

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

2023 • 3



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ

HALYK

CHARITY FOUNDATION

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

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

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

REPORTS

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

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

БАС РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

EDITOR IN CHIEF:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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>

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

ISSN 2224-5227

Volume 3. Number 347 (2023), 20–27

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.221>

UDC 533.5, 538,911

© **Y.A. Zhakanbaev***, **V.N. Volodin**, **Yu.Zh. Tuleushev**, 2023

Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: zhakanbayev.yeldar@inp.kz

DECREASING THE MELTING TEMPERATURE OF NANOPARTICLES AND SURFACE TENSION AT THE MELT–CRYSTAL BOUNDARY IN THE HAFNIUM-CADMIUM SYSTEM

Zhakanbaev Yeldar Askhatovich — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

E-mail: zhakanbayev.yeldar@inp.kz. ORCID: 0000-0001-9133-5487;

Volodin Valery Nikolaevich — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

E-mail: volodinv_n@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9543-5944;

Tuleushev Yuri Zhianshakhovich — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

E-mail: yuriy.tuleushev@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6555-3891.

Abstract. In the process of forming coatings of the system, which are solid solutions of cadmium in hafnium, the maximum critical dimensions were established, at which metals can spontaneously form solid solutions from the point of view of thermal fluctuation melting: for hafnium - 1.8 nm, for cadmium - 1.6 nm. The boundaries of the existence of solutions extend up to 64.1 at. % Cd in hafnium. Based on this, the hyperbolic dependences of the decrease in the melting point of ultrafine particles of hafnium and cadmium on their size are calculated. Based on the Thomson formula, without taking into account the Laplace correction, the approximate values of the surface tension at the liquid-crystal interface were calculated, which amounted to 0.60 J/m² for hafnium and 3.82×10⁻² J/m² for cadmium. A comparison of these values with similar data for niobium, tantalum, molybdenum, and wolfram showed that the size effect is the predominant factor in the formation of solid solutions of refractory metals.

Keywords: hafnium, cadmium, nanoparticle, diffractogram, solid solution, liquid, crystal, surface tension

Acknowledgments. The work was performed under financial support of the State Institution “Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan” within the framework of the Scientific-Technical Program BR18574073.

© **Е.А. Жаканбаев***, **В.Н. Володин**, **Ю.Ж. Тулеушев**, 2023

Ядролық Физика Институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: zhakanbayev.yeldar@inp.kz

ГАФНИЙ-КАДМИЙ ЖҮЙЕСІНДЕГІ НАНОБӨЛШЕКТЕРДІҢ БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ЖӘНЕ БАЛҚЫМА-КРИСТАЛ ШЕКАРАСЫНДАҒЫ БЕТТІК КЕРІЛҮДІ АЗАЙТУ

Жаканбаев Елдар Асхатович — физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhakanbayev.yeldar@inp.kz. ORCID: 0000-0001-9133-5487;

Володин Валерий Николаевич — физика-математика ғылымдарының докторы, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: volodinv_n@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9543-5944;

Тулеушев Юрий Жнаншахович — физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институтының профессоры, Алматы қ, Қазақстан

E-mail: yuriy.tuleushev@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6555-3891.

Аннотация. Гафнийдегі кадмийдің қатты ерітінділері болып табылатын жүйенің жабындарын қалыптастыру процесінде термиялық флукуациялық балку тұрғысынан металдар өздігінен қатты ерітінділер түзе алатын максималды критикалық өлшемдер белгіленді: гафний үшін — 1,8 нм, үшін. кадмий — 1,6 нм. Ерітінділердің болуының шекаралары гафнийдегі 64,1 at.% Cd дейін созылады. Осының негізінде гафний мен кадмийдің өте ұсақ бөлшектерінің балку температурасының төмендеуінің олардың өлшемдеріне гиперболалық тәуелділіктері есептеледі. Томсон формуласына сүйене отырып, Лаплас түзетуін есепке алмастан, гафний үшін 0,60 Дж/м² және кадмий үшін 3,82×10⁻² Дж/м² құрайтын сұйық-кристалдық интерфейстегі беттік керілудің жуық мәндері есептелді. Бұл мәндерді ниобий, тантал, молибден және вольфрам бойынша ұқсас деректермен салыстыру өлшемдік әсердің балкитын металдардың қатты ерітінділерінің түзілуінде басым фактор екенін көрсетті.

