

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

2024 • 3



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«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

**БАС РЕДАКТОР:**

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

**РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан**

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

## EDITOR IN CHIEF:

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

## EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# PHYSICAL

---

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

ISSN 2224-5227

Volume 3. Number 351 (2024), 5–15

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.293>

УДК 532.536

ГРНТИ 29.17.19

© **B.Zh.Abdikarimov, A.Zh.Seitmuratov, Z.A.Ergalauova** \*, 2024

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan.

E-mail: zina\_73er@mail.ru

## MATHEMATICAL MODELS OF RELAXATION TIMES OF INHOMOGENEOUS LIQUIDS ALONG CRITICAL DIRECTIONS

**Bakhytkhyn Abdikarimov** – Dr. Phys.Math, professor. Korkyt Ata Kyzylorda University. 120000. Kyzylorda, Kazakhstan.

E-mail: [abdikarimov59@mail.ru](mailto:abdikarimov59@mail.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4434-7677>;

**Angysyn Seitmuratov** – Dr. Phys.Math, professor. Korkyt Ata Kyzylorda University. 120000. Kyzylorda, Kazakhstan.

E-mail: [angisin\\_@mail.ru](mailto:angisin_@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

**Zina Ergalauova** – Master of sciences, Korkyt Ata Kyzylorda University. 120000. Kyzylorda, Kazakhstan.

E-mail: [zina\\_73er@mail.ru](mailto:zina_73er@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9410-6425>.

**Abstract.** The experimental research on the ascertainment of the balance in inhomogenous methanol-hexan liquid in the gravitational field close to exfoliation critical temperature was carried out by the researchers. This research work showed that the maximum time of relaxation of inhomogenous matter in altitude is not observed on the degree of critical isochora, but it is observed in the altitude of with non – critical significance of concentration and density. The matter’s parametrical equalization is rated within extremum relaxation time line of inhomogenous liquid in the gravitational field.

It is proved that inhomogenous liquid along this line has the characteristics of three critical directions: critical isochora, critical isotherm and the phase partition bounds. The experimental procedure was as follows. Initially, a double solution of methanol-hexane was thermostatically controlled for more than a day at the critical temperature of the solution until an equilibrium distribution was established in the optical chamber. Then, over a short period of time, the substance was heated to a certain temperature, which was maintained constant for a long time. When a non-uniform system is rapidly heated from a critical temperature, the initial altitude distribution of the substance becomes nonequilibrium. As a result, the

heterogeneous system begins to move to a new height equilibrium distribution. As the system approaches the equilibrium state during a certain time interval at different heights of the system, the concentration and concentration gradient of the substance continuously change until a new equilibrium height is realized in the system again distribution that corresponds to temperature.

**Keywords:** relaxation time, critical direction, refractometric method, theories of gravitational effect, gravitational field.

© **Б.Ж.Абдикаримов, А.Ж.Сейтмуратов, З.А.Ергалауова\***

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан.

E-mail: zina\_73er@mail.ru

## **БІРТЕКТІ ЕМЕС СҰЙЫҚТАРДЫҢ КРИТИКАЛЫҚ БАҒЫТТАР БОЙЫНДАҒЫ РЕЛАКСАЦИЯ УАҚЫТЫ БОЙЫНША МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ**

**Абдикаримов Бахытхын** – ф.-м.ғ.д, профессор. Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті. 120000. Қызылорда, Қазақстан, E-mail: abdikarimov59@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4434-7677>;

**Сейтмуратов Аңғысын**-ф.-м.ғ.д, профессор. Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті. 120000. Қызылорда, Қазақстан  
E-mail: angisin\_@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

**Ергалауова Зина** — ғылым магистрі. Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті. 120000. Қызылорда, Қазақстан

E-mail: zina\_73er@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9410-64225>.

**Аннотация.** Жұмыста критикалық бөлу температурасына жақын гравитациялық өрісте гетерогенді метанол-гексан ерітіндісінде тепе-теңдікті орнату кинетикасына эксперименталды зерттеулер жүргізілді. Бұл зерттеулер бірінші рет биіктігі бойынша біртекті емес заттың релаксация уақытының максималды мәндері критикалық изохораның деңгейінде байқалмайды, бірақ жоғары емес биіктіктерге, сәйкес келетінін көрсетті. Концентрация мен тығыздықтың критикалық мәндері. Зат күйінің параметрлік теңдеуінің шеңберінде гравитациялық өрістегі біркелкі емес сұйықтықтың релаксация уақыттарының экстремум сызығына сәйкес келетін осы теңдеудің параметрлері есептеледі. Бұл сызық бойымен гетерогенді сұйықтықтар бір мезгілде үш критикалық бағыт бойынша жүйелердің қасиеттеріне ие болатыны көрсетілген: критикалық изохора, критикалық изотерма, фаза шекарасы. Эксперименттік процедураның жүру барысы келесідей болды. Бастапқыда метанол-гексанның қос ерітіндісі оптикалық камерада тепе-теңдік таралу орнатылғанша еітіндінің критикалық температурасында бір тәуліктен астам термостатикалық түрде бақыланады. Содан кейін қысқа уақыт ішінде зат ұзақ уақыт бойы тұрақты түрде сақталатын белгілі бір температураға дейін қыздырылады. Біркелкі емес жүйені сыни температуратемпературадан

жылдам қыздырғанда, заттың бастапқы биіктікке таралуы тепе-теңдікке айналады. Нәтижесінде гетерегендікі жүйе жаңа биіктік тепе-теңдік таралуна ауыса бастайды. Жүйе әр түрлі биіктіктерде белгілі бір уақыт аралығында тепе-теңдік таралу күйіне жақындаған сайын, заттың концентризациясы мен концентризация градиенті жүйеде температураға сәйкес таралуының жаңа тепе-теңдік биіктігін қайта жүзеге асқанша үздіксіз өзгереді.

