felice, 2010: 2). Бұл түрлендірулер космологиялық тұрақтыны қажет етпей, Ғаламның үдемелі ұлғаюына толық түсініктеме бере алады. Бұл жұмыста біз гравитациялық әрекетте (R) қисықтық және (T) бұралу негізіндегі терминдерді қосатын $f(R, T) = R + \beta T^m$ жаңа гибриді моделін зерттейміз (Shabani, 2018: 3; Narko, 2011: 3). Бұл модель Риччи скаляры мен бұралу скалярын тривиалды емес түрде біріктіру арқылы ғарыштық динамиканы түсіндірудің жаңа әдісін ұсынады. ФЛРУ космологиясындағы бұралу скаляры $T = -6H^2$ және Риччи скаляры $R = 6(\dot{H} + 2H^2)$ болғандықтан, H және $\dot{H}$ арасында байланыс пайда болып, ерекше динамикалық қасиеттерге әкеледі (Bengochea, 2009: 4; Linder, 2010: 3). Біз бұл жүйені динамикалық жүйелер теориясы арқылы талдап, оның жалпы сипаттамаларын зерттейміз. Дәстүрлі $f(R)$ модельдері Риччи скалярының функцияларын гравитациялық әрекетке енгізіп, Эйнштейн өріс тендеулерін өзгертуге мүмкіндік береді. Сол сияқты, $f(T)$

гравитация теориялары бұралу скалярының функцияларын қарастыра отырып, гравитацияның телепараллельдік тұжырымын өзгертеді (Li, 2011: 3; Farrugia, 2016: 2; Ong, 2013: 3). Ұсынылған $f(R, T)$ гибриді модель екі элементтерді біріктіру арқылы осы тәсілдерді кеңейтіп, бірегей динамикалық қасиеттерге ие болады. Біздің талдауымызда біз фазалық кеңістікті екі өлшемге дейін азайтамыз, бұл космологиялық шешімдердің жалпы қасиеттерін алуға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, біз тұрақты үдемелі ұлғаю үшін маңызды болып саналатын де Ситтер аттракторларының болуына, сондай-ақ, күрт космологиялық ауысуларға әкелуі мүмкін соңғы уақыттық ерекшеліктердің ықтималдылығы болуына назар аударамыз.

Сонымен қатар, әртүрлі ғарыштық дәуірлер арасындағы ауысуларды, соның ішінде радиация басым, материя басым және күнгірт энергия басым фазаларды талдаймыз (Jarv, 2016: 5; Hayashi, 1979: 4; Krššák, 2016: 4; Bamba, 2016: 3; Paliathanasis, 2016: 4). Біздің қорытындыларымыз m параметрінің осы ауысуларды басқаруда шешуші рөл атқаратынын көрсетеді. Модель радиациядан күнгірт энергияның үстемдігіне дейін бірқалыпты эволюцияға мүмкіндік береді, бұл Фридман функциясының әрекетінде көрінеді $W(H) = 6H^2 + \beta(-6H^2)^m(1 - 2m)$. Бұл зерттеуде біз ұсынылған $f(R, T) = R + \beta T^m$ моделі физикалық негізделген эволюциялық сценарийлерді қамтамасыз ете отырып, әртүрлі космологиялық дәуірлер арасындағы ауысуларды сипаттай алатынын көрсетеміз. Алайда, модель циклдік сценарийлерді жоққа шығарып, фантомдық қиылыстарға жол бермейді. Біз негізгі бақылау салдарын қарастырып, астрофизикалық деректерді пайдалана отырып, модельді сынау мүмкіндігін қоса, одан әрі зерттеулердің бағыттарын анықтаймыз. Атап айтқанда, бұл теорияның әрі қарай дамуы инфляцияны, күнгірт энергия құрылымын және ерте ғаламның эволюциясын тереңірек түсінуге мүмкіндік беруі мүмкін. Модель бойынша жеделдетілген