Түйін сөздер: гафний, кадмий, нанобөлшек, дифрактограмма, қатты ерітінді, сұйық, кристал, беттік керілу

© **Е.А. Жаканбаев***, **В.Н. Володин**, **Ю.Ж. Тулеушев**, 2023

Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан.

E-mail: zhakanbayev.yeldar@inp.kz

ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ РАСПЛАВ – КРИСТАЛЛ В СИСТЕМЕ ГАФНИЙ – КАДМИЙ

Жаканбаев Елдар Асхатович — кандидат физико-математических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: zhakanbayev.yeldar@inp.kz. ORCID: 0000-0001-9133-5487;

Володин Валерий Николаевич — доктор физико-математических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: volodinv_n@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9543-5944;

Тулеушев Юрий Жияншахович — кандидат физико-математических наук, профессор, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: yuriy.tuleushev@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6555-3891.

Аннотация. В процессе формирования покрытий системы, представляющих собой твердые растворы кадмия в гафнии установлены максимальные критические размеры, при которых металлы могут самопроизвольно образовывать твердые растворы с точки зрения термофлуктуационного плавления: для гафния – 1.8 нм, для кадмия – 1.6 нм. Границы существования растворов простираются до 64.1 ат. % Cd в гафнии. На этом основании рассчитаны гиперболические зависимости понижения температуры плавления ультрадисперсных частиц гафния и кадмия от их размера. На основании формулы Томсона без учета поправки Лапласа рассчитаны ориентировочные величины поверхностного натяжения на границе жидкость – кристалл составившие величину 0.60 Дж/м² для гафния и 3.82×10^{-2} Дж/м² для кадмия. Сопоставление указанных величин с аналогичными данными для ниобия, тантала, молибдена и вольфрама показало, что преобладающим фактором образования твердых растворов тугоплавких металлов является размерный эффект.

Ключевые слова: гафний, кадмий, наночастица, дифрактограмма, твердый раствор, жидкость, кристалл, поверхностное натяжение

Introduction

The development of nanotechnology has led to the interest of researchers in the field of materials science, which includes knowledge about the influence of ultradisperse formations on the properties of materials. Roduner E. (Roduner, 2006 a: 9) (Roduner, 2010 a: 192) when considering the thermodynamics of small systems, noted several key points, in particular: for sufficiently small systems, ideas about the phase state and phase transitions become meaningless; for very small and isolated systems, fluctuations begin to play a huge role; in such systems, a reasonable definition of the concept of temperature becomes impossible; the melting and boiling temperature of liquid nanosized droplets of a substance is always lower than the corresponding values in the bulk phase of the same material, etc. The use of the size factor involves the production of new materials with unusual properties.

In this regard, to date, a very significant number of works have been carried out on the influence of particle size on the melting point (Peppiatt et. al., 1975; Berty et. al., 1977; Zhdanov, 1977; Buffat et. al., 1976; Perepezko et. al., 1993; Zou et. al., 2010; Jiang et. al., 2006; Volodin et. al., 2018; Stowell, 1970; Qingshan et. al., 2018), the thermodynamics of small formations (Mu et. al., 2012; Luo et. al., 2011; Volodin et. al., 2019), the structure of the material, the design of the process, and many others. Such studies resulted in the production of new materials with

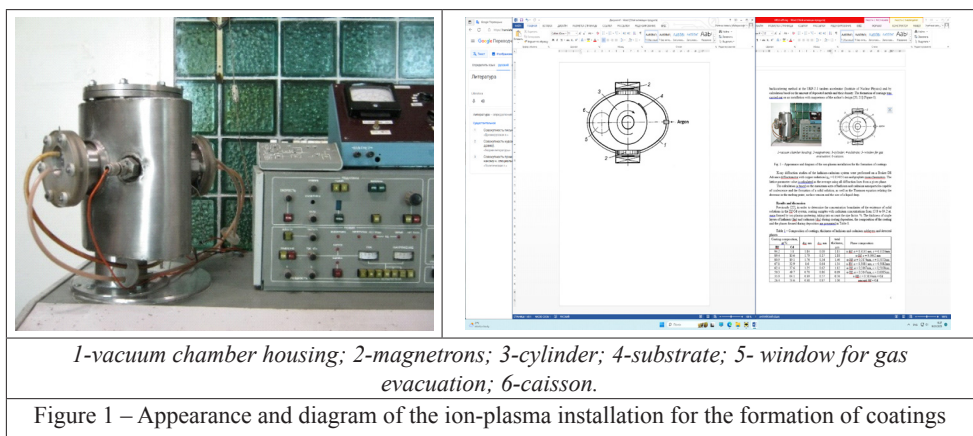
unusual properties, including those applied to the hafnium-cadmium system under consideration.