**Түйін сөздер:** релаксация уақыты, критикалық бағыт, рефрактометриялық әдіс, гравитациялық әсер теориялары, гравитациялық өріс.

© **Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, З.А. Ергалауова\***

Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан.

E-mail: zina\_73er@mail.ru

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВРЕМЕН РЕЛАКСАЦИИ НЕОДНОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ВДОЛЬ КРИТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ**

**Абдикаримов Бахытхын** – д.ф.-м.н, профессор. Кызылординский университет им. Коркыт Ата.120000. Кызылорда, Казахстан. E-mail: abdikarimov59@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4434-7677>;

**Сейтмуратов Ангысын** – д.ф.-м.н, профессор. Кызылординский университет им. Коркыт Ата.120000. Кызылорда, Казахстан. E-mail: angisin\_@mail.ru . ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

**Ергалауова Зина** – магистр наук. Кызылординский университет им. Коркыт Ата.120000. Кызылорда, Казахстан. E-mail: zina\_73er@mail.ru . ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9410-6425>.

**Аннотация.** В работе проведены экспериментальные исследования кинетики установления равновесия в неоднородном растворе метанол-гексан в гравитационном поле вблизи критической температуры расслоения. Эти исследования впервые показали, что максимальные значения времен релаксации неоднородного по высоте вещества наблюдаются не на уровне критической изохоры, а соответствуют высотам с некритическими значениями концентрации и плотности. В рамках параметрического уравнения состояния вещества рассчитаны параметры этого уравнения, которые соответствуют линии экстремумов времен релаксации неоднородной жидкости в гравитационном поле. Показано, что вдоль этой линии неоднородные жидкости одновременно обладают свойствами систем вдоль трех критических направлений: критической изохоры, критической изотермы, границы раздела фаз. Методика проведения эксперимента состоит в следующем. Первоначально двойной раствор метанол-гексан более суток термостатировался при критической температуре раствора до тех пор, пока в оптической камере не устанавливалось равновесное распределение. Затем вещество за малый интервал времени нагревалось до некоторой температуры,

которая поддерживалась постоянной продолжительное время. При быстром нагреве неоднородной системы от критической температуры начальное высотное распределение вещества становится неравновесным. Вследствие этого неоднородная система начинает переходить к новому высотному равновесному распределению. При подходе системы к состоянию равновесия в течение определенного интервала времени на разных высотах концентрации и градиент концентрации вещества непрерывно изменяются до тех пор, пока в системе снова не реализуется новое равновесное высотное распределение, которое соответствует температуре.

**Ключевые слова:** время релаксаций, критические направления, рефрактометрический метод, теории гравитационного эффекта, гравитационное поле.

### **Введение**

Ранее в работах (Алехин, 2002) были проведены экспериментальные исследования кинетики установления равновесия в неоднородных индивидуальных жидкостях и двойных растворах в гравитационном поле вблизи критических температур испарения и расслоения.

В работе (Алехин, 1991) рефрактометрическим методом Паташинского (Паташинский, 1982) изучал температурные и высотные зависимости градиентов показателя преломления  $dn/dz(z, T)$  раствора метанол-гексан в разные моменты времени при переходе системы к равновесному состоянию.

Методика проведения эксперимента состояла в следующем: первоначально двойной раствор метанол-гексан длительное время (более суток) термостатировался при критической температуре  $T_k$  раствора до тех пор, пока в оптической камере не устанавливалось равновесное распределение  $dn/dz(z, T_k)$ . Затем вещество за малый интервал времени ( $10 \div 15$  мин) нагревалось до некоторой температуры  $T_i > T_k$ , которая поддерживалась постоянной продолжительное время с точностью  $\pm 0,005$  К. При быстром нагреве неоднородной системы от критической температуры  $T_k$  к  $T_i > T_k$  начальное высотное распределение  $dn/dz(z, T_k)$  вещества при температуре  $T_i$  становится неравновесным. Вследствие этого неоднородная система начинает переходить к новому высотному равновесному распределению  $dn/dz(z, T_i)$ . При подходе системы к состоянию равновесия в течение определенного интервала времени  $t$  на разных высотах системы  $z$  концентрация и градиент концентрации вещества  $dc/dz(z, T_i, t) \sim dn/dz(z, T_i)$  непрерывно изменяются до тех пор, пока в системе снова не реализуется новое равновесное высотное распределение  $dn/dz(z, T_i)$ , которое соответствует температуре  $T_i$ .

### **Методы**

#### *Постановка задачи и методика решения*

В процессе установления равновесия в системе изучалось высотное распределение неравновесных значений градиента показателя преломления  $dn/dz(z, t)$  при различных температурах  $\Delta T_i = T_i - T_k$ . В качестве примера на рис. 1 показана кинетика изменения симметризованных величин нерав-



новесных значений градиента показателя преломления  $dn/dz(z, t) = 1/2 (dn/dz(z > 0, t) + dn/dz(z < 0, t))$  на разных высотах неоднородного раствора при температуре  $\Delta T_i = T_i - T_k = 3,96$  К.