кеңею $\ddot{a}/a > 0$ шартымен сипатталады, ал эффективті күнгірт энергияның күй теңдеуі $\omega_{DE} = -1 + \frac{m(X+3)}{3}$ болып табылады. $m = 0.75$ болған жағдайда, модель үдемелі ұлғаюды қамтамасыз етіп, фантомдық қиылыстарды болдырмайды. Сонымен қатар, гравитациялық толқындар мен ғаламның ауқымды құрылымын зерттеу үшін болашақ ғылыми миссияларды пайдалана отырып, модельді эксперименталды тұрғыда сынау маңызды. Бұл модельдің тұрақты де Ситтер аттракторларына ие болуы $W(Y^*) = 0$ шартымен расталады, мұнда $W(H)$ – модификацияланған Фридман функциясы. Осылайша, біздің зерттеуіміз Ғаламның үдемелі ұлғаюының балама механизмдерін түсінуге үлес қосады, олар қисықтық пен бұралу әсерлерінің комбинациясына негізделген.

Материалдар мен әдістер. Космологиядағы динамикалық жүйелер әдісі

Динамикалық жүйелер әдісі — бұл ғаламның эволюциясын зерттеуге арналған сапалық тәсіл. Бұл әдіс дәстүрлі түрде қолданылатын Фридман немесе Эйнштейн теңдеулерінің нақты шешімдерін іздеудің орнына, оларды бірінші ретті қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесі түрінде қайта жазуға

мүмкіндік береді. Осылайша, ғаламның даму үрдісін фазалық кеңістіктегі жүйенің қасиеттерін — мысалы, стационарлық нүктелер мен олардың тұрақтылығын талдау арқылы зерттеуге болады (Hohmann, 2017: 4).

Космологияда ғаламның эволюциясы масштабтық фактор, Хаббл параметрі, әртүрлі компоненттердің энергия тығыздығы және скалярлық өрістер секілді шамалармен сипатталады. Осы айнымалыларды өлшемсіз түрде қайта анықтау арқылы космологиялық теңдеулерді автономды дифференциалдық жүйеге айналдыруға болады. Жүйенің эволюциясы осы жаңа айнымалылармен құрылған фазалық кеңістіктегі траекториялар арқылы сипатталады.

Бұл әдістің негізгі кезеңдері:

1. Теңдеулерді өлшемсіз және қалыпқа келтірілген айнымалылар арқылы өрнектеу.

2. Космологиялық теңдеулерді осы айнымалылар арқылы қайта жазу.

3. Туынды шамалар нөлге тең болатын стационарлық (критикалық) нүктелерді табу.

4. Бұл нүктелер маңындағы жүйені линеаризациялау және Якоби матрицасының меншікті мәндері арқылы тұрақтылықты талдау.

5. Әрбір нүктенің физикалық мағынасын анықтау (мысалы, материяның үстемдік ету дәуірі, радиациялық кезең, үдемелі ұлғаю) және олардың ғалам эволюциясындағы рөлін сипаттау.

Бұл әдіс әсіресе күрделі космологиялық модельдерді — мысалы, скалярлық өрістермен, күңгірт энергиямен немесе модификацияланған гравитация теорияларын зерттегенде тиімді. Ол ғаламның кейінгі даму сценарийлерін, үдеу шарттарын және әртүрлі бастапқы шарттарға қарамастан жүйе ұмтылатын тартымды шешімдердің (аттракторлардың) болуын талдауға мүмкіндік береді. Қорытындылай келе, космологиядағы динамикалық жүйелер әдісі — бұл түрлі космологиялық модельдердің қасиеттерін, тұрақтылығын және сапалық мінез-құлқын терең түсінуге мүмкіндік беретін маңызды құрал.

