

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

ҚАЛИМОЛДАЕВ 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 Искендрович, 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 ТОО «Научно-производственный центр 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PHYSICAL SCIENCES

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 7–17

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.238>

© **N. Zh. Akhmetova**^{1*}, **N.A. Sandibayeva**¹, **Y.S. Sapazhanov**², **2023**

¹Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;

²Narxoz University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nazko86@mail.ru.

**INTEGRATION OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES TO
IMPROVE EDUCATION IN PHYSICS.**

Akhmetova N.Zh. – 2nd year doctoral student, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nazko86@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5306-927X;

Sandibayeva N.A. – k.p.s., associate Professor, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nazira.s@mail.ru. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Sapazhanov Y.S. – PhD, associate professor, Narxoz University, 050000, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: yershat.sapazhanov@narxoz.kz. ORCID: 0000-0001-6720-4639.

Abstract. In a rapidly changing world, usage of digital technology is a key factor in society affecting greatly physics education from primary school to higher degree. Among significant achievements in this trajectory are the extensive digitalization and development of students' digital literacy. This study will discuss pre-service physics educators' anticipated problems and benefits while integrating technology in education. Physics educators often utilize digital resources in implementing the educational curriculum for students. In the interview obtained during the research, the pre-service physics educators considered some possible dangers or disadvantages associated with the use of ICTs as well as some possible strengths or benefits that might result from this utilisation. It is quite noteworthy that pre-service physics educators have confidence in themselves that they can easily integrate ICTs into the physics education. However, this unexpected finding contradicts existing study findings and calls for more advanced research on emerging technologies in physics education.

Keywords: education, teachers, physics, teacher training, technology-based learning, teacher trust, technology integration

© Н.Ж. Ахметова^{1*}, Н.А. Сандибаева¹, Е.С. Сапажанов², 2023

¹Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан;

²Нархоз Университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nazko86@mail.ru.

ФИЗИКА БОЙЫНША БІЛІМ БЕРУДІ ЖАҚСARTY YШІН ЗАМАНАУИ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ

Ахметова Н.Ж. – 2 курс докторант, Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: nazko86@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5306-927X;

Сандибаева Н.А. — п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: nazira.s@mail.ru. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Сапажанов Е.С. – PhD, қауымдастырылған профессор, Нархоз университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: yershat.sapazhanov@narхоз.kz. ORCID: 0000-0001-6720-4639.

Аннотация. Қарқынды дамып келе жатқан әлемде цифрлық технологияның бастауыш мектептен жоғары оқу орындарына дейінгі қолданылуы физикадан білім беруге әсер ететін негізгі фактордың бірі. Бұл бағыттағы маңызды жетістіктер білім беруді жаппай цифрландыру және әрбір оқушының цифрлық сауаттылығының дамуы. Ұсынылған зерттеу аталмыш технологиялардың білімге интеграциялауда физика мұғалімдерінің мәселелері мен артықшылықтарын талқылайды. Физика мұғалімдері мектеп оқушыларына арналған білім беру бағдарламасын жүзеге асыруда цифрлық ресурстарды жиі қолданады. Зерттеу барысында алынған сұхбатта, физика мұғалімдері АКТ-ны қолданумен байланысты кейбір ықтимал қауіптер мен кемшіліктерді және туындауы мүмкін кейбір қажеттіліктер мен артықшылықтарды қарастырды. Бір қызығы, физика мұғалімдері оқытуды бастамас бұрын, олар АКТ-ны физиканы оқытуға оңай біріктіре алатынына сенімді. Алайда, бұл жағдай қолданыстағы зерттеулердің нәтижелеріне қайшы келеді және физика бойынша білім берудегі жаңа технологияларды тереңірек зерттеуді қажет етеді.

Түйін сөздер: білім беру, педагогтар, физика, мұғалімдерінің дайындығы, технологияларға негізделген оқыту, мұғалімдердің сенімі, технологияларды интеграциялау

¹Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, Алматы, Казахстан;

²Университет Нархоз, Алматы, Қазақстан.

E-mail: *nazko86@mail.ru*.

ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ

Ахметова Н.Ж. – докторант 2 – курса, Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, 050000, Алматы, Казахстан

E-mail: *nazko86@mail.ru*. ORCID: 0000-0001-5306-927X;

Сандибаева Н.А. — к.п.н., ассоциированный профессор, Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, 050000, Алматы, Казахстан

E-mail: *nazira.s@mail.ru*. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Сапажанов Е.С – PhD, ассоциированный профессор, Нархоз университети, 050000, Алматы, Казахстан

E-mail: *yershat.sapazhanov@narhoz.kz*. ORCID: 0000-0001-6720-4639.

Аннотация. В быстро меняющемся мире технологии являются одной из В быстро развивающемся мире использование цифровых технологий от начальной школы до высшего образования является одним из основных факторов, влияющих на обучение физике. Важными достижениями в этом направлении являются массовая цифровизация образования и развитие цифровой грамотности каждого учащегося. В предлагаемом исследовании обсуждаются проблемы и преимущества учителей физики в интеграции данных технологий в образование. Учителя физики часто используют цифровые ресурсы при реализации образовательной программы для школьников. В интервью, полученном в ходе исследования, учителя физики рассмотрели некоторые потенциальные риски и недостатки, связанные с использованием ИКТ, а также некоторые потребности и преимущества, которые могут возникнуть. Примечательно, что преподаватели физики до начала обучения уверены в том, что они могут легко интегрировать ИКТ в обучение физике. Однако это неожиданное открытие противоречит результатам существующих исследований и требует более углубленных исследований новых технологий в образовании по физике.

Ключевые слова: образование, педагоги, физика, подготовка учителей, обучение на основе технологий, доверие учителей, интеграция технологий

Introduction

State Programme for Digital Kazakhstan, running from 2018 to 2022, was designed to improve digital literacy among Kazakhs and supply all schools in Kazakhstan with computer, multimedia and high-speed internet network facilities. It was an incremental blueprint of minimum digital skills. Implementation of the program will offer the chance to create electronic textbooks and online educational portals in order to ensure equality of opportunity in educational resource use. One of the main concepts in education digitalization is called “The paper-free principle” and means digital documenting with the help of “Kundelik”. This also applies in education where systems are designed to seamlessly connect to the “National Educational Database” for complete tracing of students’ achievements. Digitization is not limited to work environments but includes online queues for kinder gardens, schools, colleges, and universities such as the e-queue in Almaty since 2018. This aim is to use technology to foster universal schooling system reforms aimed at improvement. The goal is to ensure that schools catch up with the rest of a sophisticated society where most modern youth live it. The phenomenon that technology usage is an established tradition in the area of education (Batrakova, 2019).

Nevertheless, issues still exist with respect to technology’s historical incorporation into physics education. Barriers include teacher confidence, competencies, and access to resources, as noted by Bingimlas’s (2009) observations in 2009 and the findings of (Mailizar et al., 2020) show that, among other barriers, educators’ confidence, competence, and availability of materials are a problem. This was done through highlighting educators’ barriers including loss of confidence and non-mastering of the required competencies consistent with its expected worries and expected advantage in using technology to teach physics.

By late 1990s, research continued to demonstrate that science was interested integrating technologies with physics education. Building on the Teacher-Learner-Knowledge Triangle, (Trgalová et al., 2018) proposed the Teacher-Learner-Technology Tetrahedron. This widened milieu provides a techno-physical learning space that is technologically sophisticated, wherein students and educators converse in unison using both physical input and output.

This study outlines why it is important for pre-service physics educators to understand anticipated problems and benefits associated with using modern methods in the teaching of physics. This provides an insight of how instructional settings for pre-service physics educators may be developed and improved on this. The pre-service physics educators’ perspectives must be examined because it is anticipated that the country will implement changes due to calls by both national and international stakeholders for mainstreaming of information technology in education. The study employs a grounded theory methodology to explore what pre-service physics educators anticipate will be their benefits and fears before implementing these technologies.

Literature review

The use of calculators, computers, and virtual apps for physics education have been triggered by a revolution involving rapid technological developments. (Flood et al., 2020) state that technologies, including augmented reality, should be used to promote interaction between the student and computer and, ultimately, build their acceptance within the educational contexts.

According to (Borba et al., 2016), there are four stages, which can be recognized during the process of applying technology in physics education. Lastly, these two points indicate changes in communications, collaborative learning possibilities, qualitative shifts on the internet, and finally envisaging the total transformation of physics class after all technology assimilation.

Nevertheless, it is not certain that including novel technologies would be effective and successful, especially when considering the cases related to COVID-19 and homeschooling. The challenges crop up due to lack of experience using technologies in formal learning setup for both physical and virtual barriers (Almanthari, Maulina, & Bruce, 2020).

The provision of a single digital device to each school student on the part of the Ministry of Education highlights the role of the physical and non-physical factors in integrating technology (Tokzhigitova & Omarova, 2022).

The basis that pre-service physics educators' knowledge and beliefs, from the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) model (Mishra & Koehler, 2006), is laid. TPACK refers to the confluence of content knowledge, pedagogical knowledge, and technological knowledge in shaping the relationship between educational content and technology in instruction. The contextual background of pre-service physics educators informs their beliefs regarding integrating technology into the classroom and subsequently shapes their practices.

This study concentrates on the anticipated concerns and benefits perceived by pre-service physics educators' as they integrate technologies into physics education. The significance of pre-service physics educators' Technological Pedagogical Knowledge (TPK) and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) is paramount, as they shape the purposes for which technologies are employed and the anticipated outcomes. The novelty of the study lies in its nationwide scope, enabling an examination of pre-service physics educators' beliefs on a broader scale.

The expected concerns and benefits anticipated by pre-service physics educators' while integrating technologies in physics education are examined in this study. Therefore, the TPK and TPACK of teachers define the goals behind technological use and expected outcomes. The main distinction is that this research has a national basis, so it is possible analyse about ideas of pre-service physics educators at the more widespread scale.

Finally, this study examines technologies integration in physics education addressing the possible pros and cons including expected benefits and fears of pre-service physics educators in Almaty, Kazakhstan.

Kazakhstan has undertaken an exemplary project whereby it provisioned students with modern gadgets equipped with digital pens and keyboards. The introduction of this initiative along with the continuing application of learning or content management systems due to COVID-19 presents a remarkable change in the learning arena (Mausumbaev & Toleubekova, 2022). Together with departments of education universities (Almaty Educational Universities) we are working out understanding, what is the place of these technologies, mostly interacting digital learning resources, in content of physics course for pre-service physics educators.

All seventeen interviewed skilled educators came from varied urban and rural schools with varying social class positions. Purposively, we chose schools having different socioeconomic features such as urban private ones, and those that were affected by migration. There were 10 women and 7 men from the start to the mid-teaching career who participated in the study, contributing to an array of viewpoints.

The qualitative interviews, guided by a semi-structured approach, explored three thematic complexes: issues related to the anticipated concerns and benefits of pre-service physics educators with modern information technologies, required support for preparation to teach with the new devices in the future, and preparation strategies for the next school year. For this purpose, grounded theory principles were used for the data analysis, considering a constructivist point-of-view in the interpretation.

The research design incorporates features of a qualitative interview study as well as grounded theory. Due to using a non-standardized technique of interviewing skilled educators, these data obtained are not simple, but rather complex text. Pure case sampling in case study methodology was used by the study in a unique way — extreme cases on both ends of the socioeconomic continuum — which provides important information about how to build theories.

In brief, our study investigates the everyday lives of the beginning of the pre-service physics educators involved in implementing modern information technologies of physics educators. Our study seeks help to understand the expected concerns and benefits arising because of the transformative initiative within Almaty schools by considering specific situations through case studies.

Research methodology

Our study takes the form of a case study, concentrating on the expected challenges and advantages experienced by specific pre-service physics educators as they grapple with the introduction of modern information technologies at the onset of education. Within the framework of case studies, genuine individuals in authentic settings undergo deliberate interventions, shaping a constrained system. Our investigation centres on pre-service physics educators and their classes as the real participants in genuine settings, with the introduction of modern information technologies constituting the intervention.

In line with the perspectives presented by Eisenhardt (1989), we consciously highlighted extreme cases, exemplifying schools situated at opposite ends of the

socio-economic spectrum. This intentional emphasis corresponds to purposive sampling, a method commonly employed in case studies and grounded theory approaches. Our objective in scrutinizing cases with potentially high and low socio-economic backgrounds is to extract valuable insights for expanding existing knowledge and building theoretical frameworks.

Our study combines elements from interview studies and grounded theory to form our methodology. We used a standardized interview approach to give skilled educators the opportunity to express themselves openly which resulted in detailed textual data. This methodology as explained by Charmaz (2006) highlights the connection, between grounded theory research and qualitative interview studies. For data collection and analysis, we followed grounded theory principles by allowing skilled educators to explain their perspectives and priorities on the given subjects. The detailed texts that emerged from this process serve as the basis, for our understanding of the challenges and benefits that preservice physics educators encounter when integrating information technologies at the beginning of their education.

Research results

In the methodology section of our study we followed a three step process commonly used in grounded theory approaches (Charmaz, 2006);

- 1) We began with coding
- 2) Followed by axial coding
- 3) And finally selective coding.

During the phase of coding, we applied inductive thematic principles and open coding techniques to break down the new data into 72 distinct units of meaning. Each unit represents an aspect. These units were then grouped into 21 level codes based on shared descriptions and definitions.

Moving to the second step, axial coding, we systematically analyzed the higher-level open codes. This involved organizing codes around a central phenomenon, considering cause, activities, consequences, and framework conditions. The goal was to synthesize the open codes, achieving a heightened level of generalizability and abstraction. The result of this process is akin to creating a structured framework, enhancing our understanding of the relationships between various aspects.

Finally, in the third step of selective coding, we evaluated initial assumptions, identified, and closed research gaps, and established connections or dependencies between categories obtained from axial coding. By refining and integrating categories, we developed core categories that represent the central themes of the study. In our case, these core questions include:

(A) How can educators address and minimize the impact of technology-related discrimination in the learning environment?

(B) How can educators strike a balance between leveraging technology and ensuring the retention of fundamental physics knowledge and skills?

(C) How can the integration of technology be made more engaging and enjoyable for educators to enhance their competency?

(D) What are the potential challenges or limitations associated with using technology for differentiation in physics education?

This systematic and iterative approach to qualitative data analysis ensures a comprehensive understanding of the anticipated concerns and benefits of pre-service physics educators in the context of integrating modern information technologies in education.

Implementing technology in the early stages of education may hinder students from mastering fundamental arithmetic skills, leading to a lasting gap in physics. Educators' express concerns about students' decreasing ability to solve basic problems when relying on digital devices, fearing a widening gap that may persist throughout their academic journey.

In interviews, skilled educators acknowledge the importance of technology in physics education but express reservations. They highlight students' diminishing numeracy skills and an increased reliance on internet research for information in physics. Concerns include students not memorizing formulas and potential misinformation online.

Teachers worry that technology impedes the learning of basic knowledge in physics, including memorization of formulas and the structured approach to problem-solving. The fear is that students, given laptops at a young age, may struggle to document solution paths, hindering their development of work and structured problem-solving skills.

A critical concern is that the integration of technology may compromise students' foundational competencies in physics at the onset of school, potentially leading to a lack of structured work and increased difficulties in physics lessons.

This study has shown that educators in our sample viewed technology integration as a way of learning for them. And particularly those who are skilled, they have been using only high-quality technologies starting from the year 2015 in which these were mandated to be used in the nationwide examination leading toward leaving school. Thus, while they acknowledge their experience with technologies at the upper secondary level, they highlight the disparities when integrating them with younger learners.

When it comes to further training needs concerning early secondary school technology use however, teachers prefer doing it alone through trial and error method or within their own schools. In addition, individual learning is when teachers themselves look for and adapt new technological tools or teaching strategies often by googling and searching other sources on the internet. They anticipate problems which may come up on their first attempt to use such tools. Similarly, inter-school collaboration is also important whereby teachers can share resources and support each other through informal methods like emails or meetings.

Educators must improve their knowledge and skills since physics education

increasingly uses technologies. Educators prefer personal and informal strategies for the acquisition of technological-didactic knowledge such as independent searches and trial-and-error adoption of new tools. Besides, they engage in school-internal cooperation to share knowledge.

In conclusion, the integration of technologies provides pre-service physics educators with opportunities to acquire new competencies whereby experienced educators appreciate their benefits but also understand that they need to be adjusted for young children. The preferred ways for further training among the pre-service physics educators include individual learning and informal intra-school cooperation.

Educators express their greatest hope for integrating technologies at the beginning of secondary school: facilitating differentiation and individualization in education. According to skilled educators feedback, achieving this involves enhancing educator autonomy, incorporating diverse media, offering varied tasks, making physics more relevant to reality, and allowing learning to be independent of time and place.

According to the research, teacher autonomy implies pre-service physics educators are not limited to explanations or tasks directly taken from the physics students' book. Teachers hope that this will allow them more flexibility in giving additional explanations and tasks through students' technologies.

In addition, teachers wish that the ever presence of modern information technologies will aid in more media integrated in teaching of physics like instructional videos, interactive worksheets among others which entail real time feedback and tips.

Educators argue against traditional teaching aids such as physics students' books that often contain pseudo-realistic tasks. Educators thus aim to address this problem by using technologies to get a wider range of exercises much closer to student's lived experiences.

Educators also express a desire for increased ease in integrating actual artifacts or facts from students' everyday lives into lessons using modern information technologies. They highlight the potential for students to conduct surveys and collect data more conveniently.

Additionally, educators hope to make physics lessons more independent of time and place by leveraging technologies. They envision using modern information technologies to facilitate repetition and deepening of content in physics outside the classroom, such as through learning videos or tasks with automatic feedback.

In the pursuit of differentiation and individualization in physics teaching, teachers emphasize increasing the quantity and quality of tasks. This involves sourcing tasks from various online and offline platforms, eliminating pseudo-realistic tasks, and adapting the learning process to better suit students' needs through independent practice and real-time feedback from digital tasks.

Conclusion and Discussion

The data analysis revealed that educators expressed concerns and interests before introducing technologies at the beginning of secondary school. These such questions: (A) How can educators address and minimize the impact of technology-related discrimination in the learning environment? (B) How can educators strike a balance between leveraging technology and ensuring the retention of fundamental physics knowledge and skills? (C) How can the integration of technology be made more engaging and enjoyable for educators to enhance their competency? (D) What are the potential challenges or limitations associated with using technology for differentiation in physics education?

Despite the increasing variety of technologies used for physics education, Educators in the study initially perceived technologies as traditional tools like calculators. Clarification was needed regarding the broader definition of technologies, encompassing virtual apps and augmented reality.

Educators acknowledged the complex nature of physics education with technologies, seeing both opportunities and risks. The manifold possibilities offered opportunities for differentiation and individualization in learning processes, but integrating technologies was perceived as an additional burden for students.

The study indicated that pre-service physics educators, confident in their technological capabilities, preferred individual, and in-school approaches for acquiring knowledge and competencies. They played a pivotal role in creating supportive environments, consisting of both hard and soft factors, facilitating the integration of technologies.

Contrasting results were found concerning pre-service physics educators' confidence and competencies in using technologies. Unlike previous studies reporting educators' lack of confidence, this study revealed that pre-service physics educators considered themselves capable of integrating technologies into physics education. This confidence might stem from the long-standing use of technologies in standardized exams, creating a positive self-assessment among teachers.

Regarding the various uses of technologies in physics education, the study highlighted those pre-service physics educators focused on specific aspects, such as resource distribution, organization, and communication. Some advanced uses, like technology-supported collaborative learning or personalization, were less emphasized.

Pre-service physics educators attributed servant or partner roles to technologies, expressing concerns about the negative connotations associated with the servant approach. They hoped for positive outcomes through the partner approach, expecting technologies to facilitate individualized and differentiated physics education processes.

In conclusion, educators' concerns, and benefits regarding integrating technologies into physics education were well-balanced. While fears were often associated with traditional approaches, hopes were linked to contemporary uses of

technologies, anticipating individualization, differentiation, and enhanced learning experiences. State-of-the-art technologies, such as augmented reality or 3D printing, were not yet widely associated with school-based learning by educators.

References

- Almanthari A., Maulina S. & Bruce S. (2020). Secondary School Mathematics Teachers' Views on E-learning Implementation Barriers during the COVID-19 Pandemic: The Case of Indonesia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(7), em1860. doi:<https://doi.org/10.29333/ejmste/8240>
- Batrakova N. (2019). Digitalization of education: are schools and children ready to learn using electronic textbooks? <https://informburo.kz/>. Retrieved from <https://informburo.kz/stati/cifrovizaciya-obrazovaniya-gotovy-li-shkoly-i-deti-k-obucheniyu-po-elektronnym-uchebnikam-.html>
- Bingimlas K.A. (2009). Barriers to the successful integration of ICT in teaching and learning environments: A review of the literature. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 5(3), 235-245. doi:<https://doi.org/10.12973/ejmste/75275>
- Borba, M. C. (2016). Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education. *ZDM*, 48(5), 589-610. doi:<https://doi.org/10.1007/s11858-016-0798-4>
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis (1 edition)*. SAGE Publications Ltd.
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550. doi:<https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385>
- Flood, V.J., Shvarts, A., & Abrahamson, D. (2020). Teaching with embodied learning technologies for mathematics: Responsive teaching for embodied learning. *ZDM*, 52(7), 1307-1331. doi:<https://doi.org/10.1007/s11858-020-01165-7>
- Larkin K., & Milford T. (2018). Mathematics apps-Stormy with the weather clearing: Using cluster analysis to enhance app use in mathematics classrooms. *Using mobile technologies in the teaching and learning of mathematics*, 11-30. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-1165-7>
- Mailizar A., Abdulsalam M. & Suci, B. (2020). A view from the flip side: Using the inverted classroom to enhance the legal information literacy of the international LL. M. student. *Law Library Journal*, 105(4), 461-491.
- Mausumbaev R.S. & Toleubekova R.K. (2022). FEATURES OF PREPARATION AND EDUCATION OF FUTURE SOCIAL EDUCATORS IN THE IMPLEMENTATION OF DISTANCE EDUCATION IN THE CONDITION OF DIGITAL TECHNOLOGY. *Bulletin of Toraighyrov University Pedagogics Series*. doi:<https://doi.org/10.48081/alpi1364>
- Mishra P. & Koehler M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Tokzhigitova N. & Omarova A. (2022). Analysis of requirements for information provision of digital educational resources. *Bulletin of Toraighyrov University Physics and Mathematics series*. doi:[10.48081/ugwu8738](https://doi.org/10.48081/ugwu8738)
- Tregalová J., Clark-Wilson A. & Weigand H. (2018). Technology and resources in mathematics education. *Routledge*. doi:<https://doi.org/10.4324/9781315113562-12>

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 18–27

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.239>

ӨЖ 378

ГРПТИ 14.35.07

© **E.Zh. Begaliyev¹, A.Zh. Seitmuratov¹, G.B. Issayeva^{2*}, F.Zh. Nametkulova²,**
2023

¹Kyzylorda University named after Korkyt ata, Kyzylorda;

²Abai National Pedagogical University, Almaty.