Равновесное состояние вещества характеризуется высотной зависимостью  $dn/dz(z, t_p)$ , которая соответствует кривой с пометкой «P» на этом рисунке. Для других температур  $\Delta T$  кинетика изменения  $dn/dz(z, t)$  имеет качественно подобный вид.

Полученные таким образом высотные зависимости равновесных значений градиента показателя преломления раствора метанол-гексан при различных температурах  $\Delta T_i$  показаны на рис. 2.

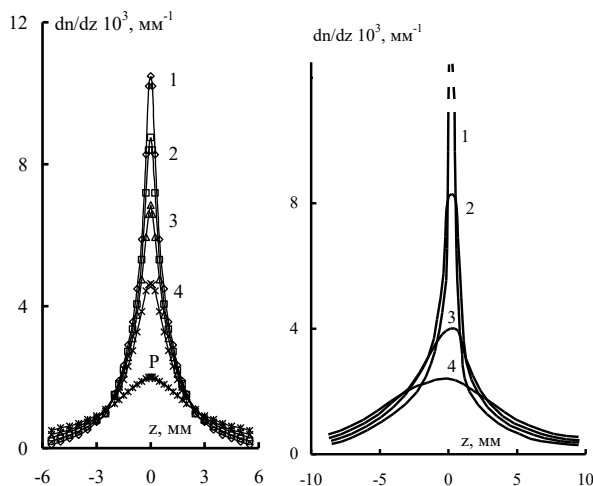


Рис. 1. Кинетика изменения высотной зависимости симметризованных неравновесных значений градиента показателя преломления  $dn/dz$  неоднородного раствора метанол-гексан при температуре  $\Delta T = 3,96$  К в разные моменты времени  $t$ : 1 – 1,42 часа; 2 – 2,17 ч; 3 – 3,25 ч; 4 – 6,25 ч; «P» – 31,25 ч.

Рис. 2. Равновесные высотные зависимости  $dn/dz$  неоднородного двойного раствора метанол-гексан при различных температурах

$\Delta T_i$ : 1 –  $\Delta T_i \approx 0,01$  К; 2 – 0,39 К; 3 – 1,76 К; 4 – 3,96 К.

Как видно из рис. 1 при подходе к состоянию равновесия величина  $dn/dz(z, t)$  на уровне критической изохоры ( $z = 0$ ) уменьшается, а на высотах  $z \leq L/2$ , отдаленных от уровня  $z = 0$  – возрастает. Это приводит к пересечению неравновесных изотерм  $dn/dz(z, t)$  между собой и равновесной критической изотермой в окрестности некоторой конкретной высоты  $0 < |z_0| < L/2$ ,

положение которой изменяется с температурой ( $z_0 \sim \Delta T^{\beta \delta}$ ). Вблизи этой высоты неравновесные значения величины  $dn/dz(z \approx z_0, t)$  мало отличаются от своих равновесных значений ( $dn/dz(z = z_0, t = t_p)$ ). Поэтому величина отношения

$$\Delta \frac{dn(z_0, t)}{dz} \bigg/ \frac{dn(z_0, t_p)}{dz} \ll 1.$$

Здесь  $\Delta dn/dz(z, t) = dn/dz(z, t) - dn/dz(z, t_p)$ .

При изменении температуры  $\Delta T_i = T_i - \approx (0,1 \div 10)$ . К уровню пересечения  $z_0$  смещается в пределах величин  $\Delta z_0 \approx (10^{-1} \div 1)$  см.

Проведенные в работах (Рудников, 2015) исследования позволили впервые обнаружить немонотонные полевые (высотные) зависимости времен релаксации  $\tau(z, t)$  различных характеристик неоднородных жидкостей вблизи критической точки в поле Земного тяготения. В работах (Паташинский, 1982) было показано, что максимальные значения времен релаксации  $\tau_m(z)$  градиента показателя преломления  $dn/dz(z, t) \sim dc/dz(z, t)$ , градиента концентрации  $dc/dz(z, t)$  неоднородной жидкости к своему равновесному значению не соответствуют уровню критической изохоры ( $z = 0$ ). Эти исследования показали, что при переходе системы к состоянию равновесия максимальные значения  $\tau_m(z)$  соответствуют высотам  $z = z_0$  ( $\Delta T_i \neq 0$ ), в которых пересекаются неравновесные изотермы  $dn/dz(z, t, T_i) \sim dc/dz(z, t, T_i)$  в разные времена  $t$  с равновесной критической изотермой  $dn/dz(z, T_k)$ .

Необходимо отметить, что очень малое отличие неравновесной величины  $dn/dz(z \approx z_0, t)$  от своего равновесного значения  $dn/dz(z, t_p)$  вблизи уровня  $z_0$  все же не является признаком близости неоднородного вещества на этой высоте к равновесному состоянию. На самом деле, на этой высоте, как и на всех других высотах  $z \neq z_0$  происходит непрерывное изменение плотности, концентрации, значения показателя преломления неоднородного раствора. Однако, в отличие от других слоев неоднородного раствора, именно на этом едином уровне  $z_0$ , который характеризуется максимумом  $\tau_m(z)$ , величина градиента показателя преломления вещества остается почти неизменной  $dn/dz(z \approx z_0, t) \approx \text{const}$ . Можно предположить, что постоянство со временем величины  $dn/dz(z_0, t)$  вблизи уровня  $z \approx z_0$  полностью определяется особенностями кинетики массопереноса компонента данного раствора вверх и вниз неоднородной системы сквозь слой вещества на уровне  $z_0$ .