Біз қарастыратын $f(R, T)$ гравитациясының әрекеті келесідей:

$$S = \frac{1}{16\pi G} \int |e| (R + \beta T^m) d^4x + S_{\text{материя}}, \quad (1)$$

мұндағы $|e| = \det(e_\mu^A)$ тетраданың детерминанты, β және m - тұрақты параметрлер, G - гравитациялық тұрақты. Жазық ФЛРУ ғаламы үшін, масштабтық коэффициент $a(t)$, бұралу скаляры $T = -6H^2$, ал Риччи скаляры $R = 6(\dot{H} + 2H^2)$. Әрекеттің вариациясын есептеу нәтижесінде модификацияланған Фридман теңдеулері:

$$W(H) = 16\pi G(\rho_m + \rho_r), \quad (2)$$

$$-\dot{H} \frac{W_H}{3H} = 16\pi G \left(\rho_m + \frac{4}{3} \rho_r \right), \quad (3)$$

мұнда Фридман функциясы:

$$W(H) = 6H^2 + \beta(-6H^2)^m(1-2m). \quad (4)$$

Хаббл параметрі H және энергия тығыздықтары Фридманның алгебралық шектеуі салдарынан бір-бірінен тәуелсіз емес. Осыған байланысты, біздің динамикалық жүйеміздің физикалық фазалық кеңістігі — бұл кеңістіктегі көөлшемділігі 1 болатын гипербетті құрайды, яғни

Фазалық кеңістікті қысқарту үшін өлшемсіз айнымалыларды келесі күйде анықтаймыз:

$$Y = \frac{H}{\sqrt{1+H^2}}, \quad X = \frac{\rho_r}{\rho_r + \rho_m}, \quad (5)$$

мұнда $Y \in (-1,1)$ және $X \in [0,1]$. Физикалық фазалық кеңістік:

$$P = \{(Y, X) | Y \in (-1,1), X \in [0,1], W(H) \geq 0\}. \quad (6)$$

Уақыт айнымалысы ретінде $N = \ln a$ -ны қолданғанда, жүйе былай жазылады:

$$\frac{dY}{dN} = -\frac{(X+3)Y(1-Y^2)W}{W_H}, \quad \frac{dX}{dN} = \frac{XY(X-1)}{\sqrt{1-Y^2}}. \quad (7)$$

Нәтижелер мен талқылау. Біз жүйенің критикалық нүктелерінің орнықтылығын зерттеп, m параметрінің ғаламның кеңеюіне әсерін қарастырамыз. Егер $m > 0.5$ болса, онда ғаламның кеш кезеңдегі жеделдетілуі де Ситтер аттракторы арқылы жүзеге асады. Бірақ модельде фантомдық шекараның қиылысуы болмайды, өйткені күңгірт энергияның тиімді күй теңдеуі m және материя мен сәулеленудің әсерлесуіне тәуелді.

Тұрақты нүктелер келесі шарттарды қанағаттандырады:

$$dY/dN = 0 \text{ және } dX/dN = 0$$

Негізгі тұрақты нүктелер:

1) Де Ситтер нүктелері: $Y = Y^* \neq 0$, $X = 0$ немесе $X = 1$, мұнда $W(Y^*) = 0$.

2) Минковский нүктесі: $Y = 0$, $X \in [0,1]$, $W(0) > 0$.

Тұрақтылық Якобиан матрицасының меншікті мәндері арқылы анықталады. Егер $Y^* \neq 0$ болса, меншікті мәндер келесідей болады:

$$\lambda_1 = -3A, \quad \lambda_2 = -H^* \quad (H^* > 0), \quad (8)$$

мұнда

$$A = \frac{(1-2m)\beta(-6H^{*2})^{m-1}}{m} \quad (9)$$

$H^* > 0$ болғанда жүйе тұрақты күйде болады.

Шекті уақыттық сингулярлықтар $W_H \rightarrow 0$ немесе $W \rightarrow \infty$ болғанда пайда болады. Егер $f(R, T) = R + \beta T^m$ болса:

1) I типтес сингулярлық (Үлкен жарылыс/Үлкен Қысылу) $Y \rightarrow \pm 1$ және $H \rightarrow \pm \infty$, егер $m > 1$ болғанда байқалады;

2) II типтес сингулярлық (Кенеттен сингулярлық) $H = H^\circ$ және $W_H(H^\circ) = 0$, $m < 1$ болғанда мүмкін;

3) IV типтес сингулярлық. Егер $W_{\text{HH}} H = 0$ - де шексіздікке ұмтылса, онда бұл жоғары дәрежелі сингулярлық болуы мүмкін.