E-mail: guka_issaeva@mail.ru

USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE COURSE OF PHYSICS IN PEDAGOGICAL HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Begaliyev Yerbol Zhalgasuly - Master of pedagogical science, Kyzylorda University named after Korkyt ata, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: puntik_92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2411-6249>;

Seitmuratov Angisin Zhasaraluly - Doctor of physics-mathematical science, Professor, Kyzylorda University named after Korkyt ata, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: angisin_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

Issayeva Gulnara Bostanovna - Acting Associate Professor of the Department «Methods of Teaching Mathematics, Physics and Computer Science», Candidate of Pedagogical Sciences, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: guka_issaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>;

Nametkulova Farida Dzhanuzakkyzy - Candidate of Pedagogical Sciences, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: farida03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8077-3465>.

Abstract. The article describes the formation of the use of modern information and communication technologies in the educational process of pedagogical universities, as well as the need for sufficient attention in higher educational institutions to the activities of students as individuals. In the process of working with the means of information and communication technologies, the psychological state of students in their formation as a person, such as internal orientation, interest, creativity, is described and ways to solve these problems are considered. During the application of modern information and communication technologies, new possibilities of educational tools and ways of their implementation in modern pedagogical science have been studied. Aspects of the problem are considered in accordance with the specifics of a particular subject.

This type of task is rarely found in the educational process, but it belongs to

problem tasks. In general, the article is accessible to the reader in terms of style, language and form. The author has studied and analyzed a significant amount of educational literature. In addition, he explained such concepts as questions of the stages of creation, development and implementation of information technologies in education and various aspects of the problem of using computer technologies in the education process. The general topic of the article is open. The value of the article lies in the creation of a professional educational environment for studying the concepts of "complexity" and "difficulty" of a task. Having divided educational resources and electronic textbooks into four groups, he focused on the needs and content of each group, including paying more attention to the advantages of electronic textbooks as the main means of information and communication technologies.

Keywords: Personality, personality formation, personality development, creativity, interest, modeling, didactic unity, intellectual learning, professional activity

© **Е.Ж. Бегалиев¹, А.Ж. Сейтмуратов¹, Г.Б. Исаева^{2*}, Ф.Ж. Наметкулова², 2023**

¹Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда;
²Абай атындағы Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы.
E-mail: guka_issaeva@mail.ru

ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ЖОҒАРҒЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА ФИЗИКА КУРСЫНДА АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Бегалиев Ербол Жалғасұлы – педагогика ғылымдарының магистрі, Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан
E-mail: puntik_92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2411-6249>;

Сейітмуратов Аңғысын Жасарович – физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан
E-mail: angisin_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>

Исаева Гульнара Бостановна – «Математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі» кафедрасының доцент м.а., п.ғ.к., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: guka_issaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>;

Наметкулова Фаридә Жанұзаққызы – п.ғ.к., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
E-mail: farida03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8077-3465>.

Аннотация. Мақалада педагогикалық жоғарғы оқу орындарының оқу-тәрбие үдерісіне заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолданудың қалыптасуы және сонымен қатар жоғарғы оқу орындарында сту-денттердің жеке тұлға ретіндегі іс-әрекеттеріне жеткілікті дәрежеде көңіл бөлуі қажеттілігі баяндалады. Білім алушылардың ақпараттық-коммуникациялық технологиялар құралдарымен жұмыс

істеу барысында жеке тұлға ретінде қалыптасуындағы ішкі бағыты, қызығушылығы ынтасы, шығармашылығы сияқты психологиялық жағдайы баяндалады және осы мәселелерді шешу жолдары қарастырылған. Заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану барысында білім беру құралдарының жаңа мүмкіндіктері мен олардың бүгінгі таңдағы педагогика ғылымы саласында жүзеге асу жолдары зерттелген. Мәселенің аспектілері нақты пәннің ерекшелігіне сәйкес қарастырылаған. Тапсырмалардың бұл түрі оқу процесінде сирек кездеседі, бірақ проб-лемалық тапсырмаларға жатады. Жалпы, мақала оқырманға презентация стилі, тілі, формасы жағынан қол жетімді. Автор оқу-әдістемелік әдебиеттердің едәуір санын зерттеді және талдады. Сонымен қатар, оқытудың ақпараттық технологиясын құру, дамыту және енгізу кезеңдері туралы мәселелер және компьютерлік техниканы оқыту үрдісінде қолданудың проблемасының әртүрлі жақтары сияқты ұғымдарды түсіндірді. Жалпы мақала тақырыбы ашылды. Мақаланың құндылығы тапсырманың "күрделілігі" және "қиындығы" ұғымдарын зерттеудің кәсіби білім беру ортасын құрудан тұрады. Білім беру ресурстары мен электрондық оқулықтарды төрт топқа бөліп, әр топтың қажеттілігіне және мазмұнына тоқталып, оның ішінде электрондық оқулықтарды ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың негізгі құралы ретінде артықшылықтарына көбірек көңіл бөлген.

Түйін сөздер: Жеке тұлға, тұлғаның қалыптасуы, тұлға дамуы, шығарма-шылық, қызығушылық, модельдеу, дидактикалық бірлік, зерделік оқыту, кәсіби қызмет

© Э.Ж. Бегалиев¹, А.Ж. Сейтмуратов¹, Г.Б. Исаева^{2*}, Ф.Ж. Наметкулова², 2023

¹Кызылординский университет имени Коркыт ата, Кызылорда;

²Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы.

E-mail: guka_issaeva@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КУРСЕ ФИЗИКИ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗАХ

Бегалиев Ербол Жалгасулы – магистр педагогических наук, Кызылординский университет имени Коркыт ата, Кызылорда, Казахстан

E-mail: puntik_92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2411-6249>;

Сейтмуратов Ангысын Жасаралонч – доктор физико-математических наук, профессор,

Кызылординский университет имени Коркыт ата, Кызылорда, Казахстан

E-mail: angisin_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

Исаева Гульнара Бостановна - и.о. доцента кафедры «Методики преподавания математики, физики и информатики», кандидат педагогических наук, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

E-mail: guka_issaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>;

Наметкулова Фарида Джанузаккызы – кандидат педагогических наук, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан
E-mail: Farida03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8077-3465>.

Аннотация. В статье излагается становление применения современных информационно-коммуникационных технологий в учебно-воспитательном процессе педагогических вузов, а также необходимость достаточного внимания в высших учебных заведениях к деятельности студентов как личности. В процессе работы со средствами информационно-коммуникационных техно-логий излагается психологическое состояние обучающихся в их становлении как личности, такие как внутренняя направленность, заинтересованность, творчество и рассматриваются пути решения этих проблем. В ходе применения современных информационно-коммуникационных технологий изучены новые возможности образовательных средств и пути их реализации в современной педагогической науке. Аспекты проблемы рассматриваются в соответствии со спецификой конкретного предмета. Этот тип заданий редко встречается в учебном процессе, но относится к проблемным заданиям. В целом статья доступна читателю по стилю изложения, языку и форме. Автор изучил и проанализировал значительное количество учебно-методической литературы. Кроме того, он разъяснил такие понятия, как вопросы этапов создания, развития и внедрения информационных технологий образования и различные аспекты проблемы использования компьютерных технологий в процессе образования. Общая тема статьи открыта. Ценность статьи заключается в создании профессиональной образовательной среды для изучения понятий «сложность» и «трудность» задачи. Разделив образовательные ресурсы и электронные учебники на четыре группы, остановился на потребностях и содержании каждой группы, в том числе уделив больше внимания преимуществам электронных учебников как основного средства информационно-коммуникационных технологий.

Ключевые слова: Личность, формирование личности, развитие личности, творчество, интерес, моделирование, дидактическое единство, интеллектуальное обучение, профессиональная деятельность

Кіріспе

Бүгінгі таңда ақпараттандыру дәуірі техникалық және кәсіптік қолдануды қажет етеді. Білім беру жүйесін ақпараттандыру–білім сапасын көтеруге бағытталған үдеріс, ол келешек ұрпақтың жан-жақты сапалы білім алуына, іскер, талапты, шығармашыл, еркін дами алатын педагогикалық жағдай жасауға тигізер пайдасы мол. Алдыңғы қатардағы жетекші ғалымдар өз зерттеулерінде білім беру жүйесін ақпараттандыру, ақпараттық технология құралдары арқылы педагогикалық мәселелерді шешу жайлы құнды пікірлер айтқан.

Ақпараттық-коммуникациялық технологияларды міндетті пән ретінде оқытуға бөлінген сағаттар саны әртүрлі. Мемлекеттерде бір жылда 20-дан 6-ға дейін өзгереді. Осы сағаттар санына білім беру жобаларында және басқа пәндерді оқытуда ақпараттық технологияны қолданатын уақытты қосу керек. Бірақ бұл параметр тәжірибе жүзінде есептелінбейді.

Кәдімгі экспериментті жасау әдетте қымбат және оны шынайы түрде іске асыру қиын болады. Міне, сондықтан да компьютерлік демонстрацияны қолданып тәжірибе жасаудың артықшылығы бар.

Компьютер экранда үдерісті бірнеше рет қайталауға, оны кез келген кезеңіне өтуге болады.

Білім мен біліктілікті меңгерудегі компьютерді оқыту жүйесіне арналған қосымша ғана емес және оның рөлі «оқытушы - оқулық - оқушы» деп аталатын үш компонентті жүйені «оқытушы - оқулық - компьютер - оқушы» байланысы арқылы кеңейтеді (Әлімов, 2013).

Білім беруді ақпараттандырудың қазіргі жағдайында жаратылыс пәндерін оқыту үдерісінде заманауи ақпараттық-технологияны, ақпараттық жүйені және бағдарламалық құралдарды пайдалануды талап етеді (Морева, 2001).

Компьютер көрнекі-бейнелі ойлауды, қозғалыстық және ауызша қарым-қатынас машықтарын, мақсатты әрекеттерді және элеуметтендіруді дамыту үшін мүмкіндіктер туғызады (Роботова, Леонтьева, 2002).

Қолданыстағы заманауи ақпараттық технологияны қолданудың негізгі бағыттарын анықтап алғаннан кейін, Ақпараттық-коммуникациялық технологиялық құралдарын жоғарғы оқу орындарында оқу-тәрбие үдерісінде пайдаланудың қазіргі педагогикалық мүмкіндіктерін саралауды жөн көрдік. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялық құралдарын оқу-тәрбие үдерісінде оқыту технологиясына едәуір оң өзгерістер әкелетін құрал ретінде қарау басымдылыққа айналып келеді. Оларды оқу-тәрбие үдерісіне пайдалану білім мазмұны бойынша берілетін тапсырмаларға қойылатын талаптар мен оның мазмұнын кеңейтуге, студенттердің білім алуға құлшынысын арттыруға, оқу үдерісіне белсенділігін дамытуға, дайындық сапасын бағалау, тексеру түрлерін өзгертуге, студенттердің іс-әрекетінің рефлексиясын қалыптастыруға жағдай тудыратынына көз жеткіздік. Физика және астрономия пәндерін оқыту кезінде студенттердің дайындық сапасын арттыруда заманауи ақпараттық технологияны пайдаланудың дидактикалық мүмкіндіктері төмендегідей, олар:

- кез келген көлемдегі және кез келген түрдегі ақпаратты кез келген қашықтықта, тез арада тасымалдай алу;

- алынған ақпаратты компьютерде қажетті уақытқа дейін сақтай алу, өңдеу, шығару және т.б.

- алынған материалды өз тасымалдауына ауыстыра алу, басып шығару және онымен қажетті уақытта жұмыс жасай алу (Хмель, 2004).

Материалдар мен әдістер

Сонымен, білім беру жүйесіндегі заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологиялар оқытуды тиімді ұйымдастыруға ықпал етеді.

1. Ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын басқару тұрғысынан қолдану.

Ақпараттық-коммуникациялық технология құралдары оқу-тәрбие үдерісін оңтайлы басқаруға, студенттердің іс-әрекетіне сапалы түрде бақылау жүргізуге мүмкіндік береді.

2. Ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын дайындық сапасын арттыру тұрғысынан қолдану (Алимбекова, 2007).

1. Ақпараттық технология құралдарын танымдық тұрғыдан қолдану.

Ақпараттық технология құралдарын танымдық тұрғыдан қолданудың психологиялық-педагогикалық аспектілері С.Пейперт, Дж.Нок шет елдік ғалымдардың еңбектерінде зерттелген. Мәселен, С.Пейперт «компьютермен оқытуда студент өзінің интеллектуалдық құрылымын құрушы құрылысшы студент қазіргі техниканы меңгеріп қана қоймайды, сонымен қатар жаратылыстану, математика пәндерінен, басқа да интеллектуалдық дамуына қажетті ақпараттармен танысады» - дейді. Компьютермен жұмыс істеу барысында студенттер өзінің қызығушылығына орай оқу дағдыларын меңгереді, айнала қоршаған әлеммен танысады, өз бетінше білімін толықтырады, жетілдіреді, білуге құштарлығы артады, болашақ мамандығы туралы мәлімет, оның еңбек нарқындағы орны нақтыланады. Сондықтан, студенттерді ақылмен, сапамен, белгілі бір режіммен әрекет жасауға төселдіру, қажетті ақпаратпен жұмыс істей білу дағдыларын қалыптастыру – педагогтардың міндеті деп білеміз (Алимбекова, 2008).

1.3. Педагогикалық жоғарғы оқу орындарында физика курсын оқыту үдерісінде заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдаланудың әдістемелік мәселелері

Студенттер ақпараттық-коммуникациялық технология құралдары арқылы білім алу барысында өзінің білімін, білігін, қоршаған әлем туралы түсінігін кеңейтеді, қажетті ақпаратты алады. Студент компьютерде дербес жұмыс істей отырып, фактілерді талдайды, терең ұғынады, нәтижесін салыстырады, талдай отырып, жадында сақтауға ұмтылады. Осылайша меңгерген білімдерін оқу-тәрбие үдерісінде еркін айтып, серіктерімен сұхбаттасады. Белгісіз жайтты білуге құлшынысы, ешкім әлі біле қоймаған жаңалықты жедел меңгеруге талпынысы артып, білім сапасының жоғарылауына, тұрақталуына, іс-әрекетінен көрініс беруге әрекеттенеді. Әрекет – тұлға болмысын ұйымдастырушы және іске асырушы субъектінің белсенділігін арттырушы. Зерттеу жұмысымыздың мақсаты ақпараттық-коммуникациялық технология құралдары арқылы студенттердің дайындық сапасын арттыру болғандықтан, жоғары оқу орындарында студенттердің дайындық сапасын арттырудағы әрекет құралы ретіндегі мүмкіндіктерін толығырақ ашуға тырыстық.

Ақпараттық-коммуникациялық технология негізінде жоғарғы оқу орындарында студенттердің дайындық сапасын арттыруда заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану деңгейін анықтау қажеттігі туды, оны жүзеге асыру мақсатында жоғарғы оқу орындарында бухгалтерлік,

экономикалық, мал дәргерлік бөлімдерінің студенттері арасында сауалнама, пікірлесу, әңгімелесу және т.б. жұмыстар жүргізілді (Levy, 2003). Негізгі мақсатымыз – студенттердің дайындық сапасын арттыру үдерісінде олардың заманауи ақпараттық технологияны қаншалықты меңгергенін, оны пайдалану деңгейін анықтау. Зерттеу жұмысы барысында жоғарғы оқу орындарында студенттердің арасында жүргізілген сауалнама барысында төмендегі жайттар анықталды:

- келешек маман иесі ретінде ақпараттық қоғам талабына сәйкестігі;
 - жоғарғы оқу орындарында білім алу барысында ақпараттық-коммуникациялық технология көмегімен жинаған теориялық және практикалық білімінің жеткіліктілігі;
 - физика және астрономия пәндерін оқу барысындағы заманауи ақпараттық технологияны пайдалана оқытудың қанағаттандыруы;
 - заманауи ақпараттық технологияны қолданудағы алған білімі мен біліктілікті меңгеру мақсатындағы тәжірибелік дайындық деңгейінің толықтығы;
 - компьютерлік сауаттылық деңгейі;
 - ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын пайдалану дәрежесі;
 - физика және астрономия пәнін оқыту барысында электронды оқу құралдарын, компьютерлік бағдарламалық оқу құралдарын, Интернет желісін қолдану жиілігі;
 - Ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын және оқу, жеке әрекетінде қолдану дәрежесі;
- Ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын меңгеруге деген сұранысы, қызығушылығы;
- Ақпараттық-коммуникациялық технология көмегімен білімдік, біліктілік, іскерлік дағдыларды меңгеруі;
 - компьютерлік сауаттылықтың пайдасының іс-тәжірибедегі көрінісі;
 - заманауи ақпараттық технологияның дайындық сапасын арттырудағы орны, рөлі (Pacheco, Lips, Yoong, 2018).

Нәтижелер және талқылау

Жоғарғы оқу орындарында студенттердің білім сапасын арттыруға бағытталған теориялық, практикалық дайындық түрлері мен бақылау түрлерін заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологиялар арқылы қарастырайық.

Дәріс - білім берушінің ауызша оқу курсының белгілі бір бөлімін жүйелі түрде баяндауынан тұратын оқытуды ұйымдастыру түрлерінің бірі. Оқытудың осы түрінің осал жерлері де жеткілікті. Себебі дәріс өзге адамның айтқанын тыңдаушылардың жай ғана қабылдауына бейімдейді, студенттердің шығармашылықпен жұмыс істеуіне кері әсер етеді. Білім берушінің баяндап жатқан материалын студенттердің бәрі бірдей қабылдай алмайды. Әлемдік тәжірибелерді сараласак, американың жоғары оқу орындарында дәріске

бөлінген уақытты қысқарту қарастырылған. Дегенмен, дәрістен бас тарту студенттердің білім деңгейін төмендетуге соқтырып отыр. Кейбір жағдайда дәрісті оқытудың басқа түрлерімен ауыстыруға болмайтынын тәжірибе көрсетуде. Сондықтан осы күнге дейін дәріс қолданыста, жоғарғы оқу орындарында оқу үдерісін ұйымдастыруда тиімді. Ал дәрісті ақпараттандыру жолын іздестіру, оңтайлы пайдалану – жоғарғы оқу орындарының көкейкесті міндеттердің бірі (Vines, 1992).

Маңызды аспектілердің бірі - практикалық сабақ барысында қолданылатын ақпараттық технология құралдары. Әрқелкі аудиториялар немесе жоғарғы оқу орындарынан тыс орналасқан жерлерде телеқатынастық құралдар көмегімен практикалық сабақтарды өткізуге болады. Тәжірибелік оқыту және оны интенсификациялау үдерісін сапалы ұйымдастыру үшін жаңа мүмкіндіктер туындайды. Ақпараттық-коммуникациялық технологияларды осы тұрғыдан қолданған жағдайда білім беруші модератор функциясын атқарады.

Жаттығу. Жаттығуды орындауда студенттердің біліктілігі мен дағдысын қалыптастыруға көңіл бөлінеді, онда студенттер теорияның көмегімен есептер шығарады, өткен материалдарды пысықтайды және т.б. Сондықтан берілген тапсырманың шешу құралдары ақпараттық ресурстардың базасында болуы шарт (Мирсеитова, Иргебаевой, 2004).

Семинар. Семинар сабақтар белгілі бір пәнді тереңдетіп оқуға арналады немесе студенттердің ерекше құрамын қамтиды. Семинар сабақтар – арнайы семинар, өздік семинар және т.б. болып бөлінеді. Семинарға дайындаушы, семинарға жақындатушы - просеминар, ол жоғарғы оқу орындарында 1 курс студенттерді жұмыстың жеке ерекшеліктерімен таныстыру мақсатында өткізіледі. Нақты, толғандырған мәселе бойынша студенттерге тәжірибелі білім берушілермен, ғалымдармен, жаңашыл педагогтермен сұхбаттасуды арнайы ұйымдастырған семинар – арнайы семинар. Мақсатына орай семинар әртүрлі болып келеді. Курсты тереңдетіп оқыту, тақырыптық, ізденушілік тұрғыдағы семинар және т.б. Мұнда алдын-ала белгіленген жоспар, хабарланған тақырып бойынша кең көлемдегі сұхбат жүргізуге, студенттердің өздері дайындаған баяндамаларын талқылауға болады (Lee, 2017). Ақпараттық-коммуникациялық технология құралдары да семинар мақсатына орай тиімді, ретімен, сақтау және қайта өңдеу, қолданылған баяндамалардың мазмұнын көпшілікке тарату және т.б. жағдайға сәйкес қолданыс табуы қажет. Семинарға қатысушылар ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын сауатты пайдаланып, баяндамаларын ғылымилық, әдістемелік тұрғыдан талапқа сай, тілі жатық, көпшілікке түсінікті, тыңдаушылармен өзара қарым-қатынаста болуға ұмтылуы қажет.