В связи с этим, исследование различных физических характеристик вещества вблизи этих уровней  $z_0$  экстремумов времени релаксации  $\tau_m(z)$  неоднородных систем в гравитационном поле имеет самостоятельный интерес. (Скаков, 2022). Для решения этого вопроса проанализируем экспериментальные данные, представленные на рис. 1. Выше уже отмечалось, что при подходе системы к состоянию равновесия неравновесные изотермы  $dn/dz(z, t, \Delta T_i)$  и равновесные  $dn/dz(z, t_p, \Delta T_i)$  пересекаются между собой и с равновесной критической изотермой градиента показателя преломления

неоднородного вещества  $dn/dz(z, T_k)$ . Согласно флуктуационной теории фазовых переходов ФТФП (Абдикаримов, 1992) и теории гравитационного эффекта (Алехин, 2006), высотная зависимость критической изотермы  $dn/dz(z, T_k)$  может быть представлена в виде  $dn/dz(z, T_k) = Dh^{(1-\delta)/\delta}$  (Schofield, 1969), (Крупский, 1972). Здесь  $h = \rho_k g z p_k^{-1}$  – полевая переменная;  $\rho_k, p_k$  – критические значения плотности и давления данного раствора. В области высот  $z \leq z_0$  при  $T > T_k$  градиент показателя преломления вещества описывается соотношением  $dn/dz(z, t_p, \Delta T_i) = \tilde{\Theta}^{-\gamma} \Phi(z^*)$  ( $\tilde{\Theta} = (T - T_k)/T_k$  – приведенная температура) (Тастанова, 2023). Здесь  $\Phi(z^*)$  – масштабная функция масштабной переменной  $z^* = h/\tilde{\Theta}^{\beta\delta}$ ;  $\gamma, \beta, \delta$  – критические показатели флуктуационной теории. Тогда для точки пересечения изотерм, где выполняется равенство  $dn/dz(z_0, T_k) = dn/dz(z_0, T > T_k)$  можно записать следующее равенство:

$$D h(z_0)^{(1-\delta)/\delta} = t^{-\gamma} \Phi(z_0^*) \quad (1)$$

Полагая в (1), что масштабная переменная  $z^* \ll 1$  на основе это равенство можно переписать как:

$$D h(z_0)^{(1-\delta)/\delta} = t^{-\gamma} \sum \Gamma_n (z_0^*)^{2n} \quad (2)$$

Тогда, используя в (2) два члена ряда, получаем уравнения относительно масштабной переменной  $z_0^*$ :

$$1 - \Gamma_0/D (z_0^*)^{(\delta-1)/\delta} - \Gamma_1/D (z_0^*)^{2+(\delta-1)/\delta} = 0 \quad (3)$$

Решение уравнения (3) методом итераций имеет вид:

$$z_0^* \approx \left( \frac{D}{\Gamma_0} \right)^{\frac{\delta}{\delta-1}} + \frac{\delta}{\delta-1} \frac{\Gamma_1}{\Gamma_0} \left( \frac{D}{\Gamma_0} \right)^{\frac{3\delta}{\delta-1}} = \text{const} \quad (4)$$

То есть, в точках пересечения  $z_0$  изотерм  $dn/dz(z_0, T \neq T_k)$  с критической изотермой  $dn/dz(z_0, T_k)$  масштабная переменная  $z_0^*$  и масштабная функция  $\Phi(z_0^*)$  сохраняют постоянные значения. ( $z_0^* = h(z_0)/\tilde{\Theta}^{\beta\delta} = \text{const}$ ;  $z_0 \sim \tilde{\Theta}^{\beta\delta}$ ;  $\tilde{\Theta}^{-\gamma} \sim z_0^{(1-\delta)}$ ) Исходя из этого, в соответствии с (1) – (2) в точках пересечения  $z_0$  температурная зависимость градиента показателя преломления вещества  $dn/dz \sim \tilde{\Theta}^{-\gamma}$  такая же, как и вдоль предельного направления – критической изохоры, а полевая зависимость  $dn/dz \sim h^{(1-\delta)/\delta}$  как на критической изотерме; температурная зависимость концентрации неоднородного раствора  $\Delta c(\tilde{\Theta}) = (c - c_k) \sim (p - p_k)$  повторяет температурную зависимость вдоль границы раздела фаз жидкость-жидкость  $\Delta c(\tilde{\Theta}) \sim h(z_0)^{1/\delta} \sim \tilde{\Theta}^\beta$ .

