

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

2023 • 4



«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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № КЗ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи 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

ЦЕПЕТКИН 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 4. Number 348 (2023), 114–126

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.247>

УДК 544.6

© A. Serik^{1*}, Zh. Kuspanov¹, N. Idrisov¹, M. Bissenova², Ch. Daulbayev²,
2023

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

²Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: aigerim.serik3508@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF ONE- DIMENSIONAL FIBERS WITH DIFFERENT COMPOSITIONS AND STRUCTURES

Serik Aigerim – a doctoral student at Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: aigerim.serik3508@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5136-7388>;

Kuspanov Zhengisbek – a doctoral student at Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: zhenis.kuspanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2734-5346>;

Idrisov Nurlan – a lecturer at Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: Kantsevich.n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2393-1102>;

Bisenova Madina – a junior research associate at the Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

E-mail: m-bisenova@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8297-1684>;

Daulbaev Chingiz – PhD, a senior research associate at the Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

E-mail: chingis.daulbayev@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>

Abstract. In this study, the electrospinning method was employed to produce one-dimensional nanofibers based on synthesized SrTiO₃, which were subsequently used in the creation of composite structures. Electrospinning is a technique that allows for the production of one-dimensional nanofibers with an enhanced structure compared to other methods. These nanofibers exhibit a higher specific surface area, which contributes to increased photocatalytic activity when exposed to light. The research identified three key factors influencing the characteristics of SrTiO₃ nanofibers, including the morphology of nanostructures, semiconductor crystallinity, and annealing temperature. These parameters are closely linked to photocatalyst performance. The physicochemical properties of nanofibers with the addition of SrTiO₃ were investigated, as well as their surface morphology. A relationship between the diameter of formed nanofibers and the concentration of PAN in the solvent during electrospinning was established. The optimization included the following electrospinning parameters: voltage of 18 kV, a distance of 15 cm between the needle and collector, and a syringe pump rate of 1.0 ml/h. Furthermore, stabilization was carried out at a temperature of 220°C for 60 minutes,

followed by calcination at 800°C in an inert environment for 120 minutes. These processes led to the oxidative dehydrogenation of nanofibers and the formation of chromophoric conjugated bonds -C=N-, resulting in the nanofibers turning black and forming carbon nanofibers. Consequently, the success of applying the SrTiO₃ photocatalyst depends on optimizing these parameters. This study plays a crucial role in the development of photocatalytic systems and contributes to the further improvement of water splitting processes in solar energy systems.

Keywords: nanofibers, synthesis, photocatalyst, water splitting, hydrogen

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education and of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR18574073).

© А. Серік^{1*}, Ж. Құспанов¹, Н. Идрисов¹, М. Бисенова², Ч. Даулбаев²,
2023

¹Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Алматы, Қазақстан;

²Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан.
E-mail: aigerim.serik3508@gmail.com

ӨР ТҮРЛІ ҚҰРАМ МЕН ҚҰРЫЛЫМНАН ТҮРАТЫН БІР ӨЛШЕМДІ ТАЛШЫҚТАРДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Серік Айгерім – Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ докторанты, Алматы, Қазақстан

E-mail: aigerim.serik3508@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5136-7388>;

Жеңісбек Құспанов – Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ докторанты, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhenis.kuspanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2734-5346>;

Идрисов Нұрлан – Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ оқытушысы, Алматы, Қазақстан

E-mail: Kantsevich.n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2393-1102>;

Бисенова Мәдина – Ядролық физика институтының кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: m-bisenova@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8297-1684>;

Дауылбаев Шыңғыс – PhD, Ядролық физика институтының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: chingis.daulbayev@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>.

Аннотация. Бұл зерттеуде электроспиннинг әдісі синтезделген SrTiO₃ негізіндегі бір өлшемді наноталшықтарды алу үшін, олар кейіннен композициялық құрылымдарды жасауда қолданылды. Электроспиннинг – бұл басқа әдістермен салыстырғанда құрылымы жақсартылған бір өлшемді наноталшықтарды алуға мүмкіндік беретін әдіс. Бұл наноталшықтар жоғары меншікті бетімен сипатталады, бұл жарықпен сәулелену кезінде фотокаталитикалық белсенділіктің жоғарылауына ықпал етеді. Зерттеу SrTiO₃ наноталшықтарының сипаттамаларына әсер ететін үш негізгі факторды анықтады, соның ішінде нанокұрылымдардың морфологиясы, жартылай өткізгіштің кристалдылығы және күйдіру температурасы. Бұл параметрлер

фотокатализатордың өнімділігімен тығыз байланысты. SrTiO_3 қосылған наноталшықтардың физика-химиялық қасиеттері, сондай-ақ олардың беткі морфологиясы зерттелді. Түзілген наноталшықтардың диаметрінің оларды электроспиннинг кезінде еріткіш сұйықтықтың ПАН концентрациясына тәуелділігі анықталды. Оңтайландыру келесі электроспиннинг параметрлерін қамтыды: кернеу 18 кВ, ине мен коллектор арасындағы қашықтық 15 см және шприц сорғысының жылдамдығы 1,0 мл/сағ. Сонымен қатар, 60 минут ішінде 220 °С температурада тұрақтандыру, сондай-ақ 120 минут ішінде инертті ортада 800°С температурада кальцийлеу жүргізілді. Бұл процестер наноталшықтардың тотығу дегидрленуіне және хромоформен -C=N- байланыстардың пайда болуына алып келеді және бұл өз кезегінде наноталшықтардың қара түске боялуына және көміртекті наноталшықтардың пайда болуына әсер етеді. Сондықтан SrTiO_3 фотокатализаторын қолданудың жақсы болуы көрсетілген параметрлерді оңтайландыруға байланысты. Бұл зерттеу фотокаталитикалық жүйелерді дамытуда маңызды рөл атқарады және күн энергиясы жүйелеріндегі судың ыдырау процесін одан әрі жақсартуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: нанотүтікше; синтез; фотокатализатор; судың ыдырауы; сутегі

Бұл жұмысты Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржылай қолдады (грант №BR18574073).