Жоғарғы оқу орындарында студенттердің білімі мен дағдысын бақылау ерекше назарда. Оқу қызметінің бұл түрі және оны ақпараттандыру жоғарғы оқу орындарында студенттердің дайындық сапасын өлшеу және бақылау үрдісінің компоненттерін таңдау кезінде қарастырылады. Біз бұл жұмысты ұйымдастыру барысында ағымдағы бақылауға, семестрлік

бақылауға, қорытынды бақылауға аса зер салдық. Ағымдағы бақылауды оқу материалының кезекті бөлімі соңында студенттердің материалды түсіну деңгейін анықтау үшін ауызша немесе жазбаша түрде, бір немесе бірнеше сұрақ бойынша тексереміз. Ағымдағы бақылауды компьютердің көмегімен компьютерлік тест арқылы жүргізу ұтымды, себебі студент дұрыс жауапты таңдауда өзі меңгерген білім мен білікті тұтас қолданады.

Семестрлік бақылау жоғарғы оқу орындарында студенттердің семестр бойы алған білімдерін қалай меңгергенін тексеру үшін жүргізіледі. Оны электрондық тестік тапсырмалар, теориялық және практикалық сипаттағы ақпараттық-коммуникациялық технология құралдары арқылы тестілеу жүйесін қолдану арқылы жүзеге асыруға болады (Cavanaugh, 2002).

Қорытынды бақылау мемлекеттік емтихан, дипломдық жұмыс түрінде жүреді, ол студенттердің жылдық немесе бітіруші ретінде меңгерген білімі тексеріледі. Мәселен, жоғарғы оқу орындарында мемлекеттік емтихан бірінші, екінші семестрге арналған тест түрінде өтеді. Онда студенттер әр мамандыққа байланысты тест тапсырады. Дипломдық жұмысты студенттер жетекшілерінің көмегімен дайындап, көпшілік алдында қорғайды. Соңғы 3 жылғы қорытынды бойынша жоғарғы оқу орындарының студенттерінің 90% -ы ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын тиімді пайдаланудың нәтижесінде дипломдық жұмыстарын жоғары дәрежеде қорғап, ел экономикасын нығайтуға айтарлықтай үлес қосты. Жұмысқа орналасқан студенттердің бәрі дерлік ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарын сауатты пайдалануға машықтанған, өз бетінше сапалы білімді және білікті маман ретінде жұмыс істей алады.

Қорытынды

Сонымен, білім беруді компьютерлендіру мәселесі бойынша ғылыми-әдістемелік әдебиеттерді талдау ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың оқу құралы ретіндегі мәнін анықтауға, оның оқу-тәрбие процесінде пайдаланудың артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтауға мүмкіндік берді.

Техникалық құрал ретінде ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың мүмкіндіктерінің ауқымы жеткілікті кең, бірақ олардың болуы оқу процесінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды дұрыс және тиімді пайдалануға кепілдік бере алмайды. Осыған байланысты оқу үрдісінде жаңа ақпараттық технологияларды пайдалануға бағытталған оқу-тәрбие жұмысын сауатты ұйымдастыру мәселесі өзекті және іргелі болып табылады.

Ақпараттық-коммуникациялық технологияларды оқыту құралы ретінде пайдалану үшін олар тиісті бағдарламамен қамтамасыз етілуі керек. Сондықтан әртүрлі педагогикалық функцияларды жүзеге асыруға арналған оқытудың бағдарламалық құралдарын жасау ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың көмегімен оқытудың ең негізгі мәселесі болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

Алимбекова Г.Б. (2007). Жаңа педагогикалық технологиялар - болашақ мұғалімдердің кәсіби бағыттылығын қалыптастыру құралы //Ізденіс. - Алматы, 2007. - №4.

Алимбекова Г.Б. (2008) Болашақ мұғалімдердің теориялық және әдістемелік даярлық деңгейін жетілдіруге арналған оқу құралы. – Алматы, Абай атындағы ҚазҰПУ, 2008. – 206 б.

Әлімов А. (2013). Интербелсенді әдістемені ЖОО-да қолдану мәселелері. Оқу құралы. Алматы, 2013. 448 б.

Морева Н.А. (2001). Педагогика среднего профессионального образования: Учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений. М.: Академия, 2001. С. 260.

Мирсеитовой С., Иргебаевой А. (2004) Профессиональное образование из опыта учителей. Под ред.– Алматы: Издат Маркет.

Роботова А.С., Леонтьева Т.В. (2002). Введение в педагогическую деятельность: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Академия, 2002. С. 66.

Хмель Н. Д. (2004). Теория и технология реализации целостного педагогического процесса. – Алматы: АГУ им.Абая, 2004.

Bines H. (1992). Issues in course design. In H. Bines & D. Watson (Eds.), *Developing professional education*. Bristol, PA: SRHE and Open University Press, 1992.

Cavanaugh C. (2002). *Distance Education Quality: Success Factors for Resources, Practices and Results, The Design and Management of Effective Distance Learning Programs*, 2002, pp.19.

Lee K. (2017). Rethinking the accessibility of online higher education: A historical review. *The Internet and higher Education*, 2017, pp.1523.

Levy S. (2003). Factors to Consider When Planning Online Distance Learning Programs in Higher Education, *Online Journal of Distance Learning Administration*, 2003, vol 6 (1).

Pacheco E., Lips M., Yoong P. (2018). T ransition 2.0: digital technologies, higher education, and vision impairment. *The Internet and higher Education*, 2018, vol 37(1), pp. 1-10

REFERENCES

Alimbekova G.B. (2007). Zhana pedagogikalyk technologiylar - bolashak mugalimderdin kasibi bagyttylygyn kalyptastru kuraly //Izdenis. - Almaty, 2007. - No. 4.

Alimbekova G.B. (2008) Bolashak mugalimderdin teoriyalyk zhane adistemelik dayarlyk deheyin zhetildiruge arналған оқу kuraly. – Almaty, Abai atyndagiyazapu, 2008. – 206 B.

Alimov A. (2013). Interbelsendi adistemeni JOO-da koldanu maseleri. Oku kuraly. Almaty, 2013. 448 b.

Moreva N.A. (2001). Pedagogy of secondary vocational education: Textbook for students of higher educational institutions. M.: Academy, 2001. p. 260.

Mirseitova S., Irgebayeva A. (2004). Professional education from the experience of teachers. Ed.– Almaty: Izdat Market.

Robotova A.S., Leontieva T.V. (2002). Introduction to pedagogical activity: Textbook for students. higher. ped. studies.M.: Academy, 2002. p. 66.

Khmel N.D. (2004). Theory and technology of the implementation of an integral pedagogical process. – Almaty: ASU named after Abai, 2004.

Bines H. (1992). Issues in course design. In H. Bines & D. Watson (Eds.), *Developing professional education*. Bristol, PA: SRHE and Open University Press, 1992.

Cavanaugh C. (2002). *Distance Education Quality: Success Factors for Resources, Practices and Results, The Design and Management of Effective Distance Learning Programs*, 2002, pp.19.

Lee K. (2017). Rethinking the accessibility of online higher education: A historical review. *The Internet and higher Education*, 2017, pp.1523.

Levy S. (2003). Factors to Consider When Planning Online Distance Learning Programs in Higher Education, *Online Journal of Distance Learning Administration*, 2003, vol 6 (1).

Pacheco E., Lips M., Yoong P. (2018). T ransition 2.0: digital technologies, higher education, and vision impairment. *The Internet and higher Education*, 2018, vol 37(1), pp. 1-10

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 28–40

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.240>

УДК 524.834

МРПТИ 29.05.45

© **A.A. Zhadyranova***, **R. Nurmakhan**, 2023

Department of General and Theoretical Physics,

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

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com

THE HIERARCHY OF ASSOCIATIVITY EQUATIONS WITH THE METRIC $\eta_{11} \neq 0$

Zhadyranova Aliya Amirbekovna - senior lecturer of the department of general and theoretical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan
E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com. Orcid: 0000-0003-1153-3438;

Nurmakhan Ramazan – magistr student of the department of general and theoretical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan
E-mail: nurmakhanramazan@gmail.com. Orcid: 0009-0000-8791-825X.

Abstract. The article investigates the hierarchy of the associativity equation for the case $N = 2$ and $n=3$ with the metric $\eta_{11} \neq 0$ when $V_0=0$. Nonlinear differential associativity equations originated from 2D topological field theory. Two-dimensional topological field theory is a material sector of topological string theory. In the physical setting the solutions of associativity equations describe moduli space of topological conformal field theories. We give a description of nonlinear partial differential equations of associativity in 2D topological field theories as integrable nondiagonalizable weakly nonlinear homogeneous system of hydrodynamic type. The article discusses nonlinear equations of the third order for a function $f = f(x,t)$ of two independent variables x, t . In this work we consider the associativity equation for $n=3$ and $N = 2$ case with an metric $\eta_{11} \neq 0$ when $V_0=0$. The solution of some cases of hierarchy when $N = 2$ and $V_0 = 0$ equations of associativity illustrated. Lax pairs for the system of three equations, that contains the equation of associativity are written to find the hierarchy of associativity equation. Using the compatibility condition are found the relations between the matrices U, V_2, V_1 . We obtained the elements of the matrices V_2, V_1 for this described case.

Key words: topological field theory, the equations of associativity, string theory, the Lax pair, the compatibility condition

«This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan grant number AP19674478

Influence of minimal and non-minimal coupling on the dynamics of evolution the universe in multifield cosmological models»

© А.А. Жадыранова *, Р. Нурмахан, 2023

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

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com.

ИЕРАРХИЯ УРАВНЕНИЯ АССОЦИАТИВНОСТИ С МЕТРИКОЙ $\eta_{11} \neq 0$

Жадыранова Алия Амирбековна* – старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева 2, Астана, Казахстан

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com. Orcid: 0000-0003-1153-3438;

Нурмахан Рамазан – магистрант 1 курса кафедры общей и теоретической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева 2, Астана, Казахстан

E-mail: nurmakhanramazan@gmail.com. Orcid: 0009-0000-8791-825X.

Аннотация. В статье исследуется иерархия уравнения ассоциативности для случая $N = 2$ и $n=3$ с метрикой $\eta_{11} \neq 0$, когда $V_0=0$. Нелинейные дифференциальные уравнения ассоциативности возникли из 2D топологической теории поля. Двумерная топологическая теория поля представляет собой материальный сектор топологической теории струн. В физической постановке решения уравнений ассоциативности описывают пространство модулей топологических конформных теорий поля. Дано описание нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных ассоциативности в 2D топологических теориях поля как интегрируемой недиагонализуемой слабонелинейной однородной системы гидродинамического типа. В статье рассматриваются нелинейные уравнения третьего порядка для функции $f = f(x,t)$ двух независимых переменных x , t . В работе рассматривается уравнение ассоциативности для $n = 3$ случая с метрикой $\eta_{11} \neq 0$. Проиллюстрировано решение некоторых случаев иерархии при $N=2$ и $V_0=0$ уравнения ассоциативности. Для нахождения иерархии уравнений ассоциативности были записаны пары Лакса для системы из трех уравнений, которая содержит уравнения ассоциативности. С применением условия совместности найдены соотношения между матрицами U , V_2 , V_1 . Получены элементы матриц V_2 , V_1 для этого описанного случая.

Ключевые слова: топологическая теория поля, уравнение ассоциативности, теория струн, пара Лакса, условие совместности

«Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан грант № AP19674478 Влияние минимальной и неминимальной связи на динамику эволюции вселенной в мультиполевых космологических моделях»

© А.А. Жадыранова*, Р. Нурмахан, 2023

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

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com.

МЕТРИКАСЫ $\Pi_{11} \neq 0$ ҮШІН АССОЦИАТИВТІ ТЕНДЕУІНІҢ ИЕРАРХИЯСЫ

Жадыранова Алия Амирбековна - Жалпы және теориялық физика кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Астана, Қазақстан

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com. Orcid: 0000-0003-1153-3438;

Нурмахан Рамазан - Жалпы және теориялық физика кафедрасының 1 курс магистанты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Астана, Қазақстан

E-mail: nurmakhanramazan@gmail.com. Orcid: 0009-0000-8791-825X.

Аннотация. Бұл мақалада $\Pi_{11} \neq 0$ метрикасымен $V_0 = 0$ болғандағы $N=2$ және $n = 3$ жағдайы үшін ассоциативтілік тендеуінің иерархиясы зерттеледі. Сызықтық емес дифференциалды ассоциативті тендеуі 2D топологиялық өріс теориясынан туындаған. Екі өлшемді топологиялық өріс теориясы ішектердің топологиялық теориясының материалдық секторы болып табылады. Физикалық қолданылуда WDVV ассоциативтілік тендеуінің шешімі өрістің топологиялық конформдық теориясының модульдерінің кеңістігін сипаттайды. 2D топологиялық теориясында ассоциативтілік тендеу жүйесінің гидродинамикалық типтегі интегралданатын сызықты емес біртекті жүйе ретінде берілген. Бұл жұмыста x, t тәуелсіз айнымалыларынан тұратын $f=f(x,t)$ функциясы үшін үшінші ретті сызықты емес тендеулер талқыланады. Ассоциативтілік тендеу метрика $\Pi_{11} \neq 0$ болғандағы $n=3$ жағдайы үшін қарастырылады. Ассоциативтілік тендеулер $N=2$ және $V_0 = 0$ иерархиясының бірнеше шешімдері сипатталады. Ассоциативтілік тендеулерінің иерархиясын табу мақсатында ассоциативтілік тендеулерінен құралған тендеулер жүйесі үшін Лакс жұптары жазылды. Сәйкестік шартының қолдану арқылы U, V_2, V_1 матрицалары арасындағы қатынастар анықталды. Бейнеленген жағдай үшін V_2, V_1 матрицалардың элементтері табылды.

Түйін сөздер: топологиялық өріс теориясы, ассоциативтілік тендеуі, ішек теориясы, Лакс жұптары, үйлесімділік шарты

«Осы зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады грант № AP19674478 Мультиөрістік космологиялық моделдердегі галам эволюциясының дина-микасына минималды және минималды емес байланыстың әсері»

Кіріспе

Біздің әдеттегі қабылдауымыз кеңістік пен уақыттың суреттерін пайдаланбай мүмкін емес. Ньютон механикасынан бастап, ішек теориясының қазіргі нұсқасына дейінгі барлық физикалық теориялар классикалық механика объектілері немесе жолдар теориясындағы жолдар батырылған белгілі бір

шындық ретінде кеңістік-уақыттың болуын алдын — ала болжайды. Ішек теориясы бастапқыда 70-ші жылдардағы күшті өзара әрекеттесуді зерттеуде пайда болды, бірақ содан кейін калибрлеу теорияларына жол берді. Алайда, теориямен жұмыс жасау барысында белгілі бір күйлердің уақыт кеңістігіндегі фотон мен гравитонға ұқсас екендігі байқалғандықтан, электромагниттік және гравитациялық өзара әрекеттесулерді біріктіруге арналған қосымша зерттеулерге түрткі болды.

Тербелмелі синхронды ішектердің ерекше келісілген күйі кеңістік-уақыт құрылымын құрайды. Ішектер теориясына сәйкес, әдеттегі кеңістіктің әр нүктесінде жасырылған алты өлшемді бүктелген өте қиын қасиеттерге ие кеңістік - кеңістік топологиясы. Кеңістік топологиясы бөлшектердің параметрлеріне: массаларға, зарядтарға, спиндерге, сондай-ақ бөлшектердің ұрпақтарының санына тікелей байланысты.

Ішектердің топологиялық теориясы ішек теорияларына өте ұқсас, атап айтқанда, фермиондық ішек теориясымен көптеген сәйкестіктер бар (Дижграф, 1990). Топологиялық өріс теорияларын екі өлшемді гравитациямен байланыстыру үшін әдеттегі гравитация теориясын Q-симметриясын көрсететін етіп өзгерту қажет. Бұл теория екі өлшемді топологиялық гравитация деп аталады. Екі өлшемді гравитация толығымен кванттық және оны зерттеу (ішек теориясын құруда сөзсіз) кванттық гравитация қалай жұмыс істейтініне біраз жарық түсіреді. Ақырында, істің математикалық жағын атап өтпеуге болмайды. Көптеген ішекті модельдер бай алгебралық және геометриялық қасиеттерге ие. Шын мәнінде, кез-келген геометриялық объектімен арнайы ішекті модельді байланыстыруға болады. Егер бұл берілген метрикасы бар әртүрлілік болса, онда оған сигма моделі салынады; егер тек топология берілсе, онда топологиялық модель болады.

Сондықтан, ішек модельдері Ли алгебрасымен байланысты, ол үшін ол ғаламдық симметрия, киральды алгебра немесе толық симметрия алгебрасы және т. б. болып саналады.

Материалдар және негізгі әдістер

Суперішектер теориясынан стандартты $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$ үлгісінің калибрлеу тобын қамтитын калибрлеу топтары бар квазиреалистік төрт өлшемді супергравитация теорияларын алуға болады. Ландау-Гинзбург теорияларында және топологиялық өріс теорияларында арнайы геометриямен байланысты математикалық объектілер, атап айтқанда Фробениус әртүрліліктері пайда болады. Когомология мен кванттық когомология кеңістігінде пайда болатын көбейту құрылымдары мен метрикалар сәйкесінше Фробениус алгебралары мен Фробениус әртүрліліктерінің ерекше жағдайлары мен маңызды мысалдары болып табылады.

Физикалық тұрғыдан қызықты жүйелерді құру үшін супер зарядтарды фермиондық айнымалылар бойынша сызықтық мүшелерге кеңейту керек (Козырев, 2019). Мұндай сызықтық терминдер ассоциативтіліктің дифференциалдық теңдеулеріне бағынатын жаңа құрылымдық функциялармен бірге

жүреді (Козырев, 2018). Жұмыста (Павлов, 2017) ассоциативті теңдеулердің Лагранж көрінісін табу мәселесі қарастырылды. Суперконформды механиканың гамильтонианы (немесе әрекеті) екі скалярлық потенциалмен анықталады (Лехтенфельд, 2011), F және U , олар бозон бөлшегінің координаталық функциялары болып табылады және F үшін ассоциативті теңдеулерге және F фонында U үшін Киллинг типті теңдеуге бағынады (Криванос, 2011). Веселов екі өлшемді топологиялық өріс теориясында және Сюзи Янг-Миллстің $N = 2$ теориясында маңызды рөл атқаратын ассоциативті теңдеулердің арнайы шешімдер түрін ашты (Магри, 2016). Мақалада геометриялық тәсілдің екі өлшемді конформды өріс теориясы тұрғысынан тұжырыммен тікелей байланысы орнатылады (Гавриленко, 2014).

Бұл мақалада екі өлшемді (Мохов, 1996) топологиялық өріс теорияларындағы (Страчан, 2017) жартылай туындылардағы сызықтық емес дифференциалдық ассоциативті теңдеулерді қарастырамыз (Мохов, 1995). Бастапқыда екі өлшемді (Дубровин, 1996) топологиялық өріс теорияларында (Виттен, 1990) пайда болатын ассоциативтілік теңдеуінің (Сабликовский, 2015) жалпы түрі

$$\frac{\partial^3 F}{\partial t^i \partial t^j \partial t^p} \eta^{pq} \frac{\partial^3 F}{\partial t^q \partial t^k \partial t^r} = \frac{\partial^3 F}{\partial t^i \partial t^k \partial t^p} \eta^{pq} \frac{\partial^3 F}{\partial t^i \partial t^q \partial t^r}, \quad \forall i, j, k, r \in \{1, \dots, n\}$$

Мұндағы Π -препотенциал, Π -метрика болып табылады. F функциясы әрбір жанама кеңістікте ауыспалы туындыны о анықтайды (Буряк, 2019).

Ағаш (жол) деңгейінде (яғни сферада) топологиялық теория үш құрамдас бөлікпен анықталады (Миронов, 2011) «бақыланатын» негізі бар векторлық кеңістік $\{\phi_i\}$,

$$\text{ассоциативті және ауыстырымды көбейту } \phi_i * \phi_k = \sum_k C_{ij}^k \phi_k,$$

$$\text{осы кеңістіктегі сызықтық пішіні (с-мәнді функция) } \langle \phi_i \rangle = K_i.$$

Жұмыста $\eta_{11} \neq 0$ болатын метрикасы бар $n=3$ жағдай үшін ассоциативтілік теңдеулері қарастырылды

$$\eta = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}. \tag{1}$$

Метрика (1) болған жағдайда, интервал (Козырев, 2017) келесідей анықталады

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = g_{11} dx^1 dx^1 + g_{23} dx^2 dx^3 + g_{32} dx^3 dx^2 = dx dx + dy dz + dz dy = dx^2 + 2 dy dz$$

Ассоциативті теңдеулер тензор емес екені анық (Магри, 2015). Аффиндік түрлендіруден басқа кез-келген координаталық өзгеріс теңдеулердің формасын бұзады. Осылайша, координаттар (x_1, x_2, \dots, x_n) теорияның негізгі құрамдас бөлігі болып табылады.