However, studies on the effect of the size of nanoparticles on their melting temperature, as well as on assessing the value of surface tension at the liquid-crystal interface in accordance with the concept of thermofluctuation melting, are rare, and there is no similar information regarding the Hf – Cd binary system.

Taking into account the above, the purpose of this study was to study the effect of size on the melting temperature of nanoparticles and estimate the surface tension at the solid-liquid interface for the hafnium-cadmium system.

Object and methodology of research

Film coatings containing cadmium from 13.8 to 84.2 at. were used as the object of study. %, the rest is hafnium. The samples were obtained by layer-by-layer (with a small number of lattice periods) coprecipitation of particles of sputtered metals onto a substrate moving relative to low-pressure plasma flows. The coatings applied to substrates made of polycor – polycrystalline $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ with dimensions of 6×12 mm. The film thickness was determined by the Rutherford proton backscattering method at the UKP-2-1 tandem accelerator (Institute of Nuclear Physics) and by calculation based on the amount of deposited metals and their density. The formation of coatings was carried out on an installation with magnetrons of the author's design (Volodin et. al., 2019) (Figure 1).



X-ray diffraction studies of the hafnium-cadmium system were performed on a Bruker D8 Advance diffractometer with copper radiation $\lambda_{\text{Cu}} = 0.154051$ nm and graphite monochromators. The lattice parameter value is calculated as the average using all diffraction lines from a given phase.

The calculation is based on the maximum sizes of hafnium and cadmium nanoparticles capable of coalescence and the formation of a solid solution, as well as the Thomson equation relating the decrease in the melting point, surface tension and the size of a liquid drop.

Results and discussion

Previously (Volodin et. al., 2019), in order to determine the concentration boundaries of the existence of solid solutions in the Hf-Cd system, coating samples with cadmium concentrations from 13.8 to 84.2 at. were formed by ion-plasma sputtering, taking into account the size factor. %. The thickness of single layers of hafnium (d_{Hf}) and cadmium (d_{Cd}) during coating deposition, the composition of the coating and the phases formed during deposition are presented in Table 1.

Table 1 – Composition of coatings, thickness of hafnium and cadmium sublayers and detected phases

Coating composition, at. %:		d_{Hf} , nm	d_{Cd} , nm	total thickness, μm	Phase composition
Hf	Cd				
94.2	5.8	1.84	0.09	1.15	$\alpha\text{-Hf}$; $a = 0.3131 \text{ nm}$, $c = 0.5119 \text{ nm}$
89.4	10.6	1.79	0.17	1.18	$\alpha\text{-Hf}$; $c = 0.5052 \text{ nm}$
80.9	19.1	1.76	0.34	1.40	$\alpha\text{-Hf}$; $a = 0.3174 \text{ nm}$, $c = 0.5072 \text{ nm}$
67.1	32.9	1.6	0.64	1.34	$\alpha\text{-Hf}$; $a = 0.3081 \text{ nm}$, $c = 0.5082 \text{ nm}$
62.4	37.6	1.25	0.62	1.12	$\alpha\text{-Hf}$; $a = 0.3167 \text{ nm}$, $c = 0.5108 \text{ nm}$
50.3	49.7	0.70	0.86	0.69	$\alpha\text{-Hf}$; $a = 0.3147 \text{ nm}$, $c = 0.6085 \text{ nm}$
35.9	64.1	0.39	0.57	0.76	$\alpha\text{-Hf}$ $c = 0.5134 \text{ nm}$ + Cd
26.4	73.6	0.38	0.87	1.00	amorph Hf + Cd