© А. Серік^{1*}, Ж. Куспанов¹, Н. Идрисов¹, М. Бисенова², Ч. Даулбаев²,
2023

¹КазННТУ им. К. И. Сатбаева, Алматы, Қазақстан;

²Институт ядерной физики, Алматы, Қазақстан.
E-mail: aigerim.serik3508@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОМЕРНЫХ ВОЛОКОН С РАЗНООБРАЗНЫМИ СОСТАВАМИ И СТРУКТУРОЙ

Серік Айгерім – докторант КазННТУ им. К.И. Сатбаева, Алматы, Қазақстан

E-mail: aigerim.serik3508@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5136-7388>;

Куспанов Жәнісбек – докторант КазННТУ им. К.И. Сатбаева, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhenis.kuspanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2734-5346>;

Идрисов Нурлан – преподаватель КазННТУ им. К.И. Сатбаева, Алматы, Қазақстан

E-mail: Kantsevich.n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2393-1102>;

Бисенова Мадина – младший научный сотрудник Института ядерной физики, Алматы, Қазақстан

E-mail: m-bisenova@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8297-1684>;

Даулбаев Чингиз – PhD, ведущий научный сотрудник Института ядерной физики, Алматы, Қазақстан

E-mail: chingis.daulbayev@nu.edu.k, <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>.

Аннотация. В данном исследовании метод электроспиннинга применялся для получения одномерных нановолокон на основе синтезированного SrTiO_3 , которые впоследствии использовались при создании композитных

структур. Электроспиннинг представляет собой технику, которая позволяет получать одномерные нановолокна с улучшенной структурой по сравнению с другими методами. Эти нановолокна характеризуются более высокой удельной поверхностью, что способствует повышению фотокаталитической активности при облучении светом. Исследование выявило три ключевых фактора, оказывающих влияние на характеристики нановолокон SrTiO_3 , включая морфологию наноструктур, кристалличность полупроводника и температуру отжига. Эти параметры тесно связаны с производительностью фотокатализатора. Были исследованы физико-химические свойства нановолокон с добавлением SrTiO_3 , а также их морфология поверхности. Установлена зависимость диаметра образуемых нановолокон от концентрации ПАН в растворителе при их электроспиннинге. Оптимизация включала в себя следующие параметры электроспиннинга: напряжение 18 кВ, расстояние между иглой и коллектором 15 см и скорость шприцевого насоса 1,0 мл/ч. Кроме того, проведена стабилизация при температуре 220 °С в течение 60 минут, а также кальцинация при температуре 800°С в инертной среде в течение 120 минут. Эти процессы привели к окислительному дегидрированию нановолокон и образованию хромофорных сопряженных связей $-\text{C}=\text{N}-$, что привело к окрашиванию нановолокон в черный цвет и образованию углеродных нановолокон. Следовательно, успешность применения фотокатализатора SrTiO_3 зависит от оптимизации указанных параметров. Это исследование играет важную роль в разработке фотокаталитических систем и способствует дальнейшему усовершенствованию процесса разложения воды в солнечных энергосистемах.

Ключевые слова: нановолокна; синтез; фотокатализатор; разложение воды; водород

Эта работа была финансово поддержана Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR18574073).

Введение

Глобальный энергетический кризис – это постоянная и все более актуальная проблема, усугубляемая стремительным развитием индустриализации во всем мире, которая создает значительную нагрузку на энергетические ресурсы и окружающую среду (Skillen et al., 2022; Wang et al., 2019). На данный момент основная часть энергии производится путем сжигания различных видов ископаемых топлив, таких как нефть, газ и уголь. Это приводит к выбросу CO_2 , который является известным парниковым газом и способствует проблеме изменения климата на планете (Su et al., 2023). В связи с этим во всем мире все большее внимание уделяется научным исследованиям, направленным на эффективное преодоление энергетического кризиса и создание устойчивых источников энергии (Paula et al., 2019). Учитывая ограниченное наличие ископаемых топлив и прогнозируемый спад их добычи в ближайшие

десятилетия, возрастает интерес к исследованию водорода в качестве углероднейтрального источника энергии. Одним из перспективных подходов к использованию неисчерпаемой солнечной энергии и преобразованию ее в энергию водорода (H_2) является улавливание и преобразование солнечной энергии с помощью фотокаталитического расщепления воды (*Visible-Light Photocatalysts: Prospects and Challenges APL Materials AIP Publishing*, n.d.; Badr et al., 2023). Ключевым фактором для повышения эффективности процесса фотокаталитического производства водорода является разработка высокоэффективных и стабильных фотокатализаторов. $SrTiO_3$, благодаря своей выдающейся окислительно-восстановительной каталитической активности и экологической безопасности, обладает множеством интересных свойств, которые делают его перспективным кандидатом для потенциального использования в различных областях, таких как разделение воды, очистка сточных вод, очистка воздуха и инактивация вирусов. Однако, на сегодняшний день существует ряд значительных преград, мешающих широкому внедрению водорода как источника энергии. Эти преграды включают в себя трудности в разработке масштабируемых и экологически чистых методов производства водорода. Кроме того, многие существующие технологии в области водородной энергетики ограничены низкой эффективностью разделения зарядов, ограниченных преобразованием солнечного излучения из-за широкой запрещенной зоны полупроводникового материала, низкой подвижностью фотоиндуцированных носителей заряда и высокими затратами (Ahmed & Haider, 2018; Hong et al., 2021; “Two-Dimensional Photocatalyst Design,” 2020). Для преодоления этих проблем необходимо создание композитных фотокаталитических материалов, которые будут включать в себя благородные элементы (Kavitha et al., 2020), переходные металлы (Rosman et al., 2018) и неметаллические компоненты (“Highly Active and Stable Multi-Walled Carbon Nanotubes-Graphene-TiO₂ Nanohybrid,” 2019). Взаимодействие современных методов синтеза фотокатализаторов и нанотехнологий способствует разработке новых эффективных систем для разложения воды и производства водорода (“Highly Active and Stable Multi-Walled Carbon Nanotubes-Graphene-TiO₂ Nanohybrid,” 2019). С этой точки зрения, метод электроспиннинга представляет собой универсальный, простой и недорогой способ получения композитных структур с высоким отношением удельной площади поверхности к объему и возможностью регулировать состав и морфологию (SalehHudin et al., 2018; Kausar et al., 2023).