Бұл жағдайда (1) теңдеудегі метриканы қолданған кезде ассоциативтілік теңдеулері екі тәуелсіз айнымалының $(x = t^2, t = t^3)$ $f = f(x, t)$ функциясы үшін келесі үшінші ретті сызықтық емес теңдеуге дейін азаяды

$$f_{xxx}f_{ttt} - f_{xxt}f_{xtt} = 1, \quad (2)$$

Жаңадан a, b, c айнымалыларын келесідей енгізейік

$$a = f_{xxx}, \quad b = f_{xxt}, \quad c = f_{xtt}.$$

Жоғарыдағы айнымалыларда (2) теңдеуді үш теңдеу жүйесі ретінде келесідей қайта жазуға болады

$$\begin{cases} a_t = b_x, \\ b_t = c_x, \\ c_t = \left(\frac{(1+bc)}{a} \right)_x \end{cases} \quad (3)$$

(3) жүйеге арналған Лакс жұбы түрінде

$$\begin{aligned} \Psi_x &= \lambda U \Psi, \\ \Psi_t &= \lambda V \Psi, \end{aligned} \quad (4)$$

мұндағы U -де арқылы берілген

$$U = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & b & a \\ 1 & c & b \end{pmatrix} \quad (5)$$

және мұндағы V -де арқылы берілген

$$V = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & c & b \\ 0 & \frac{(1+bc)}{a} & c \end{pmatrix}.$$

(4) жүйенің үйлесімділік шарты келесімен берілген

$$\begin{aligned} U_t &= V_x, \\ [U, V] &= 0. \end{aligned}$$

$\eta_{11} \neq 0$ метрикасы бар $N=1$ жағдайының иерархиялық шешімі (3) теңдеулер жүйесіне сәйкес келеді. $n=3$ және $N=2$ жағдайына арналған иерархиялық шешім $V_0 \neq 0$ -дағы диагональға қарсы η метрикасымен (Жадыранова, 2018) жұмыста келтірілген. (Жадыранова, 2019) жұмыстарында $n=3$ және $N=2$

жағдайдың иерархиясы қарастырылады, $V_0=0$ кезінде η диагональға қарсы метрикасы бар. Бұл мақалада $n=3$ және $N=2$ жағдайына $V_0=0$ арналған иерархиясы (1) түр метрикасымен және келесі жүйемен қарастырылады

$$a_t = \varepsilon_1 b_x + \varepsilon_2 F_x, \quad (6)$$

$$b_t = \varepsilon_1 c_x + \varepsilon_2 H_x, \quad (7)$$

$$c_t = \varepsilon_1 \left(\frac{1+bc}{a} \right)_x + \varepsilon_2 G_x. \quad (8)$$

Атап айтқанда, $N=2$ жағдай үшін, $V_0=0$ форма метрикасымен (1)

$$\Psi_x = \lambda U \Psi,$$

$$\Psi_t = (\lambda^2 V_2 + \lambda V_1) \Psi = V \Psi$$

(4) үйлесімділік шарты келесімен берілген

$$\lambda U_t - V_x + \lambda[U, V] = 0.$$

Лах көрсетілімінің үйлесімділік шарты жүйемен берілген

$$[U, V_2] = 0, \quad (9)$$

$$U_t = V_{1x}, \quad (10)$$

$$V_{2x} = [U, V_1] \quad (11)$$

Мәселені қою

Алдымен жүйенің екінші теңдеуін қарастырамыз және оны V_1 арқылы белгілейміз

$$V_1 = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} \end{pmatrix}.$$

(10) теңдеуден $y_{11}, y_{12}, y_{13}, y_{21}, y_{31}$ сілтеме жасай отырып x -қа қатысты тұрақтылар екендігі шығады. a, b, c үшін теңдеулері бар жүйені жазу тек береді

$$a_t = y_{23x}, \quad (12)$$

$$b_t = y_{22x}, \quad (13)$$

$$b_t = y_{33x}, \quad (14)$$

$$c_t = y_{32x}. \quad (15)$$

Енді біз (6)-(8) және (12)-(15) жүйелеріндегі ұқсас мүшелерді теңестіреміз, яғни бізде жүйе бар

$$a_t = y_{23x} = \varepsilon_1 b_x + \varepsilon_2 F_x, \quad (16)$$

$$b_t = y_{22x} = \varepsilon_1 c_x + \varepsilon_2 H_x, \quad (17)$$

$$b_t = y_{33x} = \varepsilon_1 c_x + \varepsilon_2 H_x, \quad (18)$$

$$c_t = y_{32x} = \varepsilon_1 \left(\frac{1+bc}{a} \right)_x + \varepsilon_2 G_x. \quad (19)$$

Әдістің схемасы және эквивалентті есепке келтіру

Жоғарыда келтірілген жүйеден мынаны табамыз

$$y_{23} = \varepsilon_1 b + \varepsilon_2 F,$$

$$y_{22} = \varepsilon_1 c + \varepsilon_2 H,$$

$$y_{33} = \varepsilon_1 c + \varepsilon_2 H,$$

$$y_{32} = \varepsilon_1 \left(\frac{1+bc}{a} \right) + \varepsilon_2 G.$$

Осылайша V_1 матрицаның келесі түрі бар

$$V_1 = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & \varepsilon_1 c + \varepsilon_2 H & \varepsilon_1 b + \varepsilon_2 F \\ y_{31} & \varepsilon_1 \left(\frac{1+bc}{a} \right) + \varepsilon_2 G & \varepsilon_1 c + \varepsilon_2 H \end{pmatrix}. \quad (20)$$

Енді (9) теңдеуді шешеміз. V_2 келесідей белгілесек

$$V_2 = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} \\ z_{31} & z_{32} & z_{33} \end{pmatrix},$$

U (5) және V_2 (9)-ға қосу арқылы келесі қатынасты аламыз

$$z_{21} = z_{13},$$

$$z_{33} = z_{22},$$

$$z_{31} = z_{12}.$$

Демек, тек келесі теңдеулер қалады

$$z_{22} = z_{11} + bz_{12} + cz_{13},$$

$$z_{23} = az_{12} + bz_{13},$$

$$z_{32} = cz_{12} + \frac{1+bc}{a} z_{13},$$

Осылайша V_2 матрицаның келесі түрі пайда болады

$$V_2 = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} \\ z_{13} & z_{11} + bz_{12} + cz_{13} & az_{12} + bz_{13} \\ z_{12} & cz_{12} + \frac{1+bc}{a}z_{13} & z_{11} + bz_{12} + cz_{13} \end{pmatrix}.$$

Демек, тек V_2 -ның z_{11}, z_{12}, z_{13} тәуелсіз элементтер, ал қалған элементтерді олардың шарттары ретінде жазуға болады.

Енді (20) ішіндегі V_1 элементтерін табайық. Ол үшін (11) теңдеуін қолданайық.

Келесі жүйенің элементтік кірістілігі бар

$$11: z_{11x} = y_{21} - y_{13},$$

$$12: z_{12x} = \varepsilon_1 c + \varepsilon_2 H - y_{11} - by_{12} - cy_{13},$$

$$13: z_{13x} = \varepsilon_1 b + \varepsilon_2 F - ay_{12} - by_{13},$$

$$21: z_{13x} = by_{21} + ay_{31} - \varepsilon_1 b - \varepsilon_2 F,$$

$$22: z_{11x} + b_x z_{12} + bz_{12x} + c_x z_{13} + cz_{13x} = a\left(\varepsilon_1 \left(\frac{1+bc}{a}\right) + \varepsilon_2 G\right) - y_{21} - c(\varepsilon_1 b + \varepsilon_2 F),$$

$$23: a_x z_{12} + az_{12x} + b_x z_{13} + bz_{13x} = 0,$$

$$31: z_{12x} = y_{11} + cy_{21} + by_{31} - \varepsilon_1 c - \varepsilon_2 H,$$

$$32: c_x z_{12} + cz_{12x} + \frac{1+bc}{a}z_{13x} + \frac{acb_x + abc_x - a_x - bca_x}{a^2}z_{13} = y_{12} - y_{31},$$

$$33: z_{11x} + b_x z_{12} + bz_{12x} + c_x z_{13} + cz_{13x} = y_{13} + c(\varepsilon_1 b + \varepsilon_2 F) - a\left(\varepsilon_1 \left(\frac{1+bc}{a}\right) + \varepsilon_2 G\right)$$

Демек, V_1 тәуелді элементтері мына түрде беріледі

$$y_{21} = z_{11x} + y_{13}, \quad (21)$$

$$y_{31} = y_{12} - c_x z_{12} - cz_{12x} - \frac{1+bc}{a}z_{13x} - \frac{acb_x + abc_x - a_x - bca_x}{a^2}z_{13}, \quad (22)$$

$$\varepsilon_1 c + \varepsilon_2 H = z_{12x} + y_{11} + by_{12} + cy_{13}, \quad (23)$$

$$\varepsilon_1 b + \varepsilon_2 F = z_{13x} + ay_{12} + by_{13}, \quad (24)$$

$$a\left(\varepsilon_1 \left(\frac{1+bc}{a}\right) + \varepsilon_2 G\right) = 2z_{11x} + b_x z_{12} + bz_{12x} + c_x z_{13} + 2cz_{13x} + acy_{12} + (1+bc)y_{13} \quad (25)$$

Сонымен қатар, V_2 матрицасының Z_{11}, Z_{12}, Z_{13} тәуелсіз айнымалылары келесі теңдеулер жүйесін қанағаттандыруы керек

$$bz_{11x} - ac_x z_{12} - acz_{12x} - (2 + bc)z_{13x} - \frac{acb_x + abc_x - a_x - bca_x}{a} z_{13} = 0,$$

$$a_x z_{12} + az_{12x} + b_x z_{13} + bz_{13x} = 0, \quad (26)$$

$$cz_{11x} - bc_x z_{12} - bcz_{12x} - b \frac{1+bc}{a} z_{13x} - b \frac{acb_x + abc_x - a_x - bca_x}{a^2} z_{13} - 2z_{12x} = 0$$

$$3z_{11x} + 2b_x z_{12} + 2bz_{12x} + 2c_x z_{13} + 2cz_{13x} = 0$$

Жоғарыдағы жүйеден (26) келесі теңдеулер шығады

$$z_{13x} = -\frac{a_x}{b} z_{12} - \frac{a}{b} z_{12x} - \frac{b_x}{b} z_{13} \quad (27)$$

$$z_{12xx} = \frac{3 - b^2 c_x + bcb_x}{3b} z_{12x} - \frac{bb_x c_x - cb_x^2}{3b} z_{12} -$$

$$-\frac{bc_x^2 - cb_x c_x}{3b} z_{13} - \frac{bcc_x - c^2 b_x}{3b} z_{13x} \quad (28)$$

$$z_{13xx} = \frac{3 - 2acb_x + 2bca_x}{3a} z_{13x} - \frac{2ab_x^2 - 2ba_x b_x}{3a} z_{12} -$$

$$-\frac{2abb_x - 2b^2 a_x}{3a} z_{12x} - \frac{2ab_x c_x - 2ba_x c_x}{3a} z_{13} \quad (29)$$

$$z_{12x} = \left(\frac{\frac{2ac^2 a_x}{b} + 2b^2 b_x + 2acb_x - 3a_x - 2a_x bc}{9a + 4abc - \frac{2a^2 c^2}{b} - 2b^3} \right) z_{12} +$$

$$+ \left(\frac{\frac{2ac^2 b_x}{b} + 2b^2 c_x - 3b_x - 2bcb_x - 2acc_x}{9a + 4abc - \frac{2a^2 c^2}{b} - 2b^3} \right) z_{13} \quad (30)$$

Нәтижелер

Жүйенің (21-25) қажетті мүшелерін (16-19) қолдана отырып, $n=3$ және $N=2$ жағдайының $V_0=0$ ассоциативті теңдеулерде (1) түрдегі метрикасы үшін иерархиялық шешімі алынды

$$a_i = z_{13xx} + a_x y_{12} + b_x y_{13},$$

$$b_i = z_{12xx} + b_x y_{12} + c_x y_{13},$$

$$c_i = \frac{4b_x + 3ab_{xx} - 3a_x b_x}{3a^2} z_{12} + \frac{4b + 3ab_x - 3ba_x}{3a^2} z_{12x} + \frac{4c_x + 3ac_{xx} - 3a_x c_x}{3a^2} z_{13} +$$

$$+ c_x y_{12} + \left(\frac{1+bc}{a} \right)_x y_{13}$$

мұндағы z_{12x} , z_{13x} , z_{12xx} , z_{13xx} мәндері сәйкесінше (27-30) теңдеулерде берілген.

Қорытынды

Сонымен, ассоциативтілік теңдеулерінің иерархиясының кейбір жағдайларын қарастырдық. Ассоциативтілік теңдеуінің иерархиясын табу үшін жазылған ассоциативтілік теңдеуі бар үш теңдеу жүйесіне арналған Лакс жұптары қарастырылды. Үйлесімділік шартының көмегімен U , V_2 , V_1 матрицаларының арасындағы байланыстар табылды. Осылайша, $n = 3$ және $N=2$ жағдай үшін V_2 , V_1 матрицаларының элементтерін $V_0=0$ жағдайда және жоғарыда аталған a_t, b_t, c_t жүйесінде $\Pi_{11} \neq 0$ метрикасы қарастырылды. V_2 -нің тәуелсіз элементтері тек z_{11}, z_{12}, z_{13} екені анықталды, ал қалған элементтерді олардың терминдерімен жазуға болатыны көрсетілді. Анықталғандай, y_{11}, y_{12}, y_{13} -тің тәуелсіз V_1 элементтері, ал қалған элементтерді z_{11}, z_{12}, z_{13} терминдерімен жазуға болады. V_0 матрицасының элементтері нөлге тең қабылдаанды. Үш теңдеудің a_t, b_t, c_t айнымалылары z_{ij}, y_{ij} матрицалық элементтерінің көмегімен жазылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- Буряк А. (2019). WDVV ашық теңдеулері және Вирасоро шектеулері / А. Буряк, А. Басалаев // *Arnold Mathematical Journal*. – 2019. – No. 2 – Pp. 145–186. – DOI 10.1007/s40598-019-00115-w.
- Виттен Э. (1990) Екі өлшемді ауырлық күшінің топологиялық фазасының құрылымы туралы / Э. Виттен // *Nuclear Physics B*. – 1990. – No. 3 – Pp. 281–332.
- Гавриленко П. (2014) Препотенциалдар, инстантондық ыдырау және конформды блоктар үшін шегерім формулалары / П. Гавриленко, А. Маршаков // *Journal of High Energy Physics*. – 2014. – No. 5 – 30 p. – DOI 10.1007/jhep05(2014)097.
- Дижграф Р. (1990) Топологиялық жол теориясы және екі өлшемді кванттық ауырлық күші туралы ескертпелер / Дижграф Р, Верлинде х, Верлинде Э. // *Proc. of the Trieste Spring School*. – 1990. – 173 p.
- Дубровин Б. (1996) Екі өлшемді топологиялық өріс теорияларының геометриясы / Б. Дубровин // *Integrable systems and quantum groups*. – 1996. – Pp. 120–348.
- Жадыранова А. А. (2018) $n = 3$ және $N = 2$ жағдайына арналған WDVV ассоциативтілік теңдеулерінің иерархиясы $V_0 \neq 0$ / А. А. Жадыранова, Ж. Мырзақұл, Ы.Е. Әнуарбекова // Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. – 2018. – №. 4 – Б. 60–66.
- Жадыранова А. А. (2019) $V_0 = 0$ кезінде $n = 3$ және $N=2$ жағдайына арналған WDVV ассоциативті теңдеулер иерархиясы / А. А. Жадыранова, Ы.Е. Әнуарбекова // Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. – 2019. – №. 3 – Б. 79–85.
- Жадыранова А. А. (2019) a_t, b_t, c_t жаңа жүйесін $V_0 = 0$ кезінде $n = 3$ және $N = 2$ жағдайына арналған WDVV ассоциативтілік теңдеулерінің иерархиясы / А. А. Жадыранова // Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым Академиясы хабарлары. – 2019. – №. 5 – Б. 70–77.
- Жадыранова А. А. (2018) $n = 3$ жағдайына бағытталған ассоциативтілік теңдеуімен байланысты солитон беті / А. А. Жадыранова, Ж.Р. Мырзақұл, К. Р. Мырзақұлов // *International Journal of Mathematics and Physics*. – 2019. – No. 2 – Pp. 63–68.
- Козырев Н. (2019) WDVV және суперпольдің кысық теңдеулері / Н. Козырев // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019 – DOI:10.1088/1742-6596/1194/1/012061.

Козырев Н. (2018) SU (2/1) Қысық кеңістіктердегі суперсимметриялық механика | Н. Козырев, С.Кривонос, О. Лехтенфельд, А. Сутулин // Journal of High Energy Physics. – 2018. – No. 5 – 175 p.

Козырев Н. (2017) Виттен-Дижграф-Верлинде-Верлинде қысық сызықты теңдеуі және механика $N = 4$ / Н. Козырев, С. Кривонос, О. Лехтенфельд, А. Нерсесян, А. Сутулин // Physical Review D 96. – 2017. – No. 10 – 101702 p. – DOI 10.1103/PhysRevD.96.101702.

Кривонос С. (2011) D (2,1; α) суперконформды симметриясы бар көптеген бөлшектердің механикасы / С. Кривонос, О. Лехтенфельд // Journal of High Energy Physics. – 2011. – No. 2 – DOI 10.1007/jhep02(2011)042.

Лехтенфельд о. (2011) $N=4$ көп бөлшекті механика, WDVV теңдеуі және тамырлар / О. Лехтенфельд, К. Швердтфегер, Дж. Туриген // SIGMA. – 2011. – No. 7 – DOI 10.3842/SIGMA.2011.023.

Магри Ф. (2015) WDVV теңдеулері / Ф. Магри // Nuovo cimento s-colloquia and communications in physics. – 2015. – No. 5 – DOI 10.1393/ncc/i2015-15166-2.

Магри Ф. (2016) Хантýес коллекторлары және Веселов жүйесі / Ф.Магри // Theoret. and Math. Phys. – 2016. – No. 1 Pp. 1486–1499.

Миронов А. (2011) Хурвицтің статистикалық функцияларының интегралдылық қасиеттері. II. кесу және қосу операторларын және WDVV теңдеулерін көбейту / А. Миронов, А. Морозов, С. Натанзон // J. High Energy Physics. – 2011. – No. 11 – DOI 10.1007/JHEP11%282011%29097.

Мохов О.И. (1996) Гидродинамикалық типтегі интегралданатын гамильтондық диагонализацияланбайтын жүйелер ретінде екі өлшемді топологиялық өріс теориясының ассоциативті теңдеулері / О. И. Мохов, Ю. В. Ферапонтов // Functional analysis and its applications. – 1996. – No. 3 – Pp. 62–72.

Мохов О.И. (1995) Көптүрлік пен сызықтық емес теңдеулердің циклдік кеңістігіндегі Симплектикалық және Пуассондық геометрия / О. И. Мохов // Translations of the American Mathematical Society-Series. – 1995. – No. 2 – Pp. 121–152.

Павлов М. В. (2017) Лагранждың бигамильтон теңдеулерін ұсынуы туралы ескертулер / М. В. Павлов, Р. Ф. Витоло // J. Geom. Phys. – 2017. – No. 113 – Pp. 239–249.

Страчан И. (2017) Жалпыланған Лежандр түрлендірулері және WDVV теңдеулерінің симметриялары / И. Страчан, Р. Стедман // Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical. – 2017. – No. 9 – 095202 p.

Сабликовский Б. М. (2015) Фробениус көптүрлігі, WDVV теңдеулеріне және жазық метрикаларға классикалық tt матрицалық тәсіл / Б.М. Сабликовский // J. Phys. A: Math. Theor. – 2015. – No. 48 – 47 p.

References

Buryak A. (2019). Open WDVV equations and Virasoro constraints / A. Buryak, A. Basalaeв // Arnold Mathematical Journal. – 2019. – No. 2 – Pp. 145–186. – DOI 10.1007/s40598-019-00115-w .

Dijkgraaf R (1990) Notes on topological string theory and 2D quantum gravity / Dijkgraaf R., Verlinde H. Verlinde E. // Proc. of the Trieste Spring School. – 1990. – 173 p.

Dubrovin B. (1996) Geometry of 2D topological field theories / B. Dubrovin // Integrable systems and quantum groups. – 1996. – Pp. 120–348.

Gavrylenko P. (2014) Residue Formulas for Prepotentials, Instanton Expansions and Conformal Blocks / P. Gavrylenko, A. Marshakov // Journal of High Energy Physics. – 2014. – No. 5 – 30 p. – DOI 10.1007/jhep05(2014)097.

Kozyrev N. (2019) The curved WDVV equations and superfields / N. Kozyrev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019 – DOI:10.1088/1742-6596/1194/1/012061.

Kozyrev N. (2018) SU (2| 1) supersymmetric mechanics on curved spaces / N. Kozyrev, S. Krivonos, O. Lechtenfeld, A. Sutulin // Journal of High Energy Physics. – 2018. – No. 5 – 175 p.

Kozyrev N. (2017) Curved Witten-Dijkgraaf-Verlinde-Verlinde equation and $N= 4$ mechanics / N. Kozyrev, S. Krivonos, O. Lechtenfeld, A. Nersessian, A Sutulin // Physical Review D 96. – 2017. – No. 10 – 101702 p. – DOI 10.1103/PhysRevD.96.101702.

Krivonos S. (2011) Many-particle mechanics with $D(2,1;\alpha)$ superconformal symmetry / S. Krivonos, O. Lechtenfeld // *Journal of High Energy Physics*. – 2011. – No. 2 – DOI 10.1007/jhep02(2011)042.