**Результаты и анализ**

С целью определения уравнения этой линии экстремумов времен релаксации было использовано параметрическое уравнение состояния вещества (Анисимов, 1987) (рис. 3):

$$\begin{aligned} \Delta\mu &= a r^{\beta\delta} \theta (1 - \theta^2); \\ \tilde{\theta} &= r^{\beta\delta} (1 - b^2\theta^2); \\ \varphi &= k r^{\beta\delta} \theta \end{aligned} \tag{5}$$

Здесь  $\Delta\mu = (\mu - \mu_k)/\mu_k$ ;  $\varphi = (\rho - \rho_k)/\rho_k$ ;  $r, \theta$  – переменные параметрического уравнения;  $a$  и  $k$  – постоянные, которые характеризуют индивидуальные свойства вещества;  $b^2 = (\gamma - 2\beta)/\gamma (1 - 2\beta)$ ;  $\beta, \delta, \gamma$  – критические показатели ФТФП; линии  $\theta = 0$  соответствует критическая изохора; линии  $|\theta| = b^{-1}$  – критическая изотерма; линии  $|\theta| = 1$  – граница раздела фаз. В поле гравитации Земли высотное изменение химического потенциала  $\Delta\mu(h)$  представляется в виде  $\Delta\mu(h) = \partial\mu/\partial h \cdot h$ .

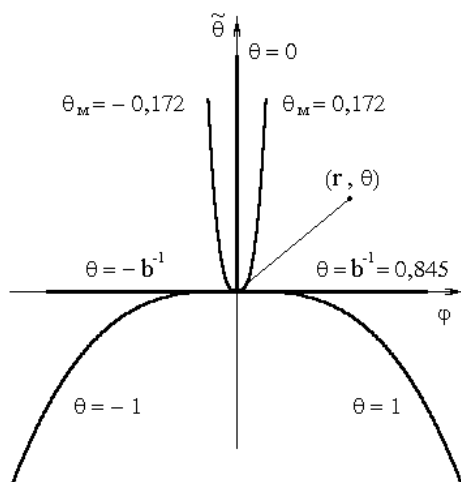


Рис. 3. Параметрическое представление масштабного уравнения состояния.

На основе (5) определим параметры  $\theta_{cp}$  и  $r_{cp}$ , которые соответствуют линии экстремумов времен  $z_0(\tilde{\theta}) = z_m(\tilde{\theta})$  неоднородной жидкости в гравитационном поле (Ashirbayev, 2023). При этом необходимо исходить из того, что на высотах  $z_0(\tilde{\theta}) = z_m(\tilde{\theta})$  пересечения изотерм  $dn/dz(z, \tilde{\theta} \neq 0)$  с критической изотермой  $dn/dz(z, \tilde{\theta} = 0)$  выполняются условия  $\Delta\mu(\theta_m) = \Delta\mu(\theta = b^{-1})$  и

$$\left. \frac{d\varphi}{d\mu}(\theta_m) = \left[ \frac{d\varphi}{d\mu}(\theta = b^{-1}) \right]_{\tilde{\theta}=0} \right\} \text{Исходя из (5) и эти два равенства необходимо представить в виде}$$

$$r^{\beta\delta} b^{-1} (1 - b^{-2}) = r_m^{\beta\delta} \theta_m (1 - \theta_m^2) \quad (6)$$

и

$$r^\gamma \{1 + (2\gamma b^2 - 3)b^{-2}\} = r_m^\gamma \{1 + (2\gamma b^2 - 3)\theta_m^2\} \quad (7)$$

Из (6) и (7) следует уравнение, определяющее параметр  $\theta_m$ , который соответствует линии экстремумов времен релаксации неоднородной жидкости в гравитационном поле:

$$f_1(\theta_m) = A \theta_m (1 - \theta_m^2) = f_2(\theta_m) = (1 + B\theta_m^2)^{\delta/(\delta-1)} \approx 1 + \delta/(\delta-1) B\theta_m^2 \quad (8)$$

Здесь  $A = \frac{\{1 + Bb^{-2}\}^{\delta/(\delta-1)}}{b^{-1}(1-b^{-2})}$ ;  $B = 2\gamma b^2 - 3 < 1$ . Решение этого уравнения

графическим методом приведено на рис. 4.

Для этого были использованы следующие величины критических показателей:  $\beta = 0,338$ ;  $\gamma = 1,23$ ;  $\delta = 1 + \gamma/\beta = 4,67$ , полученные методом введения в соотношения ФТФП малых параметров.

Как видно из рис. 4, равенство (8) выполняется в случае, когда параметр  $\theta_m = \theta = 0,172 \ll 1$ .

Величина параметра  $\theta_m$  может быть рассчитана из кубического уравнения:

$$A \theta_m^3 + \delta/(\delta-1) B \theta_m^2 - A \theta_m + 1 = 0, \quad (9)$$

которое следует из соотношения (8). Корнем этого уравнения является величина  $\theta_{m1} = 0,172$ .

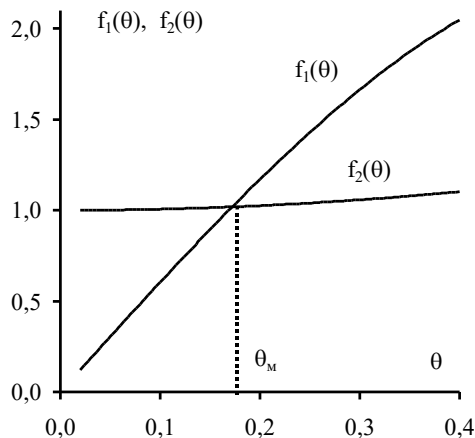


Рис. 4. График определения параметра  $\theta_m$  на основе уравнения (8).