Үдемелі ұлғаю

Үдемелі ұлғаю шарты ($\ddot{a}/a > 0$) келесі теңдеумен беріледі:

$$1 - \frac{(X+3)W}{2W_H} > 0. \quad (10)$$

Бұл дегеніміз, ғаламның үдемелі ұлғаюы (ақырғы кезеңде күңгірт энергияның басым болуы) үшін осы өрнектің оң мәнге ие болуы қажет. Егер $m > 0.5$ болса, онда үдеу де Ситтер аттрактор нүктелері $Y \rightarrow Y^*$ маңында пайда болады. Бұл модель Ғалам ұлғаюының кеш фазасында күңгірт энергияның үстемдік етуіне мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Эффективті күңгірт энергия

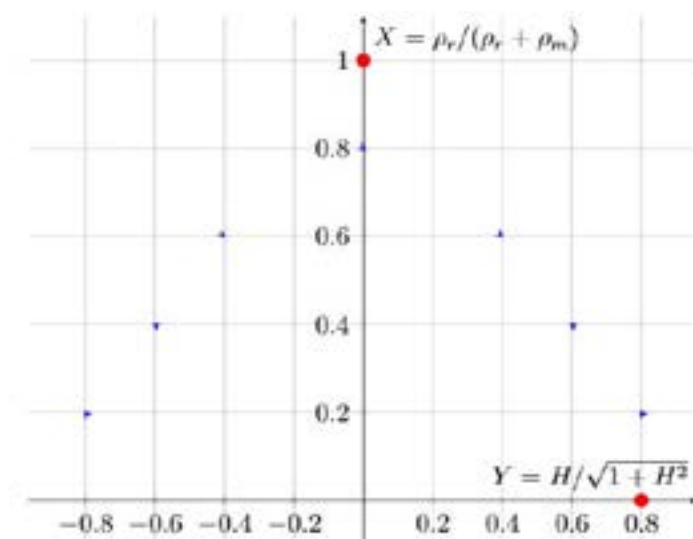
Эффективті күңгірт энергияның тығыздығы мен күй теңдеуі:

$$\rho_{\text{DE}} = \frac{\beta(-6H^2)^m(1-2m)}{16\pi G}, \quad w_{\text{DE}} = -1 + \frac{m(X+3)}{3}. \quad (11)$$

Фантомдық $w_{\text{DE}} = -1$ шекарадан өту мүмкін емес, өйткені w_{DE} тек m және X -ке тәуелді.

Фазалық диаграммалар

1-ші суретте $m = 0.75$, $\beta = 1$ үшін фазалық кеңістіктегі $f(R, T) = R + \beta T^m$ модель траекториясы көрсетілген. Жебелер эволюцияның өткеннен (жоғары Y) болашаққа (төмен Y) қарай жүрісін көрсетеді. $Y^* \approx 0.8$ мәніндегі де Ситтер аттракторы кеш кезеңдегі үдемелі ұлғаюда басымдыққа ие.



Сурет 1 - $f(R, T) = R + \beta T^m$ моделінің $m = 0.75$, $\beta = 1$ болғанда фазалық кеңістік графигі. Ордината осі X , абсцисса осі Y өлшемсіз айнымалысын көрсетеді.