Lechtenfeld O. (2011) $N=4$ multi-particle mechanics, WDVV equation and roots / O. Lechtenfeld, K. Schwedtfeger, J. Thurigen // *SIGMA*. – 2011. – No. 7 – DOI 10.3842/SIGMA.2011.023.

Magri F. (2015) WDVV equations / F. Magri // *Nuovo cimento c-colloquia and communications in physics*. – 2015. – No. 5 – DOI 10.1393/ncc/i2015-15166-2.

Magri F. (2016) Haantjes manifolds and Veselov systems / F. Magri // *Theoret. and Math. Phys.* – 2016. – No. 1 Pp. 1486–1499.

Mironov A. (2011) Integrability properties of Hurwitz partition functions. II. Multiplication of cut-and-join operators and WDVV equations / A. Mironov, A. Morozov, S. Natanzon // *J. High Energy Physics*. – 2011. – No. 11 – DOI 10.1007/JHEP11%282011%29097.

Mokhov O.I. (1996) The associativity equations for two-dimensional topological field theory as integrable hamiltonian non-diagonalizable systems of hydrodynamic type / O.I. Mokhov, Y.V.Ferapontov // *Functional analysis and its applications*. – 1996. – No. 3 – Pp. 62–72.

Mokhov O.I. (1995) Symplectic and poisson geometry on loop spaces of manifolds and nonlinear equations / O.I. Mokhov // *Translations of the American Mathematical Society-Series*. – 1995. – No. 2 – Pp. 121–152.

Pavlov M.V. (2017) Remarks on the Lagrangian representation of bi-Hamiltonian equations / M.V. Pavlov, R.F. Vitolo // *J. Geom. Phys.* – 2017. – No. 113 – Pp. 239–249.

Strachan I. (2017) Generalized Legendre transformations and symmetries of the WDVV equations / I. Strachan, R. Stedman // *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*. – 2017. – No. 9 – 095202 p.

Szablikowski B.M. (2015) Classical rr-matrix like approach to Frobenius manifolds, WDVV equations and flat metrics / B.M. Szablikowski // *J. Phys. A: Math. Theor.* – 2015. – No. 48 – 47 p.

Witten E. (1990) On the structure of the topological phase of two-dimensional gravity / E. Witten // *Nuclear Physics B*. – 1990. – No. 3 – Pp. 281–332.

Zhadyranova A.A. (2018) Hierarchy of WDVV associativity equations for $n = 3$ case and $N = 2$ when $V_0 \neq 0$ / A.A. Zhadyranova, Zh.R. Myrzakul, Y.Ye. Anuarbekova // *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University*. – 2018. – No. 4 – Pp. 60–66.

Zhadyranova A.A. (2019) Hierarchy of WDVV associativity equations for $n = 3$ case and $N = 2$ when $V_0 = 0$ / A.A. Zhadyranova, Y.Ye. Anuarbekova // *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University*. – 2019. – No. 3 – Pp. 79–85.

Zhadyranova A.A. (2019) Hierarchy of WDVV associativity equations for $n=3$ and $N=2$ case when $V_0=0$ with new system a_i, b_i, c_i / A.A. Zhadyranova // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series*. – 2019. – No. 5 – Pp. 70–77.

Zhadyranova A.A. (2018) Soliton surface associated with the oriented associativity equation for $n=3$ case / A.A. Zhadyranova, Zh.R. Myrzakul, K.R. Myrzakulov // *International Journal of Mathematics and Physics*. – 2019. – No. 2 – Pp. 63–68.

© **G.I. Zhanbekova^{1*}, A.K. Kozybay¹, G.B. Issayeva¹, K.K. Nurakhmetova²,
2023**

¹Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty;

²Academy of Logistics and Transport, Almaty.

E-mail: gulnura08@list.ru

TEACHING A PHYSICS COURSE IN THE SPECIALTY "AUTOMOBILE AND AUTOMOTIVE MANAGEMENT" IN ACCORDANCE WITH MODERN REQUIREMENTS

Zhanbekova Gulnur Ibadullayevna - Master's degree teacher of the department «Methods of Teaching Mathematics, Physics and Computer Science», Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: gulnura08@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7877-7085>;

Kozybai Anarbek Kozybaevich -Professor of the Department «Methods of Teaching Mathematics, Physics and Computer Science», Doctor of Pedagogical Sciences, Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan

E-mail: k.anarbek@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4043-7771>;

Issayeva Gulnara Bostanovna - Acting Associate Professor of the Department «Methods of Teaching Mathematics, Physics and Computer Science», Candidate of Pedagogical Sciences, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: guka_issayeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>;

Nurakhmetova Kulzira Kumargaliyevna -Associate Professor of the Department of General Engineering, PhD., Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

E-mail: nurahmetova52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3399-2275>.

Abstract. The article discusses current issues in the automotive industry of the Republic of Kazakhstan. In particular, they dwelt in more detail on the meaning and content of the course of physical training in this area. In particular, the curriculum of the physics course for teaching the specialty «Automobile and automotive industry» was studied, ways of improvement were shown. The necessity of integration, connection and complementation of the continuity of the physics course for the preparation of this specialty with general and special disciplines is stated. The ways of solving these issues have been identified, specific proposals have been developed. In addition, the article describes ways to take into account the specifics of the profession «Automobile and automotive industry» in the content of the physics course. Based on this question, attention is focused on the principles of fixing technical disciplines and professionalization of the physics course in teaching

physics at the Academy of Transport and Logistics. Future transport engineers spoke about the problem of implementation due to the fact that in the system of training future specialists, fundamental and professionally-oriented principles of physical and technical disciplines can be implemented. Physics course in order to identify related disciplines, an analysis of the structure of curricula of technical training directions and programs of the course «General Physics» of technical specialties of the Academy of Transport and Logistics was carried out. The analysis of the curricula made it possible to determine the content of the sections of the physics course. Taking into account the selected areas, an approximate program of a lecture and practical physics course has been developed for each area of training. In addition, the importance of interdisciplinary integration of general and special technical disciplines with the physics course in the preparation of future engineers was considered and studied. At the end of the article, the methodology for the application of educational and methodological support for the training of future specialist engineers for the purpose of an orderly and interrelated formation of general professional competence was outlined.

Keywords: physics course, physics course content, unification, professional orientation, competence, interdisciplinary connections, integration

© Г.И. Жанбекова^{1*}, А.К. Козыбай¹, Г.Б. Исаева¹, К.К. Нурахметова², 2023

¹Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы;

²Академия Логистики и транспорта, Алматы.

E-mail: gulgura08@list.ru

ОБУЧЕНИЕ КУРСУ ФИЗИКИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМОБИЛЬ И АВТОМОБИЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО» В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

Жанбекова Гульнур Ибадуллаевна - магистр, преподаватель кафедры «Методика преподавания математики, физики и информатики», Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

E-mail: gulgura08@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7877-7085>;

Козыбай Анарбек Козыбаевич - профессор кафедры «Методика преподавания математики, физики и информатики», доктор педагогических наук, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

E-mail: k.anarbek@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4043-7771>;

Исаева Гульнара Бостановна - и. о. ассоциированный профессора кафедры «Методика преподавания математики, физики и информатики», кандидат педагогических наук, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

E-mail: guka_issaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>;

Нурахметова Кульзира Кумаргалиевна - ассоциированный профессор кафедры «Общая инженерия», PhD., Академия Логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

E-mail: nurahmetova52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3399-2275>.

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные на сегодняшний день вопросы в сфере автомобильной промышленности Республики Казахстан. В том числе более подробно остановились на значении, содержании курса физи-

ческой подготовки в этой области. В частности, изучена учебная программа курса физики для обучения специальности «Автомобиль и автомобильное хозяйство», показаны пути совершенствования. Изложена необходимость интеграции, связи и дополнения преемственности курса физики для подготовки данной специальности с общими и специальными дисциплинами. Определены пути решения указанных вопросов, выработаны конкретные предложения. Кроме того, в статье изложены способы учета специфики профессии «Автомобиль и автомобильное хозяйство» в содержании курса физики. На основе данного вопроса акцентировано внимание на принципах закрепления технических дисциплин и профессионализации курса физики в преподавании физики в Академии транспорта и логистики. Будущие транспортные инженеры рассказали о проблеме осуществления связи с тем, что в системе подготовки будущих специалистов позволяют реализовать фундаментальные и профессионально-ориентированные принципы физических и технических дисциплин. Курс физики с целью выявления смежных дисциплин проведен анализ структуры учебных планов направлений технической подготовки и программ курса «Общая физика» технических специальностей академии транспорта и логистики. Анализ учебных планов позволил определить содержание разделов курса физики. С учетом выделенных направлений разработана примерная программа лекционного и практического курса физики для каждого направления подготовки. Кроме того, было рассмотрено и изучено значение междисциплинарной интеграции общих и специальных технических дисциплин с курсом физики при подготовке будущих инженеров. В конце статьи была изложена методика применения учебно-методического обеспечения подготовки будущих инженеров-специалистов с целью упорядоченного и взаимосвязанного формирования общепрофессиональной компетентности.

Ключевые слова: курс физики, содержание курса физики, унификация, профессиональная направленность, компетентность, межпредметные связи, интеграция

© Г.И. Жанбекова^{1*}, А.Қ. Қозыбай¹, Г.Б. Исаева¹, К.К. Нурахметова², 2023

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы;

²Көлік және логистика академиясы, Алматы.

E-mail: gulgura08@list.ru,

ҚАЗІРГІ ЗАМАН ТАЛАБЫНА СӘЙКЕС «АВТОКӨЛІК ЖӘНЕ АВТОКӨЛІК ШАРШУШЫЛЫҒЫ» МАМАНДЫҒЫНА ФИЗИКА КURСЫН ОҚЫТУ

Жанбекова Гульнур Ибадуллаевна – «Математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі» кафедрасының магистр оқытушысы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: gulgura08@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7877-7085>;

Қозыбай Анарбек Қозыбайұлы – «Математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі» кафедрасының профессоры, педагогика ғылымдарының докторы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: k.anarbek@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4043-7771>;

Исаева Гульнара Бостановна - «Математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі» кафедрасының профессор м.а., педагогика ғылымдарының кандидаты, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: guka_issaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>;

Нурахметова Күльзира Кумаргалиевна – «Жалпы инженерия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD,. Көлік және логистика академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: nurahmetova52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3399-2275>.

Аннотация. Мақалада Қазақстан Республикасының Автокөлік өнеркәсібі саласындағы қазіргі таңдағы өзекті мәселелер қарастырылған. Оның ішінде осы салаға инженер мамандығын дайындаудағы физика курсының маңызына, мазмұнына толығырақ тоқталған. Атап айтсақ, «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығын оқытуға арналған физика курсы оқу бағдарламасы зерделеніп, жетілдіру жолдары көрсетілген. Аталмыш мамандықты даярлауға арналған физика курсының жалпы және арнайы пәндермен интеграциясы, байланысы және сабақтастықтарын толықтыру қажеттілігі баяндалған. Көрсетілген мәселердің шешу жолдары айқындалып, нақты ұсыныстар жасалған. Сонымен қатар, мақалада физика курсының мазмұнында «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығының ерекшелігін ескеру жолдары көрсетілген. Осы мәселе негізінде физиканы Көлік және логистика академиясында оқытуда техникалық пәндерді іргелендіру және физика курсы кәсібилендіру қағидаларына көңіл бөлуді баса айтқан. Болашақ көлік инженерлері болашақ мамандарын даярлау жүйесінде физика және техникалық пәндердің іргелік және кәсіби бағыттаушылық принциптері жүзеге асыруға мүмкіндік беретіндігімен байланыстыруды жүзеге асыру мәселесі туралы баяндалды. Физика курсы сабақтас пәндерді анықтау мақсатында техникалық дайындық бағыттарының оқу жоспарларының құрылымына және Көлік және логистика академиясының техникалық мамандықтарының «Жалпы физика» курсының бағдарламаларына талдау жүргізілді. Оқу жоспарларын талдау физика курсының тарауларының мазмұнын анықтауға мүмкіндік берді. Бөлінген бағыттарды ескере отырып, дайындықтың әр бағыты үшін физиканың дәріс және практикалық курсының шамамен бағдарламасы жасалды. Сонымен қатар, болашақ инженерлерді дайындауда жалпы және арнайы техникалық пәндердің физика курсымен пәнаралық интеграциясының маңызы қарастырылып, зерделенді. Мақала соңында болашақ инженер-мамандарды даярлауды оқу-әдістемелік қамтамасыз етуді қолдану әдістемесі жалпы кәсіптік құзыреттілікті ретімен және өзара байланысты қалыптастыру айқындалып жазылған.

Түйін сөздер: Физика курсы, физика курсының мазмұны, іргелендіру, кәсіби бағыттаушылық, құзыреттілік, пәнаралық байланыс, интеграция

Кіріспе

Қазақстан Республикасының Автокөлік және автокөлік шаршушылығын дамыту үшін, осы салаға білікті кадрларды даярлау мәселесін шешу қажет. Автокөлік өнеркәсіп саласында еңбек нарығы бар, бірақ білікті кадрлар нарығы іс жүзінде жоқ. Қазіргі таңда ғаламдық өзгерістер кезінде түлектің біліктілігі мен біліміне жоғары оқу орны жауапты, оқу бағдарламаларын жаңа жағдайға бейімдеу деген сөз. Бұл кезек күттірмейтін іс. Мемлекет басшысы Қ.К.Токаев Қазақстан халқыны жолдауында жоғары оқу орындары мамандардың сапалы даярлануына жауап беруге міндетті деп атап айтқан (Акорда, 2021). Бүгінде дүние жүзіндегі автокөліктер ең көп жолаушылар мен жүк көлемін тасымалдайды, оларға арнайы жабдықтар орната отырып, әртүрлі өндірістік орындайды, біздің өмірімізге, мәдениетімізге - демалысымызға қызмет етеді, бір сөзбен айтқанда, олар қазіргі өркениеттің ажырамас бөлігіне айналды (Масуев, 2007). Сондықтан «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығы бойынша білім беру үдерісінің сапасына, инженер техниктерге қойылатын талап деңгейі артады. Бұл туралы бірінші кезекте Көлік және логистика академиясы осы мамандық бойынша мамандар сапасына көңіл бөлуі қажет. «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығында физика курсы кәсіби пәндерді игеру үшін негізгі пән болып табылады. Сонымен қатар физика курсы «Материалтану және конструкциялық материалдар технологиясы», «Материалдардың кедергісі», «Теориялық және қолданбалы механика», «Квалиметрия», «Машина бөлшектері», «Машиналар мен механизмдер теориясы», «Электротехника мен электр жабдықтары», «Жылу техникасы», «Пневмокөлік», «Электротехника» және тағы басқа пәндерменде мазмұны жағынан байланысты. Әртүрлі кәсіптік оқу орындарында физиканы оқытудың кәсіби бағытының әдістемелік аспектілері педагогтер мен әдіскерлер (Нуркасымова, 2010; Деменко, 2004; Ларионова және т.б., 2010; Масленникова, 2001; Иоффе, 1951) және басқада ғалымдардың зерттеулерінде қарастырылған.

Зерттеу әдістері мен материалдары

Зерттеу барысында орындалған ғылыми-әдістемелік еңбектерге, бірқатар техникалық жоғары оқу орындарының физика бойынша сабақтарды ұйымдастыру тәжірибесіне, зерттеулерге, оқу жоспарлары мен бағдарламаларына, біліктілік сипаттамаларына, «Автокөлік және автокөлік шаруашылығы» мамандығы үшін стандарттарға талдау, физика пәнінен сабақ жүргізетін оқытушылардан сауалнама жүргізу төменде келтірілген мәселелерді анықтауға мүмкіндік берді:

- «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығына арналған физика курсының бағдарламасы оқытудың кәсіби бағытын талаптарға сай көрсетпейді;

- техникалық және басқада техникалық емес мамандықтарға арналған физика курсының мазмұны арасында айырмашылық жоқ;

- инженер және инженерлік іс бағытында физика бойынша мамандарды

даярлауға ықпал ететін жоғары оқу орындарының өздері әзірлеген жекелеген оқу құралдарын қоспағанда арнайы әдебиеттер жеткіліксіз;

Бүгінгі таңда физика курсы бағдарламасы «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығының студенттерін арнайы даярлау бағытын ескере отырып, сараланбаған. Физика пәнінің оқытушылары курстың барлық бөлімдеріне бірдей көңіл бөледі. Алайда тәжірибе көрсеткендей Автокөлік мамандығының білім алушылары әртүрлі кәсіптік пәндерді игеруі үшін түрлі базаны қажет етеді, сондықтан физика курсы сандық және сапалық құрамымен ерекшеленуі тиіс. Бұл зерттеудің мақсаты оқу материалдары деңгейінде физика мазмұнында «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығының ерекшелігін есепке алу тәсілі ретінде физиканың кәсіби маңызды ұғымдарын нақтылау, енгізу әдістемесін әзірлеу, пәнді іргелендіру. Физикалық білім беру мазмұнында «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығының ерекшелігін тиімді есепке алудың қажетті шарты оқу материалдары деңгейінде физиканың кәсіби маңызды ұғымдарын нақтылау және оған енгізу деп санаймыз. Бұл болжамды растау немесе жоққа шығару үшін арнайы зерттеулер жүргізу қажет. Ұсынылған болжамға және зерттеудің мақсатына сәйкес зерттеудің келесі міндеттері анықталды: біліктілікті талдау, «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығы түлектерінің сипаттамасы, олар үшін қолданыстағы оқу бағдарламалары мен физика оқулықтарының құрылымы мен мазмұнын саралау, Автокөлік өндірісінің болашақ маман-инженерлерін даярлау үшін физиканың кәсіби маңызды ұғымдарын анықтау, Физика мазмұнына оқу материалдары деңгейінде физиканың кәсіби маңызды ұғымдарын нақтылау және енгізу, физика курсы мен оқулығын жоғары оқу орындарының инженерлік мамандықтар бейініне бейімдеу, сонымен қатар физиканың барлық салалары бойынша білім беру, әсіресе бұл қазіргі уақытта өзекті мәселелердің бірі болып отыр.

Жалпы физиканың курсынан басқа, жоғары оқу орнының міндеттерімен келісілген арнайы курстар болуы керек (Фоминых, 1986); «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» маманына қойылатын мемлекеттік білім беру стандартының талаптарының мәні мынада: маман оқу барысында алған білімдерін оның болашақ кәсіби қызметінде іс жүзінде туындайтын маңызды міндеттерді шешуде қолдана білуі керек. Болашақ инженерлердің кәсіби даярлығын жалпы және арнаулы- техникалық білімдерін пәнаралық интеграциялау негізінде түбірлі жетілдіру (Шильников және т.б., 2003).

«Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығының біліктілік сипаттамасын нақтылауда келесі білім мен дағдыларын және іскерлігін бөліп көрсетуге мүмкіндік берді:

- Автокөлікке қажетті материалдардың физикалық қасиеттерін меңгеру дағдысы;

- Газ-электр дәнекерлеушілерінің арнайы технологиясын білу іскерлігі. Мұнда физиканың негізгі бөлімі молекулалық физика болып табылады,

дегенмен электродинамикаға, тербелістер мен толқындарға, оптика мен кванттық физикаға, кейбір өтпелі мәселелерге көп көңіл бөлу керек;

- Автокөлік шаруашылығында қолданылатын электр құрылғылары мен электр машиналарының жұмысына негізделген физика заңдары мен принциптерін;

- Балку температурасынан (мысалы, болат, алюминий) төмен температураға дейін қызған кезде пластикалық күйге өтуге қабілетті металдарды қосу үшін газды басу, контактілі дәнекерлеу және үйкеліс дәнекерлеу қолданылады.

Бұл ретте олардың қосылатын жеріндегі бөлшектер дәнекерлеу алауынан шыққан кезде жанатын газдардың жалынымен не электр тогы жанасатын қосылатын бөліктер арқылы өткен кезде бөлінетін жылу есебінен не дәнекерленетін бөліктердің беттерін үйкеліс кезінде бөлінетін жылу есебінен қыздырылады, содан кейін бөліктер сығылады және дәнекерленеді, осы технологиялық процестерінің негізінде жатқан физикалық құбылыстарды білуі тиіс. Сонымен қатар автокөлік бірнеше бөліктерден тұрады, мысалы айтатын болсақ қозғалтқыш - бұл автомобильдің жүрегі, оның міндеті жылу энергиясын механикалық жұмысқа айналдыру. Қозғалтқыш айналу моментін жасайды және беріліс қорабы арқылы айналуы дөңгелектерге жібереді, осылайша автомобиль қозғала бастайды. Қозғалтқыш мыналардан тұрады:

- Иінді-иінді механизм - жанғыш қоспаның жануынан кейін газдардың қысымын қабылдайды және поршень-иінді біліктің айналмалы қозғалысына поршеньдік-иінді қозғалысты түрлендіреді;

- Газ тарату механизмі - цилиндрлерге жанғыш қоспаны енгізу және пайдаланылған газдарды шығару үшін клапандарды ашады және жабады;

- Қозғалтқышты салқындату жүйесі - қозғалтқыштың қыздырылған бөліктерінен жылуды шығарады, оңтайлы температуралық режимді қамтамасыз етеді;

- Қозғалтқышты майлау жүйесі-бөлшектердің үйкеліс беттеріне май беру үшін, нәтижесінде олардың арасындағы үйкелісті азайтады және қозғалтқыш қуатының жоғалуын азайтады;

- Қозғалтқыштың қуат жүйесі отын мен ауадан тұратын оңтайлы жанғыш қоспаны дайындауға арналған. Жанғыш қоспаны қозғалтқыш цилиндрлеріне жібереді және пайдаланылған газдарды шығарады.