В данной работе были получены нановолокна на основе синтезированного $SrTiO_3$. Для создания композитных структур, в основе которых лежит синтезированный $SrTiO_3$, применялся метод электроспиннинга. Этот метод представляет собой удобную и эффективную технологию для получения одномерных нановолокон из полимеров, неорганических материалов и композитов. Нановолокна, произведенные с использованием электроспиннинга, обладают более высокой удельной площадью поверхности,

более высоким соотношением сторон и улучшенной пористой структурой по сравнению с материалами, полученными другими методами. Это, в свою очередь, благотворно влияет на фотокаталитическую активность в процессе выделения водорода при облучении светом.

Экспериментальная часть

Синтез SrTiO₃

Для синтеза SrTiO₃ использовались исходные материалы, включая Sr(NO₃)₂ (чистотой >98%, Sigma Aldrich), TiO₂ (Sigma Aldrich, с размером частиц: 0,27 мкм, 0,35 мкм, 0,48 мкм), и (COOH)₂ *2H₂O (более 99,5%, Sigma Aldrich). На начальном этапе, 2,54 г Sr(NO₃)₂ и 0,958 г TiO₂ были смешаны в 100 мл дистиллированной воды и подверглись обработке в ультразвуковой ванне в течение 30 минут. Для осаждения использовалась щавелевая кислота (5,043 г), которая была растворена и постепенно добавлена в предварительно смешанные растворы. Затем добавлялась щелочь – гидроксид аммония, чтобы достичь pH в диапазоне 6-7. Получившийся белый осадок промывали дистиллированной водой пять раз и сушили в сушильном шкафу при температуре 60°C в течение 14 часов. Процесс синтеза включал химическое осаждение из раствора TiO₂ и Sr(NO₃)₂, 60 минут кальцинации в атмосфере воздуха при температуре 900°C. Оптимальным соотношением между исходными реагентами TiO₂ и Sr(NO₃)₂ является 1:1, что позволяет получить однородные частицы порошка SrTiO₃ без примесей методом химического осаждения.

Получение нано-размерных волокон на основе SrTiO₃

Для получения нано-размерных волокон на основе SrTiO₃ был использован метод электроспиннинга. В данном контексте была проведена оптимизация следующих параметров: скорости подачи раствора, расстояния между иглой и коллектором, значения высоковольтного напряжения и положения коллектора. Для создания раствора был использован полиакрилонитрил (ПАН) средней молекулярной массой 1,300,000 (Sigma Aldrich). Для приготовления раствора ПАН в диметилформамиде (ДМФ) было использовано соотношение 1:9. Кроме того, к раствору полимера был добавлен нанопорошок SrTiO₃ массой 0,15 г. Процесс растворения полимера в ДМФ проводился при активном перемешивании с использованием магнитной мешалки при комнатной температуре в течение 30 минут до получения прозрачного раствора. Далее полученный раствор помещался в шприцевой насос, который устанавливался на инъекторной системе. К игле шприца и коллектору подавалось электрическое поле, и начиналась подача полимера со скоростью 1,0 мл/ч, при напряжении 18 кВ комнатной температуры. Коллектором служила алюминиевая фольга (диаметр 20 см), находящаяся на расстоянии 15 см от иглы.

Методы исследования

Для анализа морфологии поверхности частиц и нановолокон SrTiO_3 использовался сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) QUANTA 3D 200i (FEI, США) с ускоряющим напряжением 15 кВ. Для исследования структуры образцов использовалась просвечивающая электронная микроскопия JEM-1400 (JEOL, Япония) с ускоряющим напряжением 120 кВ. XRD-анализ проводился на рентгеновском дифрактометре Drono-8 с углами поворота блока детектирования в диапазоне от -100° до 168° и минимальным шагом перемещения блока детектирования $0,001^\circ$. Допустимое отклонение блока детектирования от заданного угла поворота составляло $\pm 0,015^\circ$.

Результаты и обсуждение

В данной работе для создания волокон используется SrTiO_3 в качестве основного материала. SrTiO_3 получают путем химического осаждения из раствора, включающего TiO_2 и $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, а затем проводят отжиг смеси при 900°C в течение 1 часа. Соотношение $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ и TiO_2 в растворе составляет 1:1, что обеспечивает получение однородных частиц с низким содержанием примесей. Для синтеза фотокаталитического композита ПАН/ SrTiO_3 был использован метод электроспиннинга, позволяющий формировать волокна с различными диаметрами из раствора в зависимости от параметров процесса. После получения полимерных волокон на основе ДМФ/ПАН были проведены исследования с целью определения оптимального режима кальцинации, обеспечивающего высокую степень отверждения волокон. В ходе исследования морфологии образцов SrTiO_3 использовались сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) и просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) при различных разрешениях. На рисунке 1 (а-ж) можно наблюдать образцы в масштабах 1 мкм, 5 мкм и 10 мкм. Эти наблюдения были проведены при напряжении поля 20 кВ и различных увеличениях, таких как 1100; 4000; 10 000; 15 000 HighVac.

Исследование морфологии показало, что образец SrTiO_3 состоит из сфероидальных частиц и имеет пористую структуру. Особое внимание уделено морфологии образцов из-за ее важной роли в фотокатализе. Увеличение площади поверхности может привести к увеличению количества активных участков, что положительно связано с фотокатализом. В этом аспекте исследуются все заключения и подтверждения в работе, как такие (Kimijima et al., 2014; Hsieh et al., 2019), где рассматривались наночастицы SrTiO_3 , полученные при отжиге при температурах от 750 до 1000°C . Удельная площадь поверхности этих образцов показала, что образец, отжигаемый при 750°C , имеет размерную площадь поверхности $10,509 \text{ м}^2 \text{ г}^{-1}$, в то время как образец, отжигаемый при 1000°C , достигает измеренной площади поверхности в $20,971 \text{ м}^2 \text{ г}^{-1}$ (Aravinthkumar et al., 2022). Это свидетельствует о важной роли отжига температуры в оптимизированной поверхности и, следовательно, фотокаталитической активностью.