Қорытынды. $f(R, T) = R + \beta T^m$ моделін динамикалық жүйелерді талдау әдістерін қолдану арқылы зерттеу әлемнің мүмкін болатын эволюциялық сценарийлерінің кең ауқымын анықтауға мүмкіндік берді. Бұл тәсіл Де Ситтер тұрақты нүктелерінің бар екендігін анықтауға ғана емес, сонымен қатар β және m параметрлеріне байланысты модельдің қолданылу шегін анықтауға мүмкіндік берді. Қарастырылып отырған модель қосымша өрістерді немесе жаңа экзотикалық құрамдастарды енгізуге жүгінбей-ақ радиация мен заттың үстемдігінен үдемелі ұлғаю фазасына өтуді түсіндіруге қабілетті екенін көрсетті. Негізгі нәтижелердің бірі $m = 0.75$ үшін модель қазіргі заманғы бақылау деректеріне сәйкес Ғаламның кеш кезеңдегі үдемелі ұлғаюын болжайды. Атап айтқанда, ол радиациядан материяға өту кезеңін және соңында соңғы уақытта байқалып отырған үдемелі ұлғаю фазасына көшуді қолдайды. Де Ситтердің тұрақты нүктелерінің болуы ғаламның қазіргі ғарыштық бақылауларына сәйкес, ұзақ мерзімді тұрақты жеделдету фазасына өте алатынын көрсетеді. Алайда, бұл модельдің маңызды шектеулерінің бірі – оның фантомдық шекараны $\omega_{DE} = -1$ кесіп өте алмауы. Бұл шектеу күңгірт энергияның динамикалық күй теңдеуімен сипатталатын кейбір бақылау деректерімен үйлесімділікті шектейді. Дегенмен, стандартты Λ CDM моделінен айырмашылығы, ол болашақ астрофизикалық зерттеулерде тексерілетін динамиканың өзгертілген заңдарына әкеледі. Біз сондай-ақ m параметрінің мүмкін болатын ақырғы уақыт сингулярлықтарына әсерін қарастырдық және сингулярлықтың әртүрлі типтеріне, соның ішінде белгілі бір параметр мәндері үшін түрлі мүмкіндік беретінін көрсеттік. Сонымен қатар, біз тұрақты аттракторлардың болуын және кеш үдемелі ұлғаю режиміне тегіс өту мүмкіндігін растайтын фазалық портреттер мен сандық шешімдерді

талдадық. Бұл $f(R, T)$ моделін қосымша космологиялық тұрақты енгізуді қажет етпей-ақ күнгірт энергияны сипаттау үшін қолайлы етеді. Дегенмен, модельді түпкілікті сынау үшін кванттық ауытқуларды, тығыздықтың ауытқуларын және үлкен космологиялық зерттеулердің деректерімен салыстыруды қоса алғанда, одан әрі талдау қажет. Болашақ зерттеулер β -ның уақытқа тәуелділігін, мүмкін болатын кванттық әсерлерді және модификацияланған гравитацияның стандартты модель өрістерімен әрекеттесуін ескере отырып, қарастырылатын модельдер класын кеңейтуге бағытталуы мүмкін. β және m параметрлерін нақтылау үшін ғарыштық бақылаулар негізделуі керек, соның ішінде асқын жаңа жұлдыздар туралы деректер, бариондық акустикалық тербелістер және ғаламдық микротолқындық фон өлшемдері. Сонымен қатар, модельдің ірі масштабты құрылым түзілуіне және ғаламдық анизотропияға әсерін түсіну үшін толқындық тұрақсыздықтарды талдау маңызды. Гравитациялық толқын деректерін және ғарыштық микротолқынды фон сәулеленуін зерттеуді пайдалана отырып, модель болжамдарын эксперименталды түрде сынау мүмкіндігі қызығушылық тудырады. Осылайша, талдау $f(R, T)$ сияқты түрлендірілген гравитация теорияларының Әлемнің үдемелі ұлғаюын түсіндіру үшін маңызды әлеуеті бар екенін көрсетеді. Олар гравитацияның іргелі табиғаты туралы жаңа түсініктер береді және космологиядағы теориялық және эксперименттік зерттеулер үшін жаңа көзжіектерді ашады. Тағы бір маңызды аспект – бұл модель мен гравитацияның термодинамикалық интерпретациялары арасындағы ықтимал байланыс. Бірқатар зерттеулер гравитацияның энтропиялық шығу тегі болуы мүмкін екенін болжайды, ал $f(R, T)$ гравитациясы тереңірек статистикалық-механикалық принциптерден туындауы ықтимал. Осы аспектілерді зерттеу гравитациялық өзара әрекеттесулердің табиғатын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