Осындай механизмдерді білу үшін болашақ маманның физика туралы білімі өте қажет. Атап айтқанда, Молекулалық физика, Термодинамика, Механика саласындағы білімдері. Сонымен бірге Ресей Федерациясында техникалық университеттердің студенттерін физикаға оқытудың кәсіби бағыты мәселесі бойынша көптеген диссертациялық зерттеулер жүргізілді. Олардың қатарына мыналар кіреді: Т.Г. Ваганова, Н.В. Вознесенская, Г. . Ерофеева, А.Б. Жмодяк, Н.А. Клишкова, Н.В. Клишкова, А.Я. Кудрявцева, А.Н. Лавренина, Ю.Г. Родиошкина және басқалар. О.В.Сизованың диссертациялық жұмысында кескіш құралға және машина бөлшектерінің

тозатын бөліктеріне арналған болаттарға қойылатын негізгі талап - термиялық өңделген материалдың қасиеттерін кесу жиегінде немесе жұқа беткі қабатта ұзақ уақыт сақтау керектігі айтылған (Сизова, 1998). Бұған дейін айтылғандай пәнді іргелендіру жолында жоғары техникалық білім берудің ең өткір мәселелерінің бірі жаратылыстану, жалпы кәсіптік және арнайы пәндердің оқу курстарының бытыраңқылығын еңсеру мәселесі болып табылады. Бұл ажырату ғылыми ойдың дамуының қажетті шарты ретінде ғылыми білімді саралау кезеңінде пайда болды. «Инженер және инженерлік іс» мамандарын даярлау бағыты бойынша «Автокөлік және автокөлік шаршушылығы» мамандығының оқу бағдарламасында физиканың кәсіби маңызды ұғымдарын бөліп көрсетуге болатын келесі ұғымдар көрсетілген: Көлік бұйымдарын өндіруде қолданылатын материалдардың физикалық және химиялық қасиеттері, физикалық шамалардың өлшем бірліктері; материалдардың жіктелуі олардың мөлшеріне байланысты қасиеттер көрсеткіштері шамасының өзгеру шекаралары; көлік бұйымдарын дайындауда қолданылатын материалдардың механикалық қасиеттері; механикалық қасиеттердің сипаттамалары және оларды көлік материалдары үшін анықтау ерекшеліктері; созылу кезіндегі материалдардың беріктігі мен деформациялық қабілетінің сипаттамалары: жарылғыш жүктеме, жарылғыш созылу, толық деформация және оның компоненттері; иілу деформациясындағы механикалық қасиеттердің сипаттамалары: иілу кезіндегі қаттылық. Оқу жоспарында көлік материалдарының келесі физикалық қасиеттері тізімделген: гигроскопиялық қасиеттер (гигроскопиялық, ылғалдану, сулану, капиллярлық, суды сіңіру); өткізгіштігі (ауа өткізгіштігі, бу өткізгіштігі, су өткізгіштігі және суға төзімділігі, шаң өткізгіштігі және шаң сыйымдылығы); жылу қасиеттері (жылу өткізгіштігі, жылу кедергісі, температура өткізгіштігі, жылу сыйымдылығы материалдардың жылу қорғайтын қасиеттерінің негізгі сипаттамалары ретінде; жылу және ыстыққа төзімділік); электрлендіргіштігі, материалдардың электрлендіргіштігін жою тәсілдері; оптикалық қасиеттері (түсі, жылтырлығы, ақтығы, мөлдірлігі) (Образовательная программа, 2021).

Біз автокөлік және автокөлік шаруашылығы өнімдерін өндіруде қолданылатын

материалдар қасиеттерінің физикалық мәнін ашуға мүмкіндік беретін физикалық ұғымдарды анықтау мақсатында оқу бағдарламаларының (Основная образовательная программа высшего образования направление подготовки 23.03.03 эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов направленность подготовки 23.03.03.01 автомобильное хозяйство и автомобильный сервис, 2016), (Основная образовательная программа высшего профессионального образования Направление подготовки 190601.65 Автомобили и автомобильное хозяйство Квалификация Инженер, 2014) және физика курсының оқулықтарының (Сивухин, 2005; Савельев, 1970; Трофимова, 2011) мазмұнына талдау жасадық.

Нәтижелер және **оларды** **талқылау**

Автокөлік және автокөлік шаруашылығы мамандығының студенттеріне ұсынылатын физиканың оқу бағдарламаларын, оқулықтары мен оқу құралдарын талдау нәтижесі олардың құрамында автокөлік өнімдерін өндіруде қолданылатын материалдардың физикалық мәнін ашу үшін қажетті кәсіби маңызды физикалық ұғымдар бар екенін көрсетеді, бірақ олар жеткіліксіз. Физика курсына материалдардың механикалық қасиеттері олардың табиғатына қатысты толық зерттелмейді (материалдар құрылыс, машина жасау, электротехника және т.б. болуы мүмкін). Физика оқулықтары мен оқулықтарында материалдардың механикалық қасиеттерін сипаттауға қажетті физикалық ұғымдар жеткіліксіз деңгейде көрінеді. Мысалы, Автокөлік және автокөлік шаруашылығы мамандығының студенттеріне ұсынылатын физика курсының оқулықтары мен оқулықтарында «Үйкеліс күші» тақырыбы қамтылған. Алайда, біздің бақылауларымыз көрсеткендей, физика пәнінің оқытушылары осы тақырыптағы оқу материалдарын ұсыну кезінде Автокөлік және автокөлік шаруашылығы мамандығының студенттеріне көлік өндірісінде үйкеліс күшін қолдану туралы ақпарат бермейді. Автокөлік машинасында үйкеліс арқылы жұмыс істейтін бірқатар қондырғылар бар: бұл дұрыс маховиктен немесе электр қозғалтқышының білігінен машинаның негізгі білігіне дейінгі цилиндрдің қозғалыс механизмі. Көлік өндірісінің көптеген технологиялық операцияларын орындау шарттары үйкеліске байланысты-металдарды төсеу, ашық бөлімдерді өңдеу әдістері және т.б. көлік өндірісі процестерінде маталар бір-бірімен, сондай-ақ басқа материалдардың бетімен жанасады. Үйкеліс күштері технологиялық процестің барысына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар, жалпы физика курсына оқытудың кәсіби бағытын жүзеге асыру моделін құру физикалық және инженерлік мәселелерді шешу кезеңдерін салыстыру негізінде оқу - әдістемелік қамтамасыз етуді әзірлеудің алғышарты болды. Ғылыми және оқу-әдістемелік әдебиеттерді талдау кезінде әртүрлі пәндерді оқу - әдістемелік қамтамасыз ету құрылымының ерекшеліктерін анықтауға болады. С.Е. Лузгин оқу-әдістемелік қамтамасыз етуді белгілі бір мамандықтардың студенттеріне қойылатын талаптарды анықтайтын және нормативтік құжаттарды, осы пән бойынша сабақтардың барлық түрлерін өткізуге арналған жиынтықтарды, студенттердің өзіндік жұмысы мен білімін бақылауға арналған нормативтік, әдістемелік және анықтамалық-ақпараттық құжаттар жүйесі ретінде сипаттайды (Лузгин, 2011). Оқу-әдістемелік қамтамасыз етуде студенттердің белгілі бір пәнді оқуы үшін қажетті материалдардың толық жиынтығы болуы керек. Е.Ю. Горькаев оқу-әдістемелік кешеннің нормативтік және оқу-әдістемелік материалдар мен оқыту құралдарын жүйелендіру сияқты ерекшеліктерін атап көрсетеді (Горькаев, 2014). Сондай-ақ болашақ инженер-мамандарды даярлауда оқу-әдістемелік қамтамасыз етуді қолдану әдістемесі базалық жалпы кәсіптік құзыреттерді кезең-кезеңмен және өзара байланысты

қалыптастырудан тұрады. А.Ю. Курин оқу-әдістемелік қамтамасыз етуді қалыптастыру үдерісінде мынадай қағидаттарға сүйенеді:

1) білімалушылардың белсенді дербес қызметі және оқытушының бағыттаушы және түзету қызметі арқылы іске асырылған оқушылардың белсенділігі мен дербестігі;

2) болашақ кәсіби қызметте студенттердің өзін-өзі актуализациялауын ынталандыруда іске асырылған дамытушы және тәрбиелеуші оқыту;

3) білім алушылардың өзін-өзі тануын ынталандыруда іске асырылған сараланған және жеке тәсіл. әр түрлі деңгейдегі тапсырмалар және материалды арнайы топтастыру арқылы (Курин, 2010). Е.В. Тимофеева оқу-әдістемелік қамтамасыз етуді әзірлеу кезінде көлемі, күрделілігі және өз бетінше жұмыс істеу үшін тапсырмалардың уақытын орындауға жұмсалған оңтайлы тапсырмаларға, жіберілген типтік қателіктерді қарастыруға, тапсырмаларды ішкі тапсырмаларға бөлуге, тиісті оқу мақсаттарына қол жеткізуге назар аударады (Тимофеева, 2013).

Жоғарыда айтылғандардың бәрін қорытындылай келе, біз студенттердің болашақ кәсіби қызметтің табыстылығының негізі ретінде негізгі жалпы кәсіби құзыреттіліктердің белгілі бір компоненттерін игеруді мақсатты түрде қалыптастыру құралы ретінде оқу - әдістемелік қамтамасыз етудің құрамдас элементтерін анықтаймыз. Сондай-ақ ол нормативті құжаттардан бөлек (мемлекеттік білім беру стандарттары, бағдарламалар, оқу жоспары) физика курсына заманауи оқу-әдістемелік қамтамасыз ету мыналарды қамтуы керек:

Студенттерге есепті шығарудың теориялық кезеңін жүзеге асыруға көмектесу мақсатында зерттелетін бөлімдер бойынша қысқаша теориялық мәліметтер (танымдық-аналитикалық құзіреттілікті қалыптастыру) берілуі тиіс. Оқу және кәсіби міндеттерді шешудің аналитикалық кезеңін өз бетінше жүзеге асыруға арналған құрылымдалған материал (танымдық-аналитикалық, танымдық құзыреттіліктерді қалыптастыру) болуы керек. Білімалушылардың өзіндік жұмысы үшін қажетті міндеттерді шешуге арналған нұсқаулар (когнитивті құзыреттілікті қалыптастыру) әзірленуі тиіс. Алгоритмдер, алгоритімді типті көрсету, дербестікті және шешім қабылдаудың негізділігін оқу мақсатында есептерді шешудің жалпыланған тәсілдері (когнитивті құзыреттілікті қалыптастыру) көрсетілуі керек.

Есептерді шығарудың практикалық кезеңін қамтамасыз ету мақсатында (ақпараттық- математикалық құзыреттілікті қалыптастыру) білімалушылар жиі қолданатын математика, информатика бойынша қысқаша теориялық ақпарат берілуі керек.

Жетіспейтін деректерді табуға және алынған жауапты өз бетінше тексеруге арналған анықтамалық материалдар (базалық жалпы кәсіби құзыреттердің рефлексивті компонентін қалыптастыру) ұсынылуы керек.

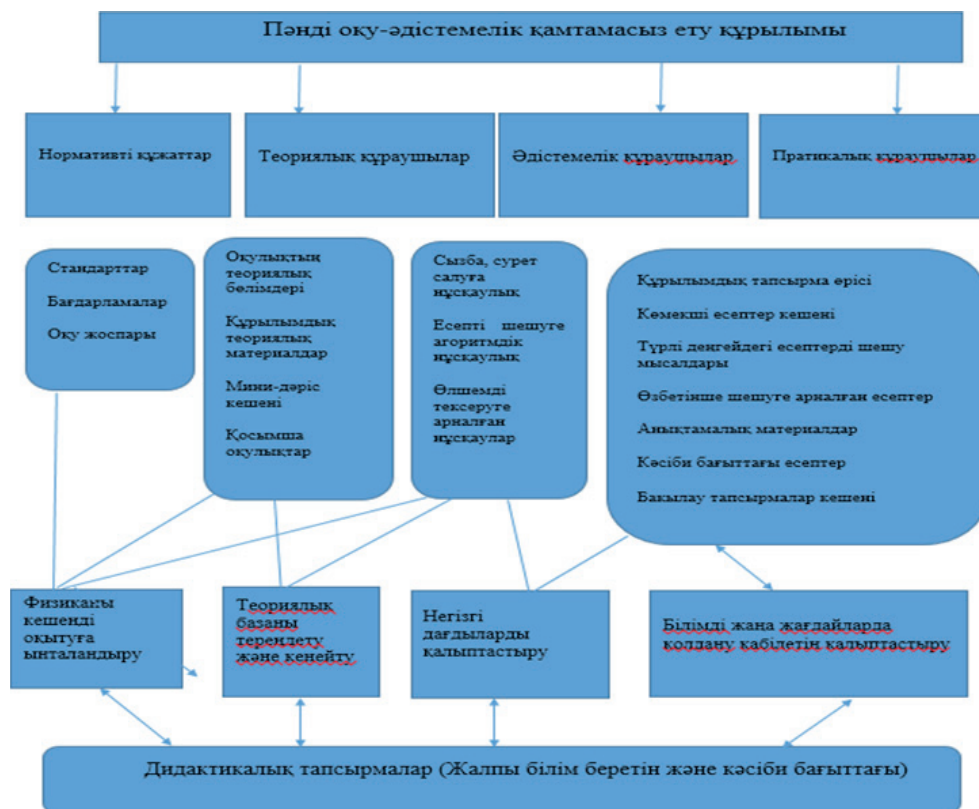
Студенттердің өз бетінше жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін түсіндірмелері бар негізгі міндеттерді шешу мысалдары (өзіндік қызметті жандандыру) көрсетілуі керек.

Кәсіптік бағдарланған міндеттерді шешу мысалдары (базалық жалпы кәсіптік құзыреттердің мотивациялық компонентін қалыптастыру);

Өз бетінше жұмыс істеуге арналған тапсырмалар (негізгі жалпы кәсіби құзыреттердің рефлексивті компонентін қалыптастыру);

Бақылау және өзіндік жұмыс (игерілген материалды жалпылау, жүйелеу);

Осы талаптарға сәйкес физикалық және инженерлік мәселелерді шешу кезеңдерін салыстыру негізінде жалпы физика курсына оқу - әдістемелік қамтамасыз етудің кейбір үлгісін ұсындық. Пәнді осындай әдістемелік қамтамасыз етудің құрылымы 1-суретте көрсетілген.



1-сурет. Физика курсына оқу - әдістемелік қамтамасыз ету сұлбасы

1. Оқыту. Дәстүрлі көзқарас тұрғысынан: жалпы физика курсы бойынша білімді жүйелеуге және жалпылауға ықпал етеді, есептерді шешуге үйретуге көмектеседі. Кәсіби бағыт тұрғысынан студенттерге жалпылауды үйренуге, бастысы туралы айтуға, негізделген шешімдер қабылдауға, өз көзқарасын дәлелдеуге көмектеседі, негізгі жалпы кәсіби құзыреттіліктердің білім мен белсенділік компоненттерін қалыптастыруға ықпал етеді.

2. Бақылаушы. Бақылаудың аралық және қорытынды түрлерін жүзеге асыруға (сонымен қатар жіберілген қателіктерді талдауға), теориялық білім

мен оқу міндеттерін шеше білу деңгейін, сондай-ақ базалық жалпы кәсіби құзыреттіліктердің қалыптасу деңгейлерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

3. Тәрбиелік. Дәстүрлі көзқарас тұрғысынан: студенттердің танымдық қызметін белсендіреді, жалпы физика курсы пән ретінде және болашақ кәсіби қызметтің негіздерінің бірі ретінде оқуға ынталандырады; құзыреттілік көзқарас тұрғысынан: проблемалық жағдайларды шешу бойынша іс-әрекеттердің нәтижеге бағытталуын қалыптастырады, негізгі жалпы кәсіби құзыреттердің мотивациялық компонентін қалыптастыруға ықпал етеді.

4. Рефлексия. Дәстүрлі тәсіл: алынған шешімді тексеруге, оқу мәселесін шешудің оңтайлы әдісін табуға, өзін-өзі бағалауға үйретуге ықпал етеді. Кәсіби бағдарланған тәсіл: өз қызметінің нәтижелерін тексеру қажеттілігін қалыптастыруға, кәсіби мәселені шешудің ең тиімді жолын табуға, өзіне деген сыни көзқарасқа, өзін-өзі дамытуға ұмтылуға ықпал етеді. Негізгі кәсіби құзыреттердің рефлексивті компонентін қалыптастыруға ықпал етеді.

5. Жалпы физика курсы оқытуды даралау және студенттердің өзіндік жұмысында оқу-әдістемелік оқытудың көп бөлігін пайдалану мүмкіндігі есебінен кәсіби құзыреттілік негіздерін қалыптастыру.

6. Студенттердің танымдық белсенділігі мен өзіндік жұмысын белсендіру арқылы оқу процесін оңтайландыру. Е.В. Пономаренконың пікірінше «пәнді оқытудың мақсаты мен міндеттері студенттің осы пән бойынша әртүрлі мәселелерде құзыретті болуы керек» делінген.

Оқу-әдістемелік қамтамасыз етудің міндеттері: болашақ инженер студенттерді кәсіби қызметке теориялық және практикалық дайындауды ұйымдастыру, сондай-ақ игерілген материалды жүйелеу және жалпылау; шығармашылық қабілеттерін дамыту. Ұсынылған оқу-әдістемелік қамтамасыз ету оқытушыға оны қолданудың әр кезеңінде бақылау және түзету функцияларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Жоғары оқу орындарында жалпы физика курсы бойынша практикалық сабақтарды өткізудің кейбір құрылымы қалыптасқан. Практикалық сабақтың басында оқытушы әдетте үй тапсырмасының орындалуын тексереді, оны орындау кезінде қиындықтар туындаған жағдайда студенттердің сұрақтарына жауап береді. Содан кейін сауалнама және өткен материалды қайталау, теорияны меңгеру деңгейін көрсету үшін осы практикалық сабақтың тақырыбы бойынша теориялық мәліметтер талданады, мұғалім студенттердің сұрақтарына жауап береді. Практикалық сабаққа бөлінген негізгі уақыт оқу есептерін шешуге келеді, ол келесі кезеңдерден тұрады: аналитикалық, теориялық (физикалық), практикалық (математикалық) және рефлексиялық (есептің шешімін талдау). Тапсырмаларды шешкеннен кейін мұғалім үйге тапсырма береді және студенттермен бірге сабақты қорытындылайды. Осылайша, практикалық сабақтың құрылымы базалық құзыреттіліктерді қалыптастырудың барлық кезеңдерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді (2-сурет).



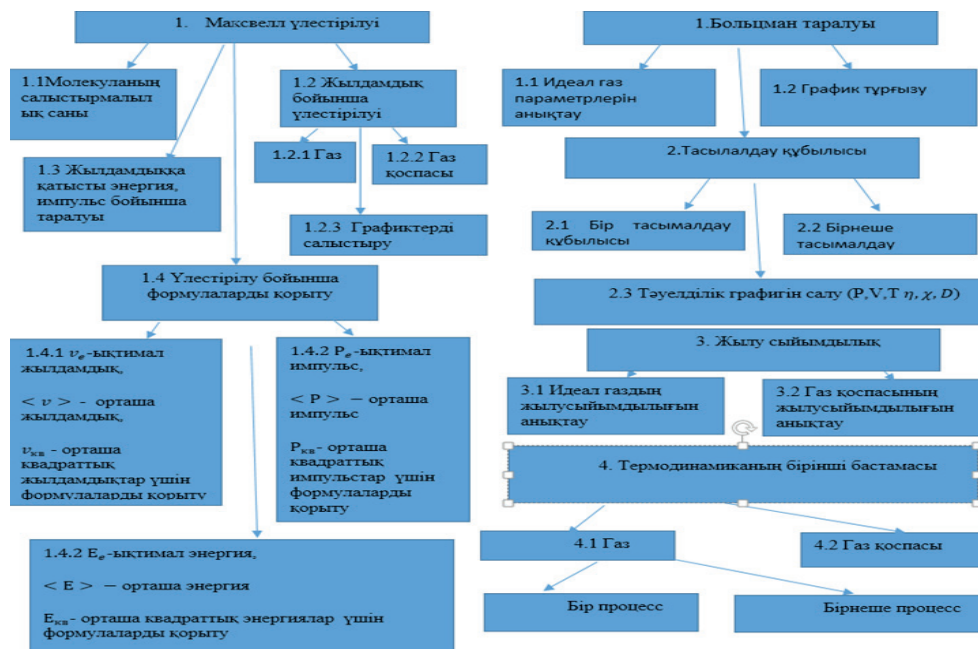
2-сурет. Практикалық сабақтың құрылымы

Жалпы физика курсы бойынша практикалық сабақтарда кәсіби құзыреттілікті қалыптастыру процесінде жалпы физика курсын оқу процесін белгілі бір оқу-әдістемелік қамтамасыз ету қажеттілігі туындайды, оның көмегімен оқытушы оларды студенттерде мақсатты түрде қалыптастыра алады, сонымен қатар шешімдерді талдау, синтездеу, негіздеу және оларды өз бетінше тексеру, зерттелген материалды жалпылау, мәселелерді шешу процесін өз бетінше үйрену.