Результаты исследования электронной микроскопии, представленные на рисунках 1 а-ж, показывают, что образец состоит из сфероидальных частиц SrTiO_3 и имеет пористую структуру. Эти результаты также были подтверждены методом просвечивающей электронной микроскопии (рисунки 1 д-ж), которые создают картину решетчатых бахромок образца SrTiO_3 . Это хорошо соотносится с данными, полученными при рентгеноструктурном анализе. Размер нанокубов SrTiO_3 составляет около 200-500 нм, что было подтверждено с помощью изображений, полученных при просвечивающей электронной микроскопии.

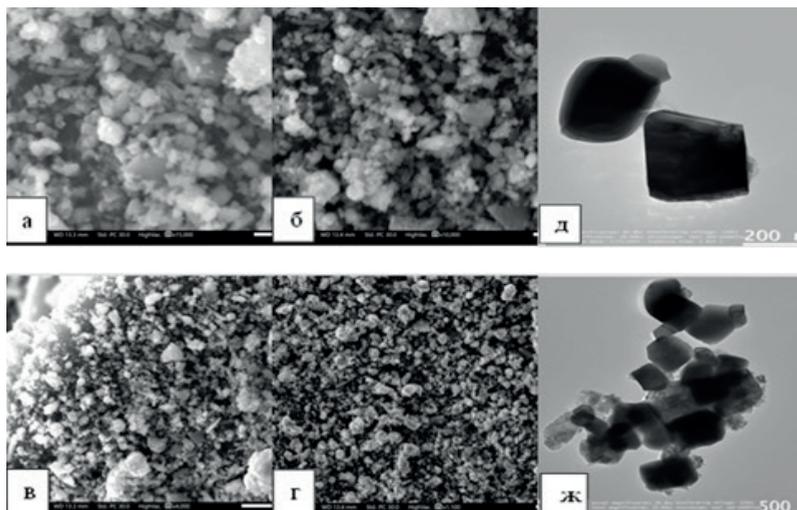


Рисунок 1 – Морфология образцов SrTiO_3 , полученные при различных увеличениях методами СЭМ (а,б,в,г) и ПЭМ (д, ж)

Рентгеновские спектры синтезированного порошка SrTiO_3 были изучены рентгенофазовым анализом (РФА) для определения их кристаллической структуры. Результаты этого анализа, представленные на рисунке 2, позволяют сделать несколько важных выводов о характеристиках дополнительных образцов. Основным основанием анализа рентгенограммы стронция титана является подтверждение кубической структуры SrTiO_3 . Уточненное значение периода элементарной ячейки составило $a = 3,905 \text{ \AA}$ и совпадает с литературными данными (Prokhorov et al., 2023). Характерные пики образцов SrTiO_3 появляются при 2θ , $32,4^\circ$, $40,5^\circ$, $46,5^\circ$, $58,5^\circ$ и $68,5^\circ$ и приписываются ((110), (111), (200), (211) и (220) плоскостям кубической симметрии SrTiO_3 , которые хорошо согласуются с стандартной картой для SrTiO_3 (JCPDS Card №35-0734) (Chung et al., 2023), подтверждают уверенность в кристалличности материала. Это имеет большое значение, так как кристалличность материала может повлиять на его свойства, включая удобный перенос заряженных носителей, возникающих при фотогенерации. Кристаллическая структура SrTiO_3 , подтвержденная методикой XRD, обеспечивает основу для

эффективной фотокаталитической активности. Кроме того, EDX-анализ (анализ рентгеновских спектров энергий) подтвердил состав полученных образцов. Наличие элементов O, Ti и Sr было подтверждено без обнаружения других примесей. По данным атомных процентов по показателю (Рисунок 2, б) можно установить, что Sr/Ti/O составляет 17,30%/19,63%/63,07% соответственно. Эти результаты подтверждают, что конструкции содержат ожидаемые элементы и не имеют значительных примесей.

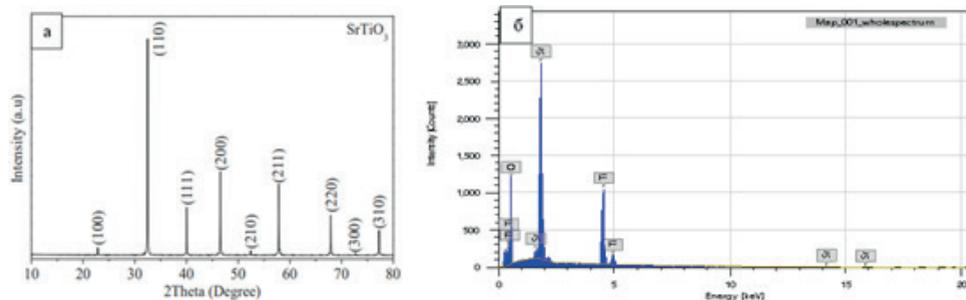


Рисунок 2 – Рентгеновские спектры синтезированного порошка SrTiO₃ – (а); энергодисперсионный рентгеновский спектр частиц SrTiO₃ – (б)

На рисунке 3 (а-ж) показаны СЭМ-изображения нановолокон, полученные методом электроспиннинга при напряжении 18 кВ и расстоянии между иглой и электродом 15 см. Из снимков СЭМ (рис. 3 а-в) наглядно видно, что оба типа сформированных волокон однородны, произвольно ориентированы, имеют гладкую поверхность без видимых дефектов. Средний диаметр волокон находится в интервале от 250 до 300 нм.