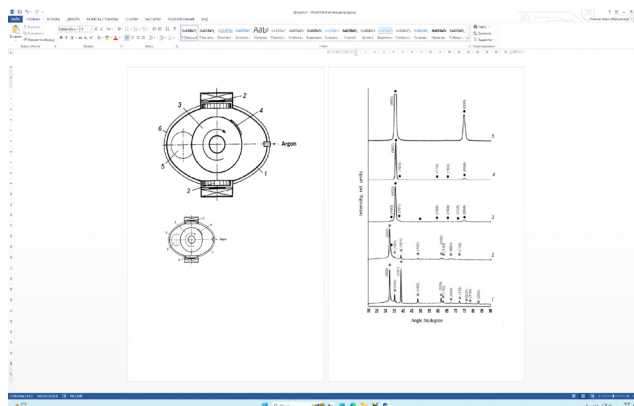
Figure 1 shows diffraction patterns of coatings of the Hf-Cd system, confirming the presence of solid solutions of cadmium in hafnium up to a concentration of 64.1 at. % Cd in the original samples.

The diffraction patterns show that at a high cadmium content (73.6 at.% Cd), the coating is represented by the cadmium phase, and the hafnium present in it is amorphized, as evidenced by the halo in the region of the (002) cadmium peak. When the cadmium content in the coating is reduced to 64.1 at.%, signs of the appearance of a solid solution of Cd in Hf appear - the (002) peak of the solid solution. When the cadmium content in the coating is 37.6 at.%, a well-crystallized $\alpha\text{-Hf}$ phase is observed with parameters $a = 0.3167 \text{ nm}$, $c = 0.5108 \text{ nm}$, which has signs of texture in the [002] direction. When the cadmium concentration in the coating is less than 19.1 at.%, the latter in the [002] direction becomes dominant. The existence of a solid solution based on hafnium up to a cadmium concentration of 64.1 at. % confirmed by diffractometry (Figure 2) – the (002) peak of $\alpha\text{-hafnium}$ is present. Based on the data given in Table 1, the critical sizes of hafnium and cadmium are 1.60 and 1.40 nm, respectively. This, in accordance with the concepts of thermal fluctuation melting of ultrasmall particles, makes it possible to estimate the surface tension at the crystal-melt interface. Due to the fact that the decrease in the melting point (ΔT) of small metal particles in most cases is described quite well by a hyperbola:

$$\Delta T = k \times \frac{1}{2r}, K, \quad (1)$$

where: $2r$ – particle size, m; k – coefficient, $K \cdot m$,

We have determined the coefficients (k) in the equation for reducing the melting temperature of massive hafnium samples from 2504 K (2231 °C) to 373 K (100 °C), given in Table 2. The coefficients of other refractory metals that form alloys in cadium in similar conditions (Tuleushev et. al., 2022).



1 – 73,6 at.% Cd ; 2 – 64,1 at.% Cd; 3 – 37,6 at.% Cd; 4 – 19,1 at.% Cd; 5 – 5,8 at.% Cd,
 (□ - Cd, ● solid solution Cd in Hf)

Figure 2 – Diffraction patterns of Hf-Cd system coatings with different Cd contents on glass substrates

Table. 2 – Coefficient k depending on temperature decrease on particle size

System	Coefficient k ($K \cdot m$) for:					
	Hf	Nb	Ta	Mo	W	Cd
Hafnium – cadmium	$3,92 \times 10^{-6}$	–	–	–	–	$3,09 \times 10^{-7}$
Niobium – cadmium	–	$5,19 \times 10^{-6}$	–	–	–	$7,07 \times 10^{-7}$
Tantalum - cadmium	–	–	$4,96 \times 10^{-6}$	–	–	$4,64 \times 10^{-7}$
Molybdenum - cadmium	–	–	–	$3,78 \times 10^{-6}$	–	$4,86 \times 10^{-7}$
Tungsten - cadmium	–	–	–	–	$2,26 \times 10^{-6}$	$2,85 \times 10^{-7}$

Thus, a decrease in the temperature of nano-sized hafnium particles corresponds to the dependence:

$$\Delta T = 3,92 \times 10^{-6} \times \frac{1}{2r}, K; \text{ cadmium} - \Delta T = 3,09 \times 10^{-7} \times \frac{1}{2r}, K \quad (2)$$

The obtained coefficients in the hyperbolic equation make it possible to estimate the decrease in the melting point of these metals depending on the particle size.

At the same time, the decrease in the melting temperature is described by the Thomson formula without taking into account the Laplace correction for the change in pressure in a liquid drop due to its small value:

$$\Delta T = T_o - T = \frac{2\sigma T_o}{\Delta H \rho_s r}, \quad (3)$$

where: T_0 is the melting temperature of the massive sample, K; T is the melting temperature (K) of a particle with radius r , m ; H - heat of fusion per unit mass, J/kg; ρ_s —density of crystalline particle, kg/m³; σ - surface tension at the crystal-melt interface, J/m².