- Aldrovandi R. and Pereira J.G. (2013) Teleparallel Gravity. — Springer, Dordrecht. — Vol. 173. (in Eng.).
- Bamba K., Nashed G.G.L., Hanafy W.El. and Ibraheem Sh.K. (2016) Bounce inflation in $f(T)$ Cosmology: A unified inflaton-quintessence field, *Physical Review D* — Vol. 94. — P. 083513. (in Eng.).
- Bengochea G.R. and Ferraro R. (2009) Dark torsion as the cosmic speed-up. — *Physical Review D*. — Vol. 79. — P. 124019. (in Eng.).
- Cho Y.M. (1976) Einstein Lagrangian as the Translational Yang-Mills Lagrangian. — *Physical Review D*. — Vol. 14. — P. 2521. (in Eng.).
- Faraoni V. and Capozziello S. (2011) Beyond Einstein Gravity. — Springer, Dordrecht. — Vol. 170. (in Eng.).
- Farrugia G. and Said J.L. (2016) Stability of the flat FLRW metric in $f(T)$ gravity. — *Physical Review D*. — Vol. 94. — P. 124054. (in Eng.).
- Felice A.D. and Tsujikawa S. (2010) $f(R)$ theories. — *Living Reviews in Relativity*. — Vol. 13. — P. 3. (in Eng.).
- Harko T., Lobo F.S.N., Nojiri S.I., Odintsov S.D. (2011) $f(R, T)$ gravity. — *Physical Review D*. — Vol. 84(2). — P. 024020. (in Eng.).
- Hayashi K. and Shirafuji T. (1979) New General Relativity. — *Physical Review D*. — Vol. 19. — P. 3524–3553. (in Eng.).



- Hayashi K. (1977) The Gauge Theory of the Translation Group and Underlying Geometry. — *Physics Letters B*. — Vol. 69. — P. 441–444. (in Eng.).
- Jarv L. and Toporensky A. (2016) General relativity as an attractor for scalar-torsion cosmology. — *Physical Review D*. — Vol. 93. — P. 024051. (in Eng.).
- Kršák M. and Saridakis E.N. (2016) The covariant formulation of $f(T)$ gravity. — *Classical and Quantum Gravity*. — Vol. 33. — P. 115009. (in Eng.).
- Li B., Sotiriou T.P and Barrow J.D. (2011) $f(T)$ gravity and local Lorentz invariance. — *Physical Review D*. — Vol. 83. — P. 064035. (in Eng.).
- Linder E.V. (2010) Einstein's Other Gravity and the Acceleration of the Universe. — *Physical Review D*. — Vol. 81. — P. 127301. (in Eng.).
- Maluf J.W. (2013) The teleparallel equivalent of general relativity. — *Annalen der Physik*. — Vol. 525. — P. 339–357. (in Eng.).
- Møller C. (1961) Conservation Laws and Absolute Parallelism in General Relativity. — *K. Dan. Vidensk. Selsk. Mat. Fys. Skr.* — Vol. 1. — P. 1–50. (in Eng.).
- Ong Y.C., Izumi K., Nester J.M. and Chen P. (2013) Problems with Propagation and Time Evolution in $f(T)$ Gravity. — *Physical Review D*. — Vol. 88. — P. 024019. (in Eng.).
- Paliathanasis A., John D. Barrow and Leach P.G. (2016) Cosmological Solutions of $f(T)$ Gravity. — *Physical Review D*. — Vol. 94. — P. 023525. (in Eng.).
- Shabani H., Ziaie A.H. (2018) Bouncing cosmological solutions from $f(R, T)$ gravity. — *European Physical Journal C*. — Vol. 78(5). — P. 397. (in Eng.).
- Hohmann M., Jarv L., Ualikhanova U. (2017) Dynamical systems approach and generic properties of $f(T)$ cosmology. — *Physical Review D*. — Vol. 96. — P. 043508. (in Eng.).

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>

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 23.06.2025.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 2.