Кальцинация включала два этапа: первый этап – термостабилизация при температуре 220 °С в течение 60 минут, и второй этап – кальцинация при температуре 800 °С в инертной атмосфере аргона в течение 120 минут. Экспериментальные исследования показали, что температура термостабилизации в инертной среде оказывает существенное воздействие на свойства и морфологию поверхности волокон. При термостабилизации волокон при 220 °С происходят объемные изменения в их структуре, что приводит к формированию наноструктурированной поверхности в твердой фазе волокон. Важным аспектом этого процесса является массоперенос, который способствует образованию термодинамически стабильных кластеров и формированию промежуточных состояний в материале, влияющих на морфологические характеристики углеродных волокон. На втором этапе кальцинации при температуре 800°С в инертной атмосфере происходит окислительное дегидрирование волокон с образованием хромофорных сопряженных связей -C=N-, что приводит к изменению цвета волокон ПАН на черный (Medveská et al., 2018). Важно, чтобы при термической обработке способствовало формированию углеродной структуры, не нарушалось плавление и повреждение базовых волокон и их фибриллярной структуры,

а также минимизировалась усадка. В отличие от других полимерных материалов, ПАН-волокнам проще придавать низкодефектную углеродную структуру в процессе термической обработки.

СЭМ-изображения нановолокон, полученные методом электроспиннинга после кальцинации (рис. 3 г-ж). Средний диаметр волокон находится в интервале около 300-400 нм. На рисунке 3 а-ж представлен снимок ограниченной области волокна с диаметром в пределах 250-300 нм. Предполагается, что после развития этой области процесса кальцинации, эти участки волокон подверглись сгоранию. Визуализируя данные на рисунке 3 г-ж, можно увидеть, что диаметр волокна стал больше. Этот эффект обусловлен тем, что сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) не смог зафиксировать участки маленьких волокон, так как они подверглись сгоранию.

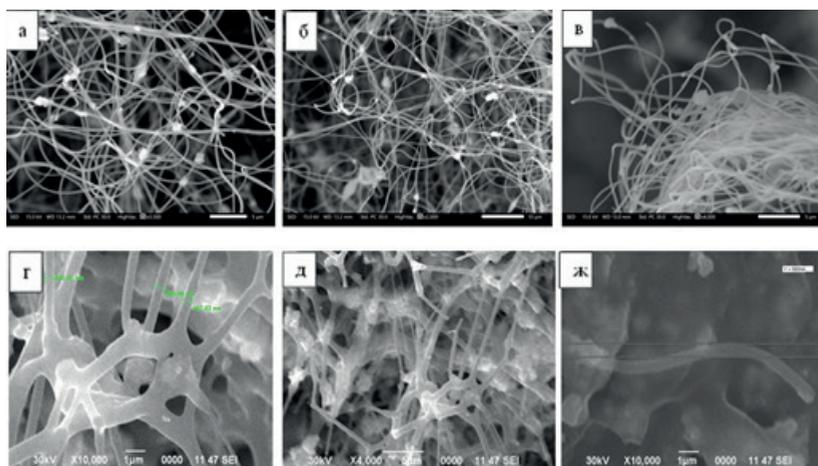


Рисунок 3 – СЭМ снимки полученных 1D фотокатализатора PAN/SrTiO₃ (а, б, в); после кальцинации (г,д,ж)

Полученные методом электроспиннинга полимерные волокна, выровнены и ориентированы, обеспечивают равномерное распределение этих частиц в структуре формируемой пленки. Это равномерное распределение способствует увеличению удельной поверхности фотокатализатора SrTiO₃. Поскольку фотокаталитическая активность в значительной мере зависит от удельной поверхности фотокатализатора, можно заключить, что равномерное распределение частиц SrTiO₃ увеличивает общую удельную поверхность пленки (Swathi Padmaja et al., 2018; Kuspanov et al., 2023).

Существует три ключевых фактора, связанных с улучшением характеристик одномерных волокон на материале SrTiO₃. Во-первых, морфология наносфер и их размеры, подтвержденные с использованием СЭМ, играют решающую роль, поскольку они способствуют увеличению скорости генерации носителей заряда в перовскитовом электроде. Во-вторых, кристалличность полупроводника оказывает существенное воздействие на

характеристики устройства, и этот эффект усиливается при повышении температуры отжига. И, наконец, повышение температуры отжига приводит к сужению полосовой щели, что в свою очередь увеличивает подвижность и проводимость носителей. Все эти три фактора существенно влияют на общую производительность устройства. Следовательно, можно сделать вывод, что успех фотокатализатора зависит не только от процесса адсорбции красителя, но также от оптимизации температуры отжига наночастиц SrTiO_3 . Методика получения SrTiO_3 и исследование его физико-химических характеристик были подробно описаны в предыдущей публикации (Sultanov et al., 2019; Daulbayev et al., 2021).

Таким образом, были исследованы физико-химические свойства нановолокон с добавлением SrTiO_3 , полученных методом электроспиннинга, а также их морфология поверхности. Установлена зависимость диаметра образуемых нановолокон от концентрации ПАН в растворителе при их электроспиннинге. А также получены фотокатализаторы PAN/SrTiO_3 , оптимизированы параметры процесса его синтеза.

Заключение

В результате проведенного исследования были оптимизированы параметры процесса электроспиннинга нановолокон, основанные на синтезированном SrTiO_3 . Оптимизация включала в себя следующие параметры электроспиннинга: напряжение 18 кВ, расстояние между иглой и коллектором 15 см и скорость шприцевого насоса 1,0 мл/ч. Кроме того, проведена стабилизация при температуре 220 °С в течение 60 минут, а также кальцинация при температуре 800 °С в инертной среде в течение 120 минут. Эти процессы привели к окислительному дегидрированию нановолокон и образованию хромофорных сопряженных связей $-\text{C}=\text{N}-$, что привело к окрашиванию нановолокон в черный цвет и образованию углеродных нановолокон. Анализ, проведенный с использованием сканирующей электронной микроскопии, показал, что частицы SrTiO_3 обладают пористой структурой с размерами, находящимися в диапазоне около 200-500 нм. Рентгенофазовый анализ подтвердил, что образцы SrTiO_3 обладают кубической структурой с параметрами элементарной ячейки, соответствующими литературным данным. В заключение можно отметить, что использование метода электроспиннинга с применением синтезированного SrTiO_3 привело к успешному получению эффективных фотокатализаторов PAN/SrTiO_3 . Для дополнительного повышения эффективности фотокатализаторов можно рассмотреть использование многослойного графена, рисовой шелухи и скорлупы грецкого ореха, так как эти материалы обладают отличными оптическими и электрическими свойствами (см. также статью Daulbayev et al., 2021). Эксперименты, в которых такие материалы применяются вместе с фотокатализаторами, показали улучшение процесса фотокатализа разложения воды под воздействием солнечного света.