For calculations, the values of density and heat of fusion of metals were borrowed from the reference publication (Grigorieva, 1991) and recalculated (the latter) to the dimension J/kg.

The estimated calculated (for a temperature of 100 °C) surface tension of metals at the crystal-melt interface showed in Table 3.

Table 3 – Estimated value of surface tension of metals at the crystal-melt interface

System	Surface tension σ (J/m ²) for:					
	Hf	Nb	Ta	Mo	W	Cd
Hafnium – cadmium	0.60	–	–	–	–	3.82×10^{-2}
Niobium – cadmium	–	0,56	–	–	–	$14,2 \times 10^{-2}$
Tantalum - cadmium	–	–	1,21	–	–	$9,32 \times 10^{-2}$
Molybdenum - cadmium	–	–	–	1,25	–	$9,97 \times 10^{-2}$
Tungsten - cadmium	–	–	–	–	0,53	$5,77 \times 10^{-2}$

It can be seen that the surface tension for nanosized particles of refractory metals differs by two orders of magnitude from that for cadmium. It should be noted, however, that the given values are of an approximate nature and are determined for the sizes of metal particles that were obtained by detecting a solid solution - an alloy.

The data obtained will be useful for researchers in the field of metallurgy and metal physics, as well as technologists involved in the production of new alloys and materials by deposition of nanodispersed particles.

Conclusions

Based on the maximum sizes of hafnium and cadmium nanoparticles capable of forming solid solutions in accordance with the concept of thermofluctuation melting, hyperbolic dependences of the melting temperature on their size were calculated. The estimated surface tension of small hafnium particles (1.8 nm) corresponds to 0.60 J/m², which is the same order of magnitude for niobium, tantalum, molybdenum and tungsten. It follows that the predominant factor in the formation of solid solutions of refractory metals is not the physical and structural properties, but the size effect. For cadmium, the surface tension is two orders of magnitude lower and amounts to 3.82×10^{-2} J/m². The estimated surface tension of small particles (1.8 nm) corresponds to 0.60 J/m². The results obtained may be useful for specialists working in the field of nanotechnology.

REFERENCES

Roduner E. (2006). Size matters: Why nanomaterials are different. Chem. Soc. Rev. 35:583–592 <https://doi.org/10.1039/B502142C> (in Eng.).

Roduner E. (2010). Size effects in nanomaterials, Tehnosfera, Russia. ISBN: 978-5-94836-265-6 (in Russ.).

Peppiatt S.J. (1975). The melting of particles. II. Bismuth. Proceedings of the Royal Society A. London. 1642:401-412. DOI:10.1098/rspa.1975.0145 (in Eng).

Berty J., David M.J., Lafourcade L. (1977). Etude de la surfusion de films mines de bismuth par diffraycon des electrons, Thin Solid Films, V.46:2:177-185. DOI: doi.org/10.1016/0040-6090(77)90060-8 (in Eng).

Zhdanov G.S. (1977). Solid State Physics [Fizika tverdogo tela]. 19:1:299-301.

Buffat Ph., Borel J-P. (1976). Size effect on the melting temperature of gold particles, Physical Review A. 13:6:2287-2298. DOI:https://doi.org/10.1103/Phys. RevA.13.2287 (in Eng).

Perepezko J.H., Rasmussen D.H. (1993). Solidification of highly supercooled liquid metal and alloys, Journal of Non-Crystalline Solids. 156-158:463-472. DOI: doi.org/10.1016/0022-3093(93)90002-F (in Eng).

Zou C., Gao Y., Yang B., Zhai Q. (2010). Size dependent melting properties of Sn nanoparticles by chemical reduction synthesis, Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 20:2:248-253. DOI: org/10.1016/S1003-6326(09)60130-8 (in Eng).

Jiang H., Moon K., Dong H. (2006). Size dependent melting properties of tin nanoparticles, Chemical Physics Letters, 429:4:492-496. DOI: org/10.1016/j.cplett.2006.08.027 (in Eng).