Второй корень кубического уравнения (9)  $\theta_{m2} = 0,845 = b^{-1}$  соответствует критической изотерме  $\left[ \frac{d\varphi}{d\mu}(\theta = b^{-1}) \right]_{\downarrow \tilde{\theta}=0}$ , которая пересекает изотермы  $\frac{d\varphi}{d\mu}(z, \tilde{\theta} \neq 0)$ , и превращает уравнение (6) – (7) на тождество. Третий корень уравнения (9)  $\theta_3 = -1,128 < -1$  не имеет физического смысла в параметрическом представлении масштабного уравнения состояния.

### Заклучение

Согласно (6) и (7) можно найти также и второй параметр  $r_m$ , который определяет линию экстремумов времен релаксации неоднородной жидкости в гравитационном поле. На основе полученных значений  $\theta_m$  и  $r_m$ , с помощью уравнения (5), эта линия приведена на рис. 3. Как было уже отмечено в работе (Абдикаримов, 2008), вдоль этой линии максимумов ( $\theta_m = 0,172$ ) различные свойства неоднородного вещества в гравитационном поле одновременно сочетают в себе свойства жидкостей вдоль трех критических направлений: критической изохоры ( $\theta = 0$ ), критической изотермы ( $\theta = b^{-1}$ ) и границы раздела фаз ( $\theta = 1$ ).

### Литература

Алехин А.Д. Взаимодействие электромагнитного излучения с полем крупномасштабных флуктуаций вблизи критической точки// Сборник трудов международной конференции 11-14 сентября 2002 г., Махачкала– С. 35,38.

Алехин А.Д., Абдикаримов Б.Ж., Булавин Л.А. // УФЖ. – 1991. – Т. 36, № 3. – С. 387-390.

Паташинский А.З., Покровский В.Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. – М.: Наука. 2-е изд., перераб. 1982. – 255с.

Рудников Е.Г., Алехин А.Д. Систематический анализ термодинамических откликов критического флюида во внешнем поле на основе «всестороннего скейлинга»// VIII Научно-практическая конференция с международным участием «Сверхкритические флюиды (СКФ): фундаментальные основы, технологии, инновации» Калининград-2015 3-16

М.Қ. Скаков, Н.Кантай, М. Нуризинова, Б.Туякбаев, М.Баяндинова. Влияние оксида кремния и порошка диоксида на степень кристаллизации и химическую структуру покрытия полимером (свмпэ), полученным методом газотермического напыления// Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының баяндамалары. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.178> Том 4, 153-163

Абдикаримов Б.Ж. Оптические и термодинамические свойства неоднородных двойных растворов вблизи критических точек: Дис... канд. физ.-мат. наук: 01.04.14. – Киев, 1992. – 143 с.

Алехин А.Д. // УФЖ. – 2006. – Т.51, №9. – С. 869-871.

Schofield P. // Phys. Rev. Lett. – 1969. – 22. – Р. 606–608.

Крупский Н.П., Алехин А.Д., Чалый А.В. // ЖЭТФ. – 1972. – Т.63, №10. – С. 1417-1420.

Л.К.Тастанова, А.З.Бекешев, Г.С.Басбаева. Титан диоксиді нанобөлшектерімен модификацияланған эпоксицитті шайыр негізіндегі композитті материалдардың жылы-физикалық қасиеттерін зерттеу// «ҚР ҰҒА баяндамалары» ғылыми журналы Том. 2. № 346(2023), 34-41 <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.208>

Анисимов М.А. Критические явления в жидкостях и жидких кристаллах. – М.: Наука. 1987. – 271 с.

Ashirbayev N.K., Sherniyazova E.K., Methodological recommendations for conducting laboratory work in physics on the online platform “Daryn”, Bilim land // Topical issues of teaching mathematics, physics and information science. -Vol. 4, No.4, (2023), 50-57

Абдикаримов Б.Ж., Алехин А.Д., Рудников Е.Г., Остапчук Ю.Л. Линия экстремумов времен релаксации неоднородной жидкости в гравитационном поле вблизи критической точки // Вестник Евразийского национального университета им. Л.Гумилева, № 6(67), 2008, с.96-101.

### References

Alekhin A.D. Interaction of electromagnetic radiation with the field of large-scale fluctuations near the critical point // Collection of proceedings of the international conference September 11-14, 2002, Makhachkala – pp. 35,38 (in Russ.).

Alekhin A.D., Abdikarimov B.Zh., Bulavin L.A. // UFJ. – 1991. – Т. 36, No. 3. – P. 387-390. (in Russ.).

Patashinsky A.Z., Pokrovsky V.L. Fluctuation theory of phase transitions. – М.: Science. 2nd ed., revised. 1982. – 255p.(in Russ.).

Rudnikov E.G., Alekhin A.D. Systematic analysis of the thermodynamic responses of a critical fluid in an external field based on “comprehensive scaling” // VIII Scientific and Practical Conference with international participation “Supercritical fluids (SCF): fundamentals, technologies, innovations” Kaliningrad-2015 Z-16 (in Russ.).

M.K. Skakov, N. Kantai, M. Nurizinova, B. Tuyakbaev, M. Bayandinova. The influence of silicon oxide and diabase powder on the degree of crystallization and chemical structure of coating with polymer (svmpe), obtained by the gas-thermal spraying method// Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.178> Volume 4, pp.153-163 (in Russ.).

Abdikarimov B.Zh. Optical and thermodynamic properties of inhomogeneous binary solutions near critical points: Dis... Cand. physics and mathematics Sciences: 04/01/14. – Kyiv, 1992. – 143 p. (in Russ.).