Алайда, ең көп қолданылатын оқу құралдарын талдау материалды құрылымдаудың жоқтығын немесе жеткілікті егжей-тегжейлі емес екенін көрсетті. Қысқаша теориялық ақпарат тапсырмалар жинағының 50% жоқ. Әдістемелік бөлім Жалпы сипаттағы нұсқаулар түрінде жасалған, бұл студенттердің өзіндік жұмысын қиындатады. Анықтамалық материалдар жеткіліксіз көлемде, басым бөлігі математика курсы бойынша ұсынылған. Әрқайсысы үшін негізгі тапсырма түрлері көрсетілмеген. Жалпы физика курсы бойынша есептерді шешуге арналған ақпараттық-әдістемелік қолдауды талдау мектеп курсы үшін толық материалдар ұсынылғанын көрсетті: теориялық сұрақтар, есептерді шешу мысалдары қарастырылды, виртуалды семинарлар құрылды, білімді игеру деңгейін тексеруге арналған тапсырмалар. Алайда, есептерді шешуге арналған жалпы нұсқаулармен және жекелеген мысалдармен ұсынылған әдістемелік бөлім қарастырылып отырған міндеттердің салыстырмалы түрде аз болуына байланысты орта мектепте оқу үшін ғана мүмкін болады. Сонымен бірге жалпы физика курсын оқу үшін ақпараттық-әдістемелік материалдардың жеткіліксіз санын атап өткен жөн. Зерттеуші А.Г. Кравец теориялық материал бойынша тестілеуді, сондай-ақ оқыту және тестілеу режимінде жұмыс істей алатын есептерді шешу құзыреттіліктерін автоматтандырылған қалыптастыру бағдарламасын қамтитын жалпы физика курсының мысалында білім алушылардың құзыреттілік деңгейін автоматтандырылған бағалау және оқытудың жеке траекториясын құру бағдарламасын ұсынды.

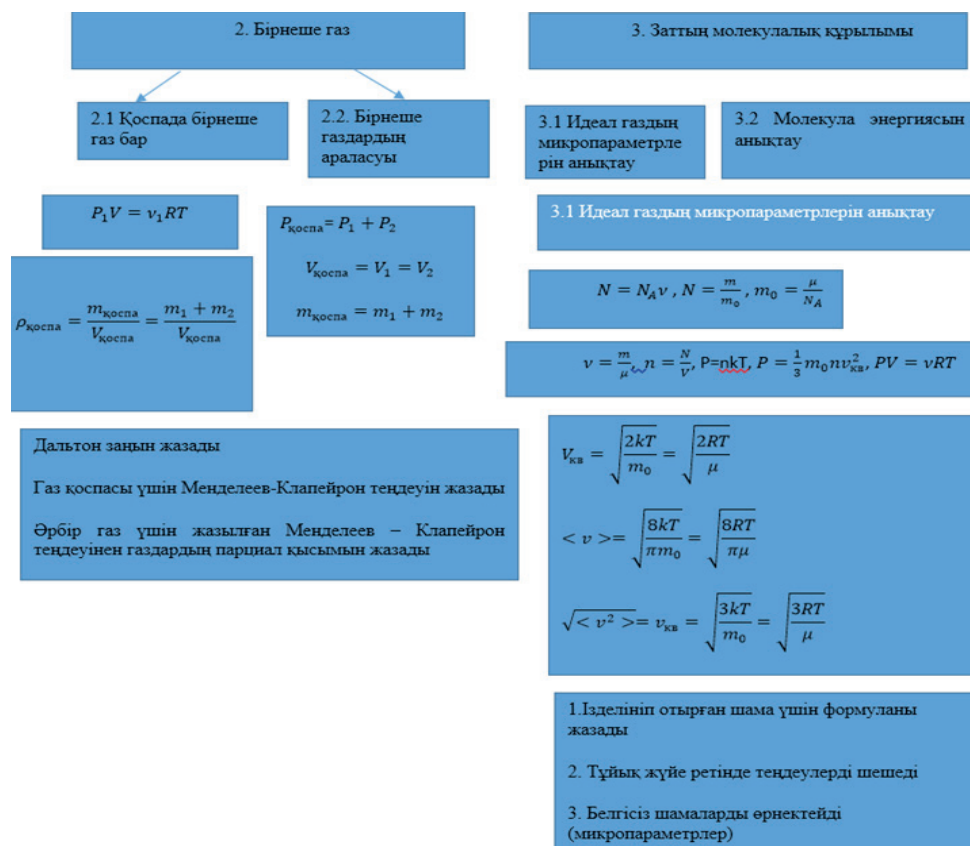
Осы бағдарламаларды қолдану нәтижесінде мәселені шешу тармақталған алгоритмнің көмегімен жүзеге асырылады, алайда алгоритмнің өзі студенттен жасырылады. Білім алушының осы бағдарламаны пайдалана отырып, мәселені шешу қабілеті ретінде тапсырмалық құзыреттілігі қалыптасады.

Оқу процесінің құзыреттілік талдауы негізінде жалпы нұсқауларды емес, тапсырма өрісін құрылымдауды қамтитын оқу-әдістемелік қамтамасыз ету әзірленді. Теориялық бөлім жалпы түрде (негізгі заңдар мен формулалар тізімі) және жеке топтарда (әр есептер тобын шешуде қолданылатын формулалар тізімі) ұсынылған. Өздік жұмыстың тиімділігін жақсарту үшін әзірленетін нұсқаулықтардың көмегімен әр тапсырмалар тобын шешу алгоритмдері, сондай-ақ түсіндірмелері бар есептерді шешу мысалдары (әр топ үшін) және жеке шешуге арналған тапсырмалар берілген. Теориялық материал негізгі құбылыстар мен процестердің қысқаша сипаттамасын, сондай-ақ олардың заңдары мен теңдеулерін сипаттайды. Теориялық бөлімнің соңында есептерді шешуде қолданылатын формулалардың қысқаша тізімі және өз бетінше жұмыс істеуге ұсынылатын әдебиеттер тізімі берілген. Осылайша, осы материалдарды қолдану нәтижесінде студенттерде танымдық-аналитикалық және ақпараттық құзыреттіліктер қалыптасады. Болашақ инженерлердің танымдық-аналитикалық және танымдық құзыреттерін қалыптастыру мақсатында (білім компоненті) әзірленген материалдарда тапсырма өрісін құрылымдау ұсынылған. Ұсынылған құрылымдауға сәйкес барлық міндеттер топтарға біріктірілген, осылайша әрбір тапсырмалар тобына осы топ үшін арнайы базалық құзыреттерді қалыптастыруға мүмкіндік беретін шешім бойынша белгілі бір нұсқауларды қолдануға болады. Сонымен қатар, әр топта негізінен бір сыныпқа (бастауыш, негізгі, стандартты, шығармашылық) қатысты тапсырмалар ұсынылады. Осылайша, әр топтағы есептерді шешу құрылымы шамамен бірдей (3-сурет).



3-сурет. Тапсырма өрісін құрылымдау көрінісі

Өзірленген материалдарда әр тапсырма үшін мүмкін болатын өзгерістердің түсіндірмелері бар типтік сызбамен немесе сызбамен бірге жүретін есептердің әр тобын шешуге арналған алгоритмдік типтің нұсқаулары бар. Әр топтың міндеттері, негізінен, оларды шешуге арналған нұсқаулардың басында ұсынылған заңдар мен формулалардың бірдей жиынтығымен шешіледі. Осылайша, осы нұсқауларды қолданған кезде оқытушы студенттерде когнитивті, когнитивті-аналитикалық және ақпараттық - математикалық (суретті орындау) құзыреттіліктерін қалыптастыра алады (4-сурет).



4-сурет. Тапсырманы орындау құзіреттілігін анықтау сұлбасы

Қорытынды

Қарастырылып отырған міндеттер шешімнің бірдей кезеңдері бойынша мәліметтер мен қажетті шамалардың ұқсастығы бойынша біріктірілген. Бұл осы топқа тән шешім бойынша блок-схемаларды құруға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, осы бөлімнің барлық тапсырмалар топтарының алгоритмдік көрсеткіштері мағынасы бойынша және айқас сілтемелер арқылы біріктірілген. Осы нұсқауларды қолданған кезде мұғалім студенттердің танымдық құзыреттілігін, сондай - ақ танымдық-аналитикалық білім мен белсенділік

компоненттерін қалыптастыра алады. Сондай-ақ, оқу-әдістемелік қамтамасыз етуде негізгі математикалық заңдар мен формулаларды, жалпы физика курсы бойынша анықтамалық деректерді, өлшем бірліктерін тексеруге арналған нұсқауларды қамтитын анықтамалық материалдар бар, бұл базалық жалпы кәсіби құзыреттердің рефлексивті компонентін қалыптастыруға ықпал етеді. Осылайша, бірінші рет жалпы физика курсы зерттеу үшін оқу-әдістемелік қамтамасыз ету жасалды, онда есептер өрісінің құрылымдалуы және әр құрылымдық бірлікке арналған есептерді шешу алгоритмдері бар деген қорытынды жасауға болады. Мәселелердің әр тобын шешуге арналған блок-схемалар студенттердің ойлауының басым түрін - абстрактілі-логикалық түрін белсендіреді. Әр алгоритмде қамтылған айқас сілтемелер әр бөлім бойынша тапсырма өрісінің бірыңғай көрінісі туралы идеяны қалыптастыруға ықпал етеді. Әр түрлі деңгейдегі тапсырмалар үшін алгоритмдерді қолдану мысалдары (әр алгоритмге 2-3 мысал) студенттердің өзіндік жұмысын белсендіруге ықпал етеді (негізгі жалпы кәсіби құзыреттіліктің белсенді компоненті). Нәтижесінде ұсынылған оқу-әдістемелік қамтамасыз етуді жүйелі пайдалану жалпы физика курсы оқуға деген ынтаның артуына және өз бетінше жұмыс істеуге деген ұмтылыстың артуына әкеледі, студенттердің білімін жүйелеуге көмектеседі, болашақ инженерлердің негізгі жалпы кәсіби құзыреттіліктерін қалыптастыруға ықпал етеді.

Сонымен қатар, инженердің кәсіби құзыреттілігін қалыптастыру мақсатында оқу-әдістемелік қамтамасыз ету студенттерді физикалық шамалардың өлшемдерімен іс-әрекеттерге үйретуге арналған материалдарды қамтиды, оларды жүйелі пайдалану танымдық-аналитикалық құзыреттілікті қалыптастыруға ықпал етеді (белсенділік компоненті: студенттерге оқытушының басшылығымен және жалпы физиканың зерттелетін бөлімдері арасында өз бетінше ұқсастықтар жасауға мүмкіндік береді; рефлексивті компонент: тексеруді өз бетінше жасауға үйренуге мүмкіндік береді іс жүзінде кез келген тапсырма үшін атаулар); ақпараттық-математикалық құзыреттілік (белсенділік компоненті: жоғары мектепте оқитын математикалық аппаратты қолдануға, оқу, сонымен қатар өндірістік мәселелерді шешуге көмектеседі); танымдық-аналитикалық құзыреттілік (білім, белсенділік және рефлексивті компоненттер: физиканың әр бөлімі бойынша студенттердің білімін жүйелеуге ықпал етеді, студенттердің танымдық қызметін белсендіреді, өйткені оқу құралында жазбалар қарастырылған және студенттердің белгілі бір материалды зерделеудегі белгілері. Бұл қамтамасыз ету әмбебап болып табылады, өйткені ол іргелі заңдар мен негізгі формулаларды қамтиды, сондықтан кез-келген жоғары оқу орны үшін қолдануға жарамды деп санаймыз.

ӘДЕБИЕТТЕР

Ақорда (2021). Мемлекет басшысы Қ.К. Тоқаевтың Қазақстан Халқына Жолдауы. <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtynkazakstan-halkyna-zholdauy-183555>

Горькаева Е.Ю. (2014). Особенности учебно-методического обеспечения в колледже. Молодой ученый, (18), 538-539.

Деменко П.В. (2004). Динамическое деформирование некоторых хрупких структурно-неоднородных материалов [Диссертация]. Нижний Новгород.

Иоффе А.Ф. (1951). О преподавании физики в высшей технической школе. Вестник высшей школы, (10), 19-21.

Курин А.Ю. (2010). Учебно-методическое обеспечение формирования компьютерной компетентности будущего социального работника в вузе. Социально-экономические явления и процессы, (4), 144-147.

Ларионов В.В., Тюрин Ю.И. (2010). Физика. Проблемно ориентированная система обучения физике в техническом университете. Методика структурирования содержания задач и формирования идей на уровне проекта. Томск: Изд-во Том. ун-та.

Лузгин С.Е. (2011). Учебно-методическое обеспечение образовательного процесса среднего профессионального образования: метод. Рекомендации. Саранский кооперативный институт.

Масуев М.А. (2007). Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учеб, пособие для студ. высш. учеб. заведений. Москва: Издательский центр «Академия». (Высшее проф. образование. Транспорт). ISBN 978-5-7695-2871-2.

Масленникова Л.В. (2001). Взаимосвязь фундаментальности и профессиональной направленности в подготовке по физике студентов инженерных вузов [Диссертация]. Саранск.

Нуркасымова, С.Н. (2010). Методические особенности преподавания профессионально-направленного курса физики в техническом вузе [Диссертация]. Алматы.

Образовательная программа. (2021). Наименование: 6B07119 - Автомобили и автомобильное хозяйство, Уровень подготовки: бакалавриат. Дата регистрации в Реестре: 24.05.2021 Регистрационный номер: 6B07100348, Алматы.

Основная образовательная программа высшего образования направление подготовки 23.03.03 эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов направленность подготовки 23.03.03.01 автомобильное хозяйство и автомобильный сервис. (2016). Томск: Издательство Томского государственного университета. 12 стр.

Основная образовательная программа высшего профессионального образования Направление подготовки 190601.65 Автомобили и автомобильное хозяйство Квалификация Инженер. (2014). Камская государственная инженерно-экономическая академия. Чистополь: КГИЭА. 107 стр.

Сизова О.В. (1998). Структурные изменения и физико-механические свойства инструментальных сталей и твердых покрытий при термическом воздействии и трении. (Диссертация). Москва.

Савельев И.В. (1970). Курс общей физики, том I. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. М.: Издательство «Наука».

Сивухин Д.В. (2005). Общий курс физики. В 5 т. Том II. Термодинамика и молекулярная физика. 4-е изд., стереот. М.: ФИЗМАТЛИТ.

Трофимова Т.И. (2011). Курс физики. Учеб. пособие для вузов. М.: Издат. Центр «Академия».

Тимофеева Е.В. (2013). Самостоятельная работа студентов с учебником: учебно-методическое обеспечение. Среднее профессиональное образование, (6), 16-20.

Фоминых, Р.П. (1986). Профессиональная направленность обучения физике в техническом вузе [Диссертация, кандидата педагогических наук: 13.00.02]. Челябинск.

Шильников А.В. & Галиярова, Н.М. (2003). Инновационные технологии преподавания физики в системе профессиональной подготовки инженеров. Физическое образование в вузах, 9(4), 43-57.

REFERENCES

Akorda (2021). Memleket bashysy K.K. Tokaevtyн Kazakhstan Khalkyny Zholdaуy. <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtyнkazakstan-halkyna-zholdaуy-183555>

Gorkaeva E.Y. (2014). Features of educational and methodological support in college. The Young Scientist, (18), 538-539.

Demchenko, P.V. (2004). Dynamic deformation of some brittle structurally inhomogeneous materials [Dissertation]. Nizhniy Novgorod.

Ioffe, A.F. (1951). About teaching physics at a higher technical school. Bulletin of the Higher School, (10), 19-21.

Kurin, A. Y. (2010). Educational and methodological support for the formation of computer competence of a future social worker at a university. Socio-economic phenomena and processes, (4), 144-147.

Larionov, V.V., Tyurin, Yu.I. (2010). Physics. A problem-oriented system of teaching physics at a technical university. A methodology for structuring the content of tasks and forming ideas at the project level. Tomsk: Publishing House Vol. un-ta.

Luzgin, S.E. (2011). Educational and methodological support of the educational process of secondary vocational education: method. Recommendations. Saransk Cooperative Institute.

Masuev, M.A. (2007). Designing enterprises of motor transport: textbook, manual. for students. higher. studies. establishments. Moscow: Publishing center "Academy". (Higher Prof. education. Transport). ISBN 978-5-7695-2871-2.

Maslennikova, L.V. (2001). The relationship between fundamentals and professional orientation in physics training for students of engineering universities [Dissertation]. Saransk.

Nurkasymova, S.N. (2010). Methodological features of teaching a professionally oriented physics course at a technical university [Dissertation]. Almaty.

Educational program. (2021). Name: 6B07119 - Automobiles and automotive industry, Training level: Bachelor's degree. Date of registration in the Registry: 05/24/2021 Registration number: 6B07100348, Almaty.

The main educational program of higher education is the direction of training 23.03.03 operation of transport and technological machines and complexes the direction of training 23.03.03.01 automotive industry and automotive service. (2016). Tomsk: Tomsk State University Press. 12 pages .

The main educational program of higher professional education is the direction of training 190601.65 Automobiles and automotive industry Qualification Engineer. (2014). Kama State Academy of Engineering and Economics. Chistopol: KGIEA. 107 pages .

Sizova, O.V. (1998). Structural changes and physico-mechanical properties of tool steels and hard coatings under thermal stress and friction. (Dissertation). Moscow.

Saveliev, I.V. (1970). General Physics Course, vol. Mechanics, vibrations and waves, molecular physics. Moscow: Nauka Publishing House.

Sivukhin D.V. (2005). General physics course. In 5 t . Volume II. Thermodynamics and molecular physics. 4th ed., stereot. M.: FIZMATLIT.

Trofimova, T.I. (2011). Physics course. Textbook for universities. Moscow: Izdat. The Academy Center.

Timofeeva E.V. (2013). Independent work of students with a textbook: educational and methodological support. Secondary vocational education, (6), 16-20.

Fominykh, R.P. (1986). The professional orientation of teaching physics at a technical university [Dissertation, Candidate of Pedagogical Sciences: 13.00.02]. Chelyabinsk.

Shilnikov, A.V. & Galiyarova, N.M. (2003). Innovative technologies of teaching physics in the system of professional training of engineers. Physical Education in Universities, 9(4), 43-57.

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 59–68

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.242>

УДК 539.17.01; 539.17.02

© **S.B. Dubovichenko¹, N.A. Burkova², A.S. Tkachenko¹, D.M. Zazulin^{2*}**, 2023

¹ Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan;

² Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

*E-mail: denis_zazulin@mail.ru

REACTION RATE OF RADIATIVE CAPTURE PROTON BY ¹⁰B

Dubovichenko Sergey Borisovich - Laureate of the al-Farabi State Prize of the Republic of Kazakhstan in the field of science and technology, doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of laboratory of V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

E-mail: dubovichenko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7747-3426>;

Burkova Nataliya Aleksandrovna - doctor of physical and mathematical sciences, professor of department of theoretical and nuclear physics of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: natali.burkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3122-1944>;

Tkachenko Alessya - Ph.D., researcher of V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: tkachenko.alessya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9319-0135>;

Zazulin Denis Mikhailovich - candidate of physical and mathematical sciences, acting associate professor of al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: denis_zazulin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2115-6226>.

Abstract. The $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$ reaction is of significant interest in nuclear astrophysics and in the field of controlled thermonuclear fusion. This reaction is one of the reactions of ^{11}B production, which is carried out through the $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}(\beta+\nu)^{11}\text{B}$ chain. The rate of the $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$ reaction (occurring in the interiors of first-generation stars) can be of great importance for the amount of ^{10}B and ^{11}B observed today in the interstellar medium and in the Earth's crust. In thermonuclear reactors, structural elements containing boron can be used as neutron absorbers, etc. Therefore, in this work, within the framework of a modified potential cluster model with a classification of orbital states according to Young's diagrams and taking into account allowed and forbidden states, we examined the possibility of describing the available experimental data for the total cross sections of the radiative $p^{10}\text{B}$ capture to the ground state of the ^{11}C nucleus at energies up to 1 MeV. It is shown that only on the basis of $E1$ and $M1$ transitions from the $p^{10}\text{B}$ scattering states, taking into account the first resonance for the ground state of the ^{11}C nucleus, it is quite possible to explain the magnitude and shape of the experimental astrophysical S-factor. The work presents comparisons the astrophysical S-factors of the radiative $p^{10}\text{B}$ capture

to the ground state of the ^{11}C nucleus found by us with the experimental data available in the literature. Based on the obtained theoretical S-factor, the rate of this reaction was calculated in the temperature range from 0.01 to 1 T_9 . The calculated results for rates are approximated by a simple expression, which simplifies their use in applied thermonuclear and astrophysical research.

Keywords: Nuclear astrophysics, light atomic nuclei, low and astrophysical energies, radiative capture, thermonuclear processes, potential cluster model, Young's diagrams

© С.Б. Дубовиченко¹, Н.А. Буркова², А.С. Ткаченко¹, Д.М. Зазулин^{2*}, 2023

¹В.Г. Фесенков Атындағы Астрофизика Институты, Алматы, Қазақстан;

²Әл-Фараби Атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан.

*E-mail: denis_zazulin@mail.ru

¹⁰В РАДИЯЛЫҚ ПРОТОНДЫ ТҮСІРУ ҚАРҚЫМЫ

Дубовиченко Сергей Борисович – ғылым және техника саласындағы әл-Фараби атындағы Қазақстан Республикасының Мемлекеттік сыйлығының Лауреаты, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, атындағы Астрофизика институтының зертхана меңгерушісі В.Г. Фесенкова, Алматы, Қазақстан

E-mail: dubovichenko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7747-3426>;

Буркова Наталья Александровна – физика-математика ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, Алматы, Қазақстан

E-mail: natali.burkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3122-1944>;

Ткаченко Алексея - Ph.D., атындағы Астрофизика институтының ғылыми қызметкері В.Г. Фесенкова, Алматы, Қазақстан

E-mail: tkachenko.alessya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9319-0135>;

Зазулин Денис Михайлович – физика-математика ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің теориялық және ядролық физика кафедрасының доцентінің, Алматы, Қазақстан

E-mail: denis_zazulin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2115-6226>.