REFERENCE

- Ahmed S.N., & Haider W. (2018). Heterogeneous photocatalysis and its potential applications in water and wastewater treatment: A review. *Nanotechnology*, —29(34), —342001. —<https://doi.org/10.1088/1361-6528/aac6ea>
- Aravinthkumar K., Praveen E., Jacqueline Regina Mary A. & Raja Mohan C. (2022). Investigation on SrTiO₃ nanoparticles as a photocatalyst for enhanced photocatalytic activity and photovoltaic applications. *Inorganic Chemistry Communications*, — 140, — 109451. — <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109451>
- Badr H.O., Natu V., Neațu, Ștefan, Neațu F., Kuncser A., Rostas A.M., Racey M., Barsoum M.W., & Florea M. (2023). Photo-stable, 1D-nanofilaments TiO₂-based lepidocrocite for photocatalytic hydrogen production in water-methanol mixtures. *Matter*, — 6(9), —2853–2869. —<https://doi.org/10.1016/j.matt.2023.05.026>
- Chung K.H., Lam S.S., Park Y.K., & Jung S.C. (2023). Enhanced hydrogen production from cracking of liquid toluene by applying liquid plasma and perovskite catalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*. — <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.092>
- Daulbayev C., Sultanov F., Korobeinyk A.V., Yeleuov M., Azat S., Bakbolat B., Umirzakov A., & Mansurov Z. (2021). Bio-waste-derived few-layered graphene/SrTiO₃/PAN as efficient photocatalytic system for water splitting. *Applied Surface Science*, — 549, — 149176. — <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.149176>
- Highly active and stable multi-walled carbon nanotubes-graphene-TiO₂ nanohybrid: An efficient non-noble metal photocatalyst for water splitting. (2019). *Catalysis Today*, —321–322, —120–127. —<https://doi.org/10.1016/j.cattod.2017.10.023>
- Hong M., Zhang L., Fang H., Feng X. & Li Z. (2021). Surface engineering of CdS quantum dots modified SiO₂@C₃N₄ nanospheres for effective photocatalytic hydrogen evolution. *Materials Science in Semiconductor Processing*, —136, —106134. —<https://doi.org/10.1016/j.mssp.2021.106134>
- Hsieh P.L., Naresh G., Huang Y.S., Tsao C.W., Hsu Y.J., Chen L.J. & Huang M.H. (2019). Shape-Tunable SrTiO₃ Crystals Revealing Facet-Dependent Optical and Photocatalytic Properties. *The Journal of Physical Chemistry C*, —123(22), — 13664–13671. — <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.9b02081>
- Kausar A., Ahmad I., Zhao T., Aldaghri O., Ibnaouf K.H. & Eisa M.H. (2023). Nanocomposite Nanofibers of Graphene—Fundamentals and Systematic Developments. *Journal of Composites Science*, —7(8), —Article 8. —<https://doi.org/10.3390/jcs7080323>
- Kavitha R., Nithya P.M., & Girish Kumar S. (2020). Noble metal deposited graphitic carbon nitride based heterojunction photocatalysts. *Applied Surface Science*, — 508, — 145142. — <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.145142>
- Kimijima T., Kanie K., Nakaya M. & Muramatsu A. (2014). Solvothermal synthesis of SrTiO₃ nanoparticles precisely controlled in surface crystal planes and their photocatalytic activity. *Applied Catalysis B: Environmental*, — 144, — 462–467. — <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2013.07.051>
- Kuspanov Z., Umirzakov A., Serik A., Baimenov A., Yeleuov M. & Daulbayev C. (2023). Multifunctional strontium titanate perovskite-based composite photocatalysts for energy conversion and other applications. *International Journal of Hydrogen Energy*. — <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.06.168>
- Medvecká V., Kováčik D., Zahoranová A. & Černák M. (2018). Atmospheric pressure plasma assisted calcination by the preparation of TiO₂ fibers in submicron scale. *Applied Surface Science*, — 428, — 609–615. — <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.09.178>
- Paula L.F., Hofer M., Lacerda V.P.B., Bahnemann D.W., & Patrocínio A.O.T. (2019). Unraveling the photocatalytic properties of TiO₂/WO₃ mixed oxides. *Photochemical & Photobiological Sciences*, — 18(10), — 2469–2483. — <https://doi.org/10.1039/C9PP00163H>
- Prokhorov E., Luna-Barcenas G., Limón J.M.Y. & Saldaña J.M. (2023). Flexoelectricity and piezoelectric effects in poly (vinyl alcohol)-SrTiO₃ nanocomposites. *Materials Research Bulletin*, — 166, — 112361.— <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2023.112361>
- Rosman N.N., Mohamad Yunus R., Jeffery Minggu L., Arifin K., Salehmin M.N.I.,

Mohamed M.A. & Kassim M.B. (2018). Photocatalytic properties of two-dimensional graphene and layered transition-metal dichalcogenides based photocatalyst for photoelectrochemical hydrogen generation: An overview. *International Journal of Hydrogen Energy*, — 43(41), — 18925–18945. — <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.08.126>

SalehHudin H.S., Mohamad E.N., Mahadi W.N.L. & Muhammad Afifi A. (2018). Multiple-jet electrospinning methods for nanofiber processing: A review. *Materials and Manufacturing Processes*, — 33(5), — 479–498. — <https://doi.org/10.1080/10426914.2017.1388523>