Volodin V.N., Tuleushev Yu.Zh., Nitsenko A.V., Burabaeva N.M. (2018). Size effect during the formation of an alloy of niobium with cadmium by ultrafine particles at low temperatures, Integrated use of mineral raw materials [Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a.] 4:98-104 (in Russ).

Volodin V.N., Tuleushev Yu.Zh., Nitsenko A.V., Burabaeva N.M. (2019). Concentration Limits of Niobium and Cadmium Alloys Existence, Formed by Ultrafine Particles Integrated use of mineral raw materials [Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a.] 1:30-35 (in Russ).

Stowell M.J. (1970). The Solid-Liquid Interfacial Free Energy of Lead from Supercooling Data The Philosophical Magazine: A Journal of Theoretical Experimental and Applied Physics 22:176:1-6. DOI:doi.org/10.1080/14786437008228146 (in Eng).

Qingshan F., Yongqiang X., Zixiang C. (2018). Size - and shape - dependent surface thermodynamic properties of nanocrystals, Journal of Physics and Chemistry of Solids. 116:79-85 DOI:org/10.1016/j.jpcs.2018.01.018 (in Eng).

Mu J., Zhu Z.W., Zhang H.F. (2012). Size dependent melting behaviors of nanocrystalline in particles embedded in amorphous matrix, Journal Applied Physics, 111:4:043515-043519 DOI:org/10.1063/1.3686624 (in Eng).

Luo W., Su K., Li K., Li Q. (2011). Connection between nanostructured materials' size dependent melting and thermodynamic properties of bulk materials, Solid State Communications, 151:3:229-233. DOI:org/10.1016/j.ssc.2010.11.025 (in Eng).

Volodin V.N., Nitsenko A.V., Trebukhov S.A., Burabaeva N.M., Tuleushev Yu.Zh. (2019). Preparation of binary cadmium alloys with refractory metals by deposition of nanoparticles, Collection of articles. report XI int. Congress "Non-Ferrous Metals and Minerals". 1:1019-1028 (in Russ)

Volodin V.N., Tuleushev Yu.Zh., Trebukhov S.A., Nitsenko A.V., Burabaeva N.M. (2019). Preparation of binary alloys of niobium with low-melting metals by deposition of nanoparticles, Izv. universities Non-ferrous metallurgy [Izvestiya vuzov evetnaya metallurgiya]. 5:40-48 (in Russ).

Tuleushev Yu. Zh., Volodin V.N., Karakozov B.K., Zhakanbaev E.A., Mamyrbayev A.K., Kaliyeva A.K. (2022). Coatings of the Hafnium-Cadmium System: Preparation and Phase Composition, Physics of Metals and Metallography [Fizika metallov i metallovedeniye] 123:8:804-807. DOI: 10.1134/S0031918X22080154 (in Russ).

Ed. I.S. Grigorieva, E.Z. Meilikhova. M. (1991). Physical quantities. [Fizicheskie velichini]: Energoatomizdat, Russia 99:289 (in Russ).