Alekhin A.D. // UFJ. – 2006. – Т.51, No. 9. – pp. 869-871. (in Russ.).

Schofield P. // Phys. Rev. Lett. – 1969. – 22. – P. 606–608. (inEng.)

Krupsky N.P., Alekhin A.D., Chaly A.V. // JETP. – 1972. – Т.63, No. 10. – pp. 1417-1420. (in Russ.).

L.K. Tastanova, A.Z. Bekeshev, G.S. Basbaeva. Study of thermal and physical properties of composite materials based on epoxy resin modified with titanium dioxide nanoparticles// scientific magazine “Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan” Vol. 2. No. 346(2023), 34-41 <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.208> (in Kaz.).

Anisimov M.A. Critical phenomena in liquids and liquid crystals. – М.: Science. 1987. – 271 p. (in Russ.).

Ashirbayev N.K., Sherniyazova E.K., Methodological recommendations for conducting laboratory work in physics on the online platform “Daryn”, Bilim land // Topical issues of teaching mathematics, physics and information science. -Vol. 4, No.4, (2023), 50-57. <https://doi.org/10.52081/mpimet.2023.v04.i4.027> (inEng.)

Abdikarimov B.Zh., Alekhin A.D., Rudnikov E.G., Ostapchuk Yu.L. Line of extrema of relaxation times of an inhomogeneous fluid in a gravitational field near the critical point // Bulletin of the Eurasian National University. L. Gumileva, No. 6(67), 2008, pp. 96-101. (in Russ.).

**CONTENTS**

**PHYSICAL**

- B.Zh. Abdikarimov, A.Zh. Seitmuratov, Z.A. Ergalauova**  
MATHEMATICAL MODELS OF RELAXATION TIMES OF  
INHOMOGENEOUS LIQUIDS ALONG CRITICAL DIRECTIONS.....5
- E.A. Dmitriyeva, E.A. Bondar, I.A. Lebedev, K.K. Yelemessov,  
A.E. Kemelbekova**  
ANTI-REFLECTIVE COATINGS BASED ON TIN OXIDE.....16
- A.A. Zhadyranova, U. Ismail, Zh. Beisekeyeva, G. Bekova, U. Ualikhanova,**  
STUDY OF THE FREEZING QUINTESENCE OF LATE-TIME SPACE  
EXPANSION IN  $F(R, L_m)$  GRAVITY.....26
- N. Ussipov, A. Akhmetali, M. Zaidyn, A. Akniyazova, A. Sakan,  
G. Subebekova**  
ENTROPY OF GRAVITATIONAL WAVES.....47

**CHEMISTRY**

- A.Z. Abilmagzhanov, N.S. Ivanov, I. E. Adelbayev, O.S. Kholkin**  
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE PURIFICATION  
OF ALKANOLAMINE SOLUTIONS.....57
- A. Auyeshov, K. Arynov, A. Dikanbayeva, A. Tasboltayeva**  
INTERACTION OF SERPENTINITE FROM THE ZHITIKARA DEPOSIT  
WITH STOICHIOMETRIC AMOUNT OF SULFURIC ACID.....70
- A.S. Dauletbayev, K.A. Kadirbekov, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina,  
Zh.S. Mukhatayeva**  
PURIFICATION OF WASTE SOLUTIONS GENERATED DURING  
URANIUM PRODUCTION WITH POLYMER FLOCCULANTS.....83
- L.D. Volkova, N.A. Zakarina, O.K. Kim, A.K. Akurpekova, A.V.  
Gabdrakipov, T.V.Kharlamova**  
INFLUENCE OF MODIFICATION OF KAOLINITES BY ALUMINUM  
OXIDE ON THE CRACKING ACTIVITY OF PETROLEUM RESIDUE.....96
- Zh. Kairbekov, T.Z. Akhmetov, M.Z. Esenalieva, I.M. Dzheldybaeva,  
S.M. Suimbayeva, M.Zh. Zhomart**  
SELECTIVE HYDROGENATION OF ISOPRENE, PIPERYLENE AND THEIR  
MIXTURES ON SKELETAL NICKEL CATALYSTS.....108



**A.K. Toktabayeva, R.K. Rakhmetullaeva, G.S. Irmukhamedova,  
G.O. Rvaidarova, G.D. Issenova**

STUDY OF THE PHYSIC-CHEMICAL PROPERTIES OF  
THERMOSENSITIVE COPOLYMERS BASED ON POLYETHYLENE  
GLYCOL.....122

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

**Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, З.А. Ергалауова**  
БІРТЕКТІ ЕМЕС СҰЙЫҚТАРДЫҢ КРИТИКАЛЫҚ БАҒЫТТАР  
БОЙЫНДАҒЫ РЕЛАКСАЦИЯ УАҚЫТЫ БОЙЫНША МАТЕМАТИКАЛЫҚ  
МОДЕЛЬДЕРІ.....5

**Е.А. Дмитриева, Е.А. Бондарь, И.А. Лебедев, К.К. Елемесов,  
А.Е. Кемелбекова**  
ҚАЛАЙЫ ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ШАҒЫЛЫСТЫРУҒА ҚАРСЫ  
ЖАБЫНДАР.....16