Skillen N., Daly H., Lan L., Aljohani M., Murnaghan C.W.J., Fan X., Hardacre C., Sheldrake G.N. & Robertson P.K.J. (2022). Photocatalytic Reforming of Biomass: What Role Will the Technology Play in Future Energy Systems. *Topics in Current Chemistry*, — 380(5), — 33. — <https://doi.org/10.1007/s41061-022-00391-9>

Su H., Wang W., Shi R., Tang H., Sun L., Wang L., Liu Q. & Zhang T. (2023). Recent advances in quantum dot catalysts for hydrogen evolution: Synthesis, characterization, and photocatalytic application. *Carbon Energy*, — 5(9), — e280. — <https://doi.org/10.1002/cey2.280>

Sultanov F., Daulbayev C., Bakbolat B., Daulbayev O., Bigaj M., Mansurov Z., Kuterbekov K. & Bekmyrza K. (2019). Aligned composite SrTiO₃/PAN fibers as 1D photocatalyst obtained by electrospinning method. *Chemical Physics Letters*, — 737, — 136821. — <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2019.136821>

Swathi Padmaja J., Rao T.S., Lakshmi K.V.D. & Raju I.M. (2018). Fabrication of hetero-structured mesoporous TiO₂-SrTiO₃ nanocomposite in presence of Gemini surfactant: Characterization and application in catalytic degradation of Acid Orange. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, — 6(5), — 6457–6467. — <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.09.016>

Two-dimensional photocatalyst design: A critical review of recent experimental and computational advances. (2020). *Materials Today*, — 34, — 78–91. — <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2019.10.022>

Visible-light photocatalysts: Prospects and challenges | *APL Materials* | *AIP Publishing*. (n.d.). Retrieved — October 12, — 2023, — <https://pubs.aip.org/aip/apm/article/8/3/030903/594645/Visible-light-photocatalysts-Prospects-and>

Wang Z., Li C. & Domen K. (2019). Recent developments in heterogeneous photocatalysts for solar-driven overall water splitting. *Chemical Society Reviews*, — 48(7), — 2109–2125. — <https://doi.org/10.1039/C8CS00542G>

МАЗМҰНЫ ФИЗИКА

Н. Ж. Ахметова, Н.А. Сандибаева, Е.С. Сапажанов ФИЗИКА БОЙЫНША БІЛІМ БЕРУДІ ЖАҚСARTУ ҮШІН ЗАМАНАУИ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ИНТЕРАЦИЯЛАУ.....	7
Е.Ж. Бегалиев, А.Ж. Сейтмуратов, Г.Б. Исаева, Ф.Ж.Наметкулова ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ЖОҒАРҒЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА ФИЗИКА КУРСЫНДА АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ.....	18
А.А.Жадыранова, Р. Нурмахан МЕТРИКАСЫ $\Pi_1 \neq 0$ ҮШІН АССОЦИАТИВТІ ТЕНДЕУІНІҢ ИЕРАРХИЯСЫ.....	28
Г.И. Жанбекова, А.Қ. Қозыбай, Г. Б. Исаева, К.К Нуррахметова ҚАЗІРГІ ЗАМАН ТАЛАБЫНА СӘЙКЕС «АВТОКӨЛІК ЖӨНЕ АВТОКӨЛІК ШАРШУШЫЛЫҒЫ» МАМАНДЫҒЫНА ФИЗИКА КУРСЫН ОҚЫТУ.....	41
С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин ¹⁰ B РАДИЯЛЫҚ ПРОТОНДЫ ТҮСІРУ ҚАРҚЫМЫ.....	59
А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова ЖЫЛУ ТАСЫМАЛДАҒЫШ РЕТІНДЕ НАНОСҰЙЫҚТЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЛАРЫНДАҒЫ ЖЫЛУ АЛМАСУДЫ ҚАРҚЫНДАТУ.....	69
Ф.Д. Наметкулова, Е.А. Оспанбеков, А.К. Сугирбекова ФИЗИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ ПРАКТИКУМЫНЫҢ МАЗМҰНДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	80
Б.Д. Оразов, Г.Б. Исаева БОЛАШАҚ ФИЗИКА МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ "МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА" КУРСЫН ОҚЫТУ БАРЫСЫНДА КӘСІБИ ДАЙЫНДЫҒЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	93
Н.А. Сандибаева, Н. Ж. Ахметова, Ж.С.Байымбетова. ФИЗИКАНЫҢ ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ ЖАҒДАЙЫНДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ДАМУ.....	102
Серік А., Құспанов Ж., Идрисов Н., Бисенова М., Даулбаев Ч. ӘР ТҮРЛІ ҚҰРАМ МЕН ҚҰРЫЛЫМНАН ТҰРАТЫН БІР ӨЛШЕМДІ ТАЛШЫҚТАРДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	114
В. М. Терещенко ПЛАНЕТАЛАРЫ БАР, 5 G-ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ СПЕКТРЛЕРІНДЕГІ АБСОЛЮТТІ ЭНЕРГИЯНЫҢ ТАРАЛУЫ.....	127

ХИМИЯ

А. Асанов, С.А. Мамешева, А.А. Асанов СУ РЕСУРСТАРЫН САҚТАУДА ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН САЗДЫ ГИДРОДИСПЕРСИЯНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	136
Г. Асылбекова, М. Сатаев, Ш. Кошкарбаева, И. Перминова, П.А. Абдуразава КОМПОЗИТТІК ҚАПТАМАЛАР: МАТЕРИАЛДАРДЫ, ӘДІСТЕРДІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНБАЛАРДЫ КЕШЕНДІ ШОЛУ.....	148
Н. Дузбаева, М. Ибраева, К. Қабдысалым, Ж. Мукажанова, А. Adhikari HYSSOPUS CUSPIDATUS ӨСІМДІГІНІҢ ЭФИР МАЙЛАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	169
Г. Тилеуов, А. Копжасарова, Б. Бекбауов, Ғ.И. Исаев, Ш.К. Шапалов ЖЕРГІЛІКТІ МЕРГЕЛЬДЕРДЕН СОРБЕНТТЕРДІ АЛУ ҮШІН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	179