**МАЗМУНЫ
ФИЗИКА**

М.С. Есенаманова, Ж.С. Есенаманова, А.Е. Глепбергенова, М. Махамбет, Н.Б. Байтемирова ГИДРОПОНИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫДАҒЫ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ПЕН ЭЛЕКТР ӨТКІЗГІШТІК ШАМАЛАРЫНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ.....	7
Е.А. Жақанбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ГАФНИЙ-КАДМИЙ ЖҮЙЕСІНДЕГІ НАНОБӨЛШЕКТЕРДІҢ БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ЖӘНЕ БАЛҚЫМА-КРИСТАЛ ШЕКАРАСЫНДАҒЫ БЕТТІК КЕРІЛҮДІ АЗАЙТУ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Ақаев, Р.В. Кирьянов СУТЕКТІ САҚТАУ ҮШІН ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНУДАН КЕЙІН КОНТЕЙНЕР МАТЕРИАЛЫН ЗЕРТТЕУ.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева БАРДИН-ЯНГ-МИЛЛС ҚАРА ҚҰРДЫМДАРЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ.....	36
В.М. Терещенко 8 ^m -10 ^m СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК СТАНДАРТТАР.VI. +40° АЙМАҚ.....	47
А.Ж. Тычenguлова, К.А. Катпаева MN НЕГІЗІНДЕ ӨТПЕЛІ МЕТАЛДАР КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДАҒЫ ФОТОАКТИВАЦИЯНЫҢ БАСТАПҚЫ КЕЗЕҢІН ЗЕРТТЕУ.....	58
И. Хромущин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева БАРИЙ ЦЕРАТЫ ЖӘНЕ ЛАНТАН СКАНДАТЫ НЕГІЗІНДЕГІ ПРОТОНДЫ ӨТКІЗГІШТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ЭЛЕКТРОЛИТ ҚҰРАМЫНЫҢ АНОДЫ ЖОҚ ЛИТИЙ-ИОНДЫ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	83
М.Ә. Дәуренбек ШЕТЕЛДІК ЗЕРТТЕУЛЕР АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ШЕҢБЕРІНДЕ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН СУЛЬФИДТЕРДІҢ КЕШЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫ ТУРАЛЫ.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов БУТИЛ СПИРТТЕРІНІҢ ӨРТҮРЛІ ӘДІСТЕРМЕН СИНТЕЗІНЕ КЕШЕНДІ ШОЛУ.....	106
А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді ПОЛИМЕРҚҰРАМДЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ БИТУМ ТОТЫҚТЫРУҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ: ШОЛУ.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова ҚҰРАМЫ БАЙЫТЫЛҒАН НАННЫҢ ЖАҢА ТҮРІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ.....	134
А. Қуандықова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакибаев ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІН АЛУДА АШІСАЙ МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ЗАУЫТЫНЫҢ КЛИНКЕРІН РЕТТЕУШІ ҚОСПА РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУДЫ ЗЕРТТЕУ.....	146
Г.М. Мадыбекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева ПРОБИОТИКАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ТУРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН ӨМІР СҮРУІН АРТТЫРУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛДАУ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова, У.Т. Жуматаева ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨңІРІНІҢ <i>ARTEMISIA L.</i> ТУЫСЫНЫҢ ТҮРЛЕРІНІҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	172
Н. Сағдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk <i>ASTERACEAE</i> ТҰҚЫМДАСЫНА ЖАТАТЫН КЕЙБІР ӨСІМДІКТЕРДІҢ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді, Х.И. Акбаров АУЫР МҰНАЙДЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН КОКС АЛУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ.....	191
А.А. Шинибекова, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ТАБИҒИ РЕСУРСТАРДАН КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ: ШОЛУ.....	210

СОДЕРЖАНИЕ
ФИЗИКА

М.С.Есенаманова, Ж.С.Есенаманова, А.Е.Тлепбергенова, Махамбет М., Байтемирова Н.Б. ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЕЛИЧИН КИСЛОТНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ГИДРОПИОННОЙ УСТАНОВКЕ.....	7
Е.А. Жаканбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ РАСПЛАВ – КРИСТАЛЛ В СИСТЕМЕ ГАФНИЙ – КАДМИЙ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Акаев, Р.В. Кирьянов ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛА КОНТЕЙНЕРА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНЫХ ДЫР БАРДИНА-ЯНГА-МИЛЛСА.....	36
В.М. Терещенко СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ 8 ^m -10 ^m . VI. ЗОНА +40°	47
А.Ж. Тычenguлова, К.А. Катпаева ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ФОТОАКТИВАЦИИ В КАТАЛИЗАТОРАХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ MN.....	58
И. Хромушин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ЦЕРАТА БАРИЯ И СКАНДАТА ЛАНТАНА.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗАНОДНЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	83
М.А. Дауренбек О ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СУЛЬФИДОВ В РАМКАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР СИНТЕЗА БУТИЛОВЫХ СПИРТОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ.....	106
А.Т.Кабылбекова, Е.Тілеуберді ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРОСОДЕРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОКИСЛЕНИЕ БИТУМА: ОБЗОР.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ВИДА ХЛЕБА С ОБОГАЩЕННЫМ СОСТАВОМ.....	134
А. Куандыкова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакипбаев ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛИНКЕРА АШЧИСАЙСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	146
Г.М. Мадыебекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СТАБИЛЬНОСТИ И ВЫЖИВАЕМОСТИ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова У.Т. Жуматаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВИДОВ РОДА <i>ARTEMISIA L.</i> ЮЖНОГО КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА.....	172
Н. Сагдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА <i>ASTERACEAE</i>	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е.Тілеуберді, Х.И. Акбаров ОБЗОР МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОКСА ИЗ ОСТАТКОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ.....	191
А.А. Шинибеева, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ОБЗОР: РАЗРАБОТКА УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	210