**А.А. Жадыранова, У. Исмаил, Ж.М. Бейсекеева, Г.Т. Бекова,  
У.А. Уалиханова**  
 $F(R, L_m)$  ГРАВИТАЦИЯДАҒЫ КЕШ ҒАРЫШТЫҚ КЕҢЕЮДІҢ  
МҰЗДАТЫЛҒАН КВИНТЕССЕНЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....26

**Н. Усипов, А. Ахметәлі, М. Зайдын, А. Акниязова, А. Сақан,  
Г. Сүбебекова**  
ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ЭНТРОПИЯСЫ.....47

### ХИМИЯ

**А.З. Абильмагжанов, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, О.С. Холкин**  
АЛКАНОЛАМИН ЕРІТІНДІЛЕРДІ ТАЗАЛАУДЫҢ  
АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ.....57

**А. Ауешов, К. Арынов, А. Диканбаева, А. Тасболтаева**  
«ЖІТІҚАРА» КЕНОРНЫНЫҢ СЕРПЕНТИНИТІНІҢ КҮКІРТ  
ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ СТЕХИОМЕТРИЯЛЫҚ МӨЛШЕРІМЕН  
ӘРЕКЕТТЕСУІ.....70

**Ә.С. Дәулетбаев, К.А. Кадирбеков, С.О. Абилкасова,  
Л.М. Калимолдина, Ж.С. Мұқатаева**  
УРАН ӨНДІРУ БАРЫСЫНДА ТҮЗІЛЕТІН ҚАЙТАРЫМДЫ  
ЕРІТІНДІЛЕРДІ ПОЛИМЕРЛІ ФЛОКУЛЯНТТАРМЕН ТАЗАЛАУ.....83

**Л.Д. Волкова, Н.А. Закарина, О.К. Ким, А.К. Акурпекова,  
А.В. Габдракипов Т.В.Харламова**  
КАОЛИНИТТЕРДІ АЛЮМИНИЙ ОКСИДІМЕН ТҮРЛЕНДІРУДІҢ  
ҚАЛДЫҚ МҰНАЙ ҚОРЫМДАРЫНЫҢ КРЕКИНГТЕГІ  
БЕЛСЕНДІЛІККЕ ӘСЕРІ.....96

**Ж. Каирбеков, Т.З.Ахметов, М.З. Есеналиева, И.М. Джелдыбаева,  
С. М. Суймбаева, М.Ж. Жомарт**  
ИЗОПРЕНДІ, ПИПЕРИЛЕНДІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚОСПАЛАРЫН  
ҚАҢҚАЛЫ НИКЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА ТАЛҒАМПАЗДЫ  
ГИДРЛЕУ.....108

**А.Қ. Тоқтабаева, Р.Қ. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова,  
Г.О. Рвайдарова, Г.Д. Исенова**  
ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРДІҢ  
ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....122

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

**Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, З.А. Ергалауова**  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВРЕМЕН РЕЛАКСАЦИИ  
НЕОДНОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ВДОЛЬ КРИТИЧЕСКИХ  
НАПРАВЛЕНИЙ.....5

**Е.А. Дмитриева, Е.А. Бондарь, И.А. Лебедев, К.К. Елемесов,  
А.Е. Кемелбекова**  
АНТИОТРАЖАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ОЛОВА.....16

**А.А. Жадыранова, У. Исмаил, Ж.М. Бейсекеева, Г.Т. Бекова, У.А.  
Уалиханова**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМОРОЖЕННОЙ КВИНТЭССЕНЦИИ ПОЗДНЕГО  
КОСМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ В  $F(R, L_m)$  ГРАВИТАЦИИ.....26

**Н. Усипов, А. Ахметәлі, М. Зайдын, А. Акниязова\*, А. Сақан,  
Г. Сүбебекова**  
ЭНТРОПИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН.....47

### ХИМИЯ

**А.З. Абилямгажанов, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, О.С. Холкин**  
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ  
РАСТВОРОВ АЛКАНОЛАМИНОВ.....57

**А. Ауешов, К. Арынов, А. Диканбаева, А. Тасболтаева**  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕРПЕНТИНИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
"ЖИТИКАРА" СО СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИМ КОЛИЧЕСТВОМ  
СЕРНОЙ КИСЛОТЫ.....70

**А.С. Даулетбаев, К.А. Кадирбеков, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина,  
Ж.С.Мукатаева**  
ОЧИСТКА ОБОРОТНЫХ РАСТВОРОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ  
ПРОИЗВОДСТВЕ УРАНА ПОЛИМЕРНЫМИ ФЛОКУЛЯНТАМИ.....83

**Л.Д. Волкова, Н.А. Закарина, О.К. Ким, А.К. Акурпекова,  
А.В. Габдракипов, Т.В.Харламова**  
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ КАОЛИНИТОВ ОКСИДОМ  
АЛЮМИНИЯ НА АКТИВНОСТЬ В КРЕКИНГЕ ОСТАТОЧНОГО  
НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ.....96

**Ж. Каирбеков, Т.З. Ахметов, М.З. Есеналиева, И. М. Джелдыбаева,  
С.М. Суймбаева\*, М.Ж. Жомарт**  
СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ИЗОПРЕНА, ПИПЕРИЛЕНА И ИХ  
СМЕСЕЙ НА СКЕЛЕТНЫХ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ.....108

**А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, Г.О. Рвайдарова,  
Г.Д. Исенова**  
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОПОЛИМЕРОВ  
НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ.....122

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

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

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

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

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

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

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 12.12.2023.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.

---

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