СОДЕРЖАНИЕ ФИЗИКА

Н. Ж. Ахметова, Н.А. Сандибаева, Е.С. Сапажанов ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ.....	7
Э.Ж. Бегалиев, А.Ж. Сейтмуратов, Г.Б. Исаева, Ф.Ж. Наметкулова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КУРСЕ ФИЗИКИ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗАХ.....	18
А.А. Жадыранова, Р. Нурмахан ИЕРАРХИЯ УРАВНЕНИЯ АССОЦИАТИВНОСТИ С МЕТРИКОЙ $P_{11} \neq 0$	28
Г.И. Жанбекова, А.К. Козыбай, Г.Б. Исаева, К.К. Нурахметова ОБУЧЕНИЕ КУРСУ ФИЗИКИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМОБИЛЬ И АВТОМОБИЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО» В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ.....	41
С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА ПРОТОНОВ НА ^{10}B	59
А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОЖИДКОСТЕЙ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ.....	69
Ф.Д. Наметкулова, Е.А. Оспанбеков, А.К. Сугирбекова СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИКУМА ПО РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	80
Б.Д. Оразов, Г.Б. Исаева ПОВЫШЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ ПО КУРСУ ПРЕПОДАВАНИЯ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА».....	93
Н.А. Сандибаева, Н. Ж. Ахметова, Ж.С.Байымбетова РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	102
Серік А., Куспанов Ж., Идрисов Н., Бисенова М., Даулбаев Ч. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОМЕРНЫХ ВОЛОКОН С РАЗНООБРАЗНЫМИ СОСТАВАМИ И СТРУКТУРОЙ.....	114
В. М. Терещенко АБСОЛЮТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРАХ 5 G-ЗВЕЗД, ОБЛАДАЮЩИХ ПЛАНЕТАМИ.....	127

ХИМИЯ

А. Асанов, С.А. Мамешова, А.А. Асанов ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИСПЕРСИИ ГЛИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	136
Г. Асылбекова, М. Сатаев, Ш. Кошкарбаева, И. Перминова, П. Абдуразова КОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ: КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ И ПРИМЕНЕНИЙ.....	148
Н. Дузбаева, М. Ибраева, К. Кабдысальым, Ж. Мукажанова, А. Adhikari КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЯ HYSSOPUS CUSPIDATUS.....	169
Г. Тилеуов, А. Копжасарова, Б. Бекбауов, Г.И. Исаев , Ш.К. Шапалов ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕСТНЫХ МЕРГЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ.....	179

**CONTENTS
PHYSICAL**

N. Zh. Akhmetova, N.A. Sandibayeva, Y.S. Sapazhanov INTEGRATION OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES TO IMPROVE EDUCATION IN PHYSICS.....	7
E.Zh. Begaliyev, A.Zh. Seitmuratov, G.B. Issayeva, F.Zh. Nametkulova USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE COURSE OF PHYSICS IN PEDAGOGICAL HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS.....	18
A.A. Zhadyranova, R. Nurmakhan THE HIERARCHY OF ASSOCIATIVITY EQUATIONS WITH THE METRIC $\Pi_{11} \neq 0$	28
G.I. Zhanbekova, A.K. Kozybay, G.B. Issayeva, K.K. Nurakhmetova TEACHING A PHYSICS COURSE IN THE SPECIALTY "AUTOMOBILE AND AUTOMOTIVE MANAGEMENT" IN ACCORDANCE WITH MODERN REQUIREMENTS.....	41
S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin REACTION RATE OF RADIATIVE CAPTURE PROTON BY ^{10}B	59
A. Kassymov, A. Adylkanova, A. Bektemissov, K. Astemessova, G. Turlybekova INTENSIFICATION OF HEAT TRANSFER IN HYBRID SOLAR COLLECTORS BY USING NANOFUIDS AS A COOLANT.....	69
F. Nametkulova, E. Ospanbekov, A.Sugirbekova SUBSTANTIVE FEATURES OF THE WORKSHOP ON SOLVING PHYSICAL PROBLEMS.....	80
B.D. Orazov, G.B. Issayeva IMPROVING THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS OF PHYSICS IN THE COURSE OF TEACHING "MOLECULAR PHYSICS".....	93
N.A. Sandibayeva, N. Zh. Akhmetova, Zh.S.Baiymbetova DEVELOPING STUDENT RESEARCH PROFICIENCY IN THE CONTEXT OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF PHYSICS EDUCATION.....	102
A. Serik, Zh. Kuspanov, N. Idrisov, M. Bissenova, Ch. Daulbayev COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF ONE-DIMENSIONAL FIBERS WITH DIFFERENT COMPOSITIONS AND STRUCTURES.....	114
V. M. Tereschenko ABSOLUTE ENERGY OF DISTRIBUTION IN THE SPECTRA OF 5 G-STARS POSSESSING PLANETS.....	127

CHEMISTRY

A. Assanov, S.A. Mameshova, A.A. Assanov FEATURES OF HYDRODISPERSION OF CLAY USED TO CONSERVE WATER RESOURCES.....	136
G. Assylbekova, M. Sataev, Sh. Koshkarbayeva, I. Perminova, P. Abdurazova COMPOSITE COATINGS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF MATERIALS, METHODS AND APPLICATIONS.....	148
N. Duzbayeva, M. Ibrayeva, K. Kabdysalym, Zh. Mukazhanova, A. Adhikari COMPONENT COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL OF HYSSOPUS CUSPIDATUS PLANTS.....	169
G. Tileuov, A. Kopzhassarova, B. Bekbauov, G.I. Issayev, SH.K. Shapalov INVESTIGATION OF PHYSICO-CHEMICAL FEATURES LOCAL MARLS FOR OBTAINING SORBENTS.....	179

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 12.12.2023.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.