PHYSICAL SCIENCES

M. Yessenamanova, Zh. Yessenamanova, A. Tlepbergenova, M. Makhambet, N. Baitemirova THE RELATIONSHIP BETWEEN THE VALUES OF ACIDITY AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN A HYDROPONIC INSTALLATION.....	7
Y.A. Zhakanbaev, V.N. Volodin, Yu.Zh. Tuleushev DECREASING THE MELTING TEMPERATURE OF NANOPARTICLES AND SURFACE TENSION AT THE MELT-CRYSTAL BOUNDARY IN THE HAFNIUM-CADMIUM SYSTEM.....	20
A.S. Larionov, A.S. Dikov, L.A. Dikova, S.O. Akayev, R.V. Kiryanov RESEARCH OF CONTAINER MATERIAL AFTER LONG-TERM USAGE FOR HYDROGEN STORAGE.....	28
Y. Myrzakulov, G. Yergaliyeva THERMODYNAMIC STRUCTURE OF BARDEEN-YANG-MILLS BLACK HOLES.....	36
V.M. Tereschenko SPECTROPHOTOMETRIC STANDARDS 8 ^m - 10 ^m . VI. ZONE +40°.....	47
A.Z. Tychengulova, K.A. Katpayeva INVESTIGATION OF THE INITIAL STAGE OF PHOTOACTIVATION IN MN-BASED TRANSITION METAL CATALYSTS.....	58
I. Khromushin, T. Aksenova, E. Slyamzhanov, K. Munasbaeva COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTON CONDUCTORS BASED ON BARIUM CERATE AND LANTHANUM SCANDATE.....	71
CHEMISTRY	
A. Abdrakhmanova, N. Omarova, A. Sabitova THE EFFECT OF THE COMPOSITION OF ELECTROLYTES ON THE ELECTROCHEMICAL PARAMETERS OF ANODE-FREE LITHIUM-ION BATTERIES.....	83
M.A. Daurenbek ABOUT FOREIGN RESEARCH OF COMPLEX SULFIDE COMPOUNDS AS PART OF THEIR USE IN WASTEWATER PURIFICATION TECHNOLOGIES.....	94
S. Yegemberdiyeva, N. Khaldarov, M. Rakhimov A COMPREHENSIVE REVIEW ON BUTYL ALCOHOLS SYNTHESIS THROUGH DIFFERENT METHODS.....	106
A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi STUDY OF THE INFLUENCE OF POLYMER-CONTAINING HOUSEHOLD WASTE ON BITUMEN OXIDATION: REVIEW.....	119
Z. Kobzhasarova, M. Kassymova, G. Orymbetova DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A NEW TYPE OF BREAD WITH AN ENRICHED COMPOSITION.....	134
A. Kuandykova, N. Zhanikulov, B. Taimasov B. Zhakipbayev INVESTIGATION OF THE USE OF CLINKER OF THE ASHCHISAI METALLURGICAL PLANT AS ADDITIVE IN THE PRODUCTION OF PORTLANDCEMENT CLINKER.....	146
G.M. Madybekova, B.Zh. Mutaliyeva, E.M. Turkeyeva, A.B. Issayeva MICROCAPSULATION OF PROBIOTIC MICROORGANISMS TO INCREASE THEIR STABILITY AND SURVIVAL.....	157
Zh.Sh. Rakhimberdiyeva, S.D. Arystanova U.T. Zhumataeva FITOCHEMICAL COMPOSITION OF SPECIES OF THE GENUS ARTEMISIA L. IN THE SOUTHERN KAZAKHSTAN REGION.....	172
N. Sagdollina, M. Ibrayeva, Zh. Mukazhanova, M. Ozturk COMPARATIVE ACIDIC COMBINATION ANALYSIS OF SELECTED <i>ASTERACEAE</i> FAMILY SPECIES.....	181
A.S. Ungarbayeva, A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi, Kh.I. Akbarov REVIEW OF METHODS FOR OBTAINING COKE FROM HEAVY OIL WASTES.....	191
A.A. Shinibekova, J.L. Diaz de Tuesta, B.K. Massalimova REVIEW: DEVELOPMENT OF CARBON-BASED MATERIALS FROM NATURAL RESOURCES.....	210

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

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

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

Подписано в печать 30.09.2023.

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

22,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.