Аннотация. $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$ реакциясы ядролық астрофизикада және басқарылатын термоядролық синтез саласында маңызды қызығушылық тудырады. Бұл реакция $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}(\beta+\nu)^{11}\text{B}$ тізбегі арқылы жүзеге асырылатын ^{11}B өндірісі реакцияларының бірі. $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$ реакциясының жылдамдығы (бірінші ұрпақ жұлдыздарының ішкі қабаттарында болатын) қазіргі таңда жұлдыз аралық ортада және жер қыртысында байқалатын ^{10}B және ^{11}B мөлшері үшін үлкен маңызға ие болуы мүмкін. Термоядролық реакторларда құрамында боры бар құрылымдық элементтер нейтронды сіңіргіштер және т.б. ретінде қолданылады. Сондықтан, осы жұмыста біз Юнг схемалары бойынша орбиталық күйлерді жіктеумен өзгертілген кластерлік модель шеңберінде және рұқсат етілген және тыйым салынған күйлерді ескере отырып, 1 МэВ дейінгі энергиялар кезінде ^{11}C ядросының негізгі күйіне түсірудің радиациялық $p^{10}\text{B}$ толық қималары үшін қолда бар эксперименттік

деректерді сипаттау мүмкіндігін қарастырдық. Тек $p^{10}\text{B}$ шашырау күйлерінен $E1$ және $M1$ ауысуларының негізінде ^{11}C ядросының негізгі күйіне бірінші резонансты ескере отырып, тәжірибелік астрофизикалық S - факторының шамасы мен пішінін түсіндіруге әбден болатыны көрсетілген. Бұл мақалада біз тапқан ^{11}C ядросының негізгі күйіне $p^{10}\text{B}$ сәулеленуінің астрофизикалық S -факторлары әдебиеттегі эксперименттік деректермен салыстырылды. Алынған теориялық S -фактор негізінде бұл реакцияның жылдамдығы 0.01-ден 1 T_9 -ға дейінгі температура диапазонында есептелді. Жылдамдықтар үшін есептелген нәтижелер оларды қолданбалы термоядролық және астрофизикалық зерттеулерде қолдануды жеңілдететін қарапайым өрнекпен жуықталады.

Түйін сөздер: Ядролық астрофизика, жеңіл атомдық ядролар, төмен және астрофизикалық энергиялар, радиацияны түсіру, термоядролық процестер, потенциалды кластерлік модель, Юнг схемасы

© С.Б. Дубовиченко¹, Н.А. Буркова², А.С. Ткаченко¹, Д.М. Зазулин^{2*}, 2023

¹Астрофизический Институт Имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан;

²Казахский Национальный Университет Имени Аль-Фараби,

Алматы, Казахстан.

E-mail: denis_zazulin@mail.ru

СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА ПРОТОНОВ НА ^{10}B

Дубовиченко Сергей Борисович – Лауреат Государственной премии Республики Казахстан имени аль-Фараби в области науки и техники, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Астрофизического Института им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

E-mail: dubovichenko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7747-3426>;

Буркова Наталья Александровна - доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики Казахского Национального Университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: natali.burkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3122-1944>;

Ткаченко Алеся - Ph.D., научный сотрудник Астрофизического Института им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

E-mail: tkachenko.alessya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9319-0135>;

Зазулин Денис Михайлович – кандидат физико-математических наук, и.о. ассоциированного профессора Казахского Национального Университета им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: denis_zazulin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2115-6226>.

Аннотация. Реакция $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$ представляет существенный интерес в ядерной астрофизике и в области управляемого термоядерного синтеза. Эта реакция является одной из реакций производства ^{11}B , которое осуществляется через цепочку $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}(\beta^+\nu)^{11}\text{B}$. Скорость реакции $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$ (протекавшей в недрах звезд первого поколения) может иметь большое значение для наблюдаемого сегодня количества ^{10}B и ^{11}B в межзвездной среде и в земной

коре. В термоядерных реакторах конструкционные элементы, содержащие бор могут использоваться в качестве поглотителей нейтронов и т.д. Поэтому нами, в данной работе, в рамках модифицированной потенциальной кластерной модели с классификацией орбитальных состояний по схемам Юнга и с учетом разрешенных и запрещенных состояний рассмотрена возможность описания имеющихся экспериментальных данных для полных сечений радиационного $p^{10}\text{B}$ захвата на основное состояние ядра ^{11}C при энергиях до 1 МэВ. Показано, что только на основе $E1$ - и $M1$ -переходов из состояний $p^{10}\text{B}$ рассеяния с учетом первого резонанса на основное состояние ядра ^{11}C вполне удастся объяснить величину и форму экспериментального астрофизического S -фактора. В работе приведены сравнения найденных нами астрофизических S -факторов радиационного $p^{10}\text{B}$ захвата на основное состояние ядра ^{11}C с имеющимися в литературе экспериментальными данными. На основе полученного теоретического S -фактора рассчитана скорость этой реакции в области температур от 0.01 до 1 T_9 . Расчетные результаты для скоростей аппроксимируются простым выражением, что упрощает их использование в прикладных термоядерных и астрофизических исследованиях.

Ключевые слова: Ядерная астрофизика, легкие атомные ядра, низкие и астрофизические энергии, радиационный захват, термоядерные процессы, потенциальная кластерная модель, схемы Юнга

Introduction

Here are the results in the field of research of the thermonuclear capture reaction $p^{10}\text{B}$ at low and astrophysical energies. This reaction is not directly included in the thermonuclear cycles, and so far, apparently, it has been considered in detail only in our work (Dubovichenko, 2015 a). In it, as in the work of (Burkova, 2021), as a nuclear model, we used a modified potential cluster model (MPCM), which allows us to consider some thermonuclear processes, namely, reactions of radiative capture of nucleons and the lightest clusters by light nuclei, based on unified concepts, criteria and methods (Dubovichenko, 2015 b). The model takes into account the classification of states according to Young's diagrams, which makes it possible to determine the presence of forbidden states (FS) and allowed states (AS) in intercluster potentials.

Previously, in our work (Dubovichenko, 2015 a), for the capture of $p^{10}\text{B}$ to the ground state (GS), we obtained the astrophysical S -factor at energies up to 1 MeV, which generally described the available experimental data. Here we also consider the S -factor up to 1 MeV, but we perform the refinement of potentials with forbidden states and determine the rate of this reaction in the range from 0.01 to 1 T_9 .

Model and calculation methods. Structure of levels of the $p^{10}\text{B}$ system. The bound allowed $p^{10}\text{B}$ state in the $^6P_{3/2}^{g.s.}$ - wave corresponds to the GS of ^{11}C with $J^\pi, T = 3/2^-, 1/2$ and the Young's diagram of $\{443\}$ (Dubovichenko, 2015 a) and is at the binding energy of -8.6894 MeV of the $p^{10}\text{B}$ system (Kelley, 2012) (recall that for ^{10}B $J^\pi, T = 3^+, 0$ is known (Kelley, 2012)). Some $p^{10}\text{B}$ scattering states and BS can be mixed in spin with $S = 5/2$ ($2S+1 = 6$) and $S = 7/2$ ($2S+1 = 8$), but since we

consider only transitions to ${}^6P_{3/2}^{g.s.}$ of GS, in what follows calculations only partial waves with spin $S = 5/2$ will be used.

Let us now consider the spectrum of resonant levels of the ${}^{11}\text{C}$ nucleus in the $p^{10}\text{B}$ channel at energies below 1.0 MeV, it has the following states (Kelley, 2012):

1. Resonance at energy of 10(2) keV in the c.m. with angular momentum of $J = 5/2^+$ and width 15(1) keV in c.m. It corresponds to the level of the ${}^{11}\text{C}$ nucleus at excitation energy of 8.699(2) MeV (Kelley, 2012) and can be associated with the ${}^6S_{5/2}^1$ or ${}^6D_{5/2}$ states.

2. State at energy of 511(50) keV in the c.m. with angular momentum of $J = 5/2^+$ and width 500(90) keV in c.m. (Kelley, 2012) is the ${}^{11}\text{C}$ level at energy of 9.200(50) MeV, which can also be associated with the ${}^6S_{5/2}^1$ or ${}^6D_{5/2}$ states.

3. Third resonance at 0.941(50) MeV in the c.m. with angular momentum of $J = 5/2^-$ and width 271(60) keV in c.m. is the level of the ${}^{11}\text{C}$ nucleus at energy of 9.630(50) MeV (Kelley, 2012), which can be associated with the ${}^6P_{5/2}^1$ state. However, its moment is not precisely defined, and we will not consider it.

4. Fourth resonance at 0.956(50) MeV in the c.m. with angular momentum $J = 3/2^-$ and width 378(56) keV in c.m. is the level of the ${}^{11}\text{C}$ nucleus at energy of 9.645(50) MeV (Kelley, 2012), which can be attributed to the ${}^6P_{3/2}$ state, but its angular momentum is not precisely determined, and we will not consider it.

5. The next resonance at 9.780(30) or 1.091(30) MeV above the threshold with an inaccurate determined angular momentum of $J = 5/2^-$ has a width of 240(50) keV (Kelley, 2012) and can be attributed to the ${}^6P_{5/2}^1$ state. We also will not consider it because of an uncertain angular momentum.

6. At higher energies, several resonances with different angular momentums are observed (Kelley, 2012), which either belong to the spin channel with $S = 7/2$ or to the F -wave and will not be considered by us.

At low energies, transitions are possible mainly from the S -wave of scattering; therefore, when considering $E1$ transitions, they are possible only to the P -bound state. Note that based on the shape of the S -factor of $p^{10}\text{B}$ capture, the resonance at 0.511 MeV in the ${}^6S_{5/2}^1$ - wave is practically not noticeable due to its large width. Therefore, the $E1$ transition from the ${}^6S_{5/2}^1$ - scattering wave to the ${}^6P_{3/2}^{g.s.}$ of GS (${}^6S_{5/2}^1 \rightarrow {}^6P_{3/2}^{g.s.}$) is possible. $M1$ -transition from P -scattering waves to the GS is also possible. If we assume that a potential different from ${}^6P_{3/2}^{g.s.}$ of GS is used for the ${}^6P_{3/2}$ - wave, two transitions are possible (${}^6P_{3/2} + {}^6P_{5/2} \rightarrow {}^6P_{3/2}^{g.s.}$).

Construction of potentials of the $p^{10}\text{B}$ interactions. To construct central intercluster potentials, we use the Gaussian type of interaction

$$V(r, JLS) = -V_0(JLS)\exp\{-\gamma(JLS)r^2\}$$

with a point Coulomb term. Since, in what follows, transitions from some scattering waves to the ${}^6P_{3/2}^{g.s.}$ of GS of the ${}^{11}\text{C}$ nucleus in the $p^{10}\text{B}$ channel will be

considered first, we will obtain first the potential of this state. As already mentioned, the ground state is at a binding energy of -8.6894 MeV in the $p^{10}\text{B}$ channel and has angular momentum of $3/2^-$, being pure in spin with the $S = 5/2$ of ${}^6P_{3/2}^{g.s.}$ level (Kelley, 2012).

Since we were unable to find data on the ${}^{11}\text{C}$ charge radius, we assume that it differs little from the ${}^{11}\text{B}$ radius, which is 2.43(11) fm (Kelley, 2012). The ${}^{10}\text{B}$ radius is known and is equal to 2.4277(499) fm (<http://cdfc.sinp.msu.ru>), and the proton radius is 0.8775(51) fm (https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud%20csearch_for=atomnuc!). In all calculations given below for the proton mass, the value of $m_p = 1.00727646677$ a.m.u. was used. (https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud%20csearch_for=atomnuc!), and the mass of ${}^{10}\text{B}$, $m({}^{10}\text{B})$ is 10.012936 amu. (<http://cdfc.sinp.msu.ru>).

As a result, the parameters of the ${}^6P_{3/2}^{g.s.}$ of GS potential without FS were obtained, as follows from the classification of FS and AS according to Young's diagrams given in (Dubovichenko, 2015a).

$$V_{g.s.} = 337.1459 \text{ M}\varepsilon\text{B}, \quad \alpha_{g.s.} = 1.0 \Phi\text{M}^{-2}. \quad (1)$$

They lead to a charge radius of 2.32 fm, a binding energy of -8.6894 MeV with a relative accuracy of 10^{-4} MeV, and a dimensionless asymptotic constant (AC) of 1.16 in the range of 5 – 10 fm. The scattering phase of such a potential smoothly decreases from 180° at zero energy to 179° at 1.0 MeV.

As usual (Dubovichenko, 2015 b), we use the dimensionless quantity of AC, which is determined in terms of the Whittaker functions in the form $\chi_L(r) = \sqrt{2k_0} C_w W_{-\eta L + 1/2}(2k_0 r)$ (Plattner, 1981; Whittaker, 1903). In the work (Artemov, 2010) for the squared asymptotic normalization coefficient (ANC) A_{NC} of GS, the value of $8.9(8) \text{ fm}^{-1}$ is given, which contains the factor "6" associated with the permutation of nucleons (Blokhintsev, 1977; Mukhamedzhanov, 1999). Then for the dimensional AC in $\chi_L(r) = C W_{-\eta L + 1/2}(2k_0 r)$ we get the value of $1.22(5) \text{ fm}^{-1/2}$. The dimensionless AC used is related to the dimensional one by the formula of $C = \sqrt{2k_0} C_w$. For the relationship between AC and ANC, the expression of $A_{\text{NC}} = \sqrt{S_f} C$ is known; therefore, at $S_f = 1$ and $\sqrt{2k_0} = 1.11$, we have 1.10(5) for the dimensionless value of AC, which is in good agreement with the value obtained above.

Next, one can construct the potential for the ${}^6S_{5/2}$ resonance, which is at 0.0096(20) MeV with angular momentum of $J = 5/2^+$ and width of 15(1) keV and corresponds to the 8.699(2) MeV level of the ${}^{11}\text{C}$ nucleus (Kelley, 2012). Such a potential may have parameters

$$V_{s52} = 49.95 \text{ M}\varepsilon\text{B}, \quad \alpha_{s52} = 0.088 \Phi\text{M}^{-2}. \quad (2)$$

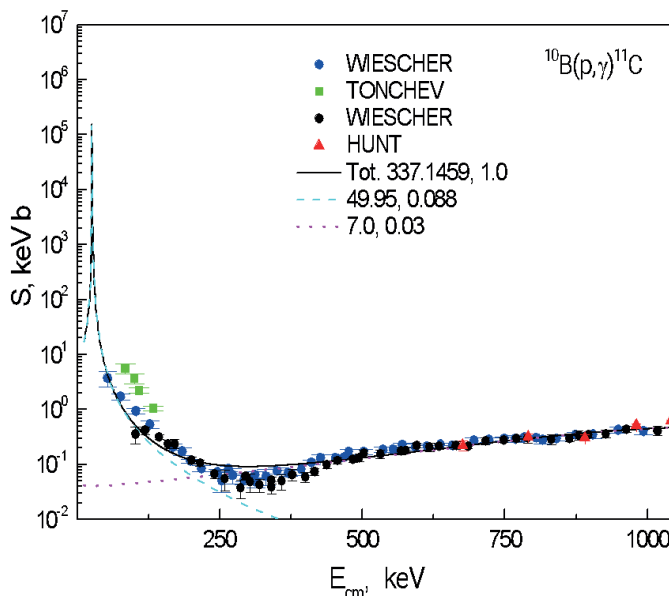
It contains FS (Dubovichenko, 2015a) and, as will be seen below, it almost correctly reproduces the behavior of the total cross sections for radiative $p^{10}\text{B}$ capture (Wiescher, 1983; Tonchev, 2003) at the lowest energies. The parameters of such a

potential were chosen solely for the correct description of the first resonance in the astrophysical S-factor of the $p^{10}\text{B}$ capture. We also assume that in the energy range that we are considering, ${}^6P_{3/2}$ and ${}^6P_{5/2}$ - scattering waves do not have resonances, so their phases must have a non-resonant character.

Results and discations. Total cross sections for radiative $p^{10}\text{B}$ capture.

Experimental data for the total cross sections and astrophysical S-factors of the radiative $p^{10}\text{B}$ capture are given in (Wiescher, 1983; Tonchev, 2003; Hunt, 1957). Let us now consider the results of calculation of the astrophysical S-factor of the radiative $p^{10}\text{B}$ capture on the GS of the ${}^{11}\text{C}$ nucleus with potentials (1) and (2). The astrophysical S-factor does not contain explicit resonances in the energy range up to 1 MeV, as can be seen in Fig. 1. There is only a resonance in the zero energy region, which corresponds to a resonance in the ${}^6S_{5/2}$ scattering wave at 10(2) keV. As a result, the form of the calculated S-factor of the $p^{10}\text{B}$ capture was obtained for the $E1$ transition from ${}^6S_{5/2}$ - scattering wave to ${}^6P_{3/2}$ of GS (process that is shown in Fig. 1 by a dashed curve).

As can be seen from Fig. 1, the calculated S-factor adequately reproduces the results of experimental measurements from (Wiescher, 1983; Tonchev, 2003; Hunt, 1957) in the region of the first resonance and up to energy of approximately 0.25 MeV. Since the experimental S-factor above 300 keV is not of a resonant nature, we further considered only non-resonant $M1$ transitions to the ${}^6P_{3/2}$ of GS (process that is shown in Fig. 1 by a dotted curve). The continuous line in Fig. 1 shows the summary cross section of the two processes considered above, which describes the S-factor in the energy range from 50 keV to 1 MeV.



Picture 1. Astrophysical S-factor of radiative $p^{10}\text{B}$ capture on the GS. Dots and squares – experiments data (Wiescher, 1983; Tonchev, 2003; Hunt, 1957).

Since the results of phase analysis for the elastic $p^{10}\text{B}$ scattering are not available, and there are no exact phase values, it can be assumed that the phases of 6P - scattering in the energy range below 1.0 MeV do not have to be exactly equal to zero. Therefore, the parameters of the P -potentials for nonresonant $M1$ transitions were chosen so as to correctly convey the overall behavior of the S-factor $p^{10}\text{B}$ of capture at energies above 0.25 MeV.

It turned out that the potential parameters for both 6P - scattering waves without coupled FSs can be represented in the following form

$$V_p = 7 \text{ M}\epsilon\text{B}, \quad \alpha_p = 0.03 \Phi_{\text{M}}^2 \tag{3}$$

They make it possible, on the whole, to correctly describe the available experimental data on the S-factor at energies from 0.25 to 1.0 MeV, as shown in Fig. 1 by the dotted curve.

Reaction rate of the proton capture on ${}^{10}\text{B}$. Further, in Fig. 2, the continuous curve shows the radiative capture rate of $p^{10}\text{B}$, which corresponds to the calculated astrophysical S-factor shown in Fig. 1.

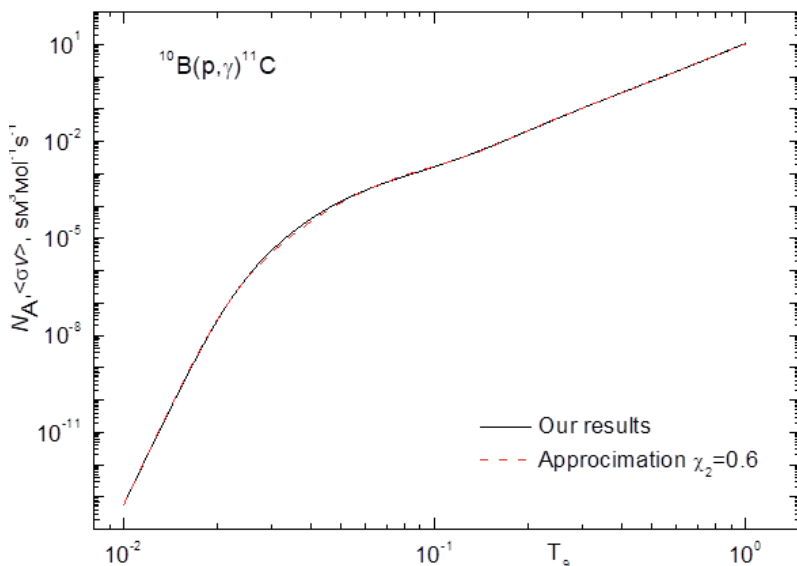


Figure 2. Rate of radiative $p^{10}\text{B}$ capture on the GS.

The calculated reaction rate shown in Fig. 2 as a continuous curve can be approximated by a function (Caughlan, 1988)

$$N_A \langle \sigma v \rangle = a_1 / T_9^{1/3} \exp(-a_2 / T_9^{2/3}) \cdot (1.0 + a_3 T_9^{1/3} + a_4 T_9^{2/3} + a_5 T_9 + a_6 T_9^{4/3} + a_7 T_9^{5/3} + a_8 T_9^{6/3} + a_9 T_9^{7/3}) + a_{10} / T_9^{a_{11}} \tag{4}$$

The parameters of such an approximation are given in Table 1.

Table 1. Parameterization parameters of (4) for reaction rate.

№	a_i
1	3.078E-8
2	1.37107
3	1.53026E9
4	-6.06099E9
5	3.10659E9
6	1.09445E10
7	-2.07862E9
8	-2.54614E10
9	1.96587E10
10	-2.51227
11	-6.04299

The result of the rate calculation using the (4) formula with such parameters is shown in Fig. 2 by dashed curve, which practically merges with continuous curve, with an average value of $\chi^2 = 0.6$. To calculate χ^2 , the error of the calculated data was assumed to be 5%.

Conclusions. The methods used in this work for obtaining the shape and depth of intercluster interaction potentials for scattering and bound states make it possible to get rid of the discrete and continuous ambiguities of their parameters. This solves a well-known problem that arises when constructing intercluster potentials in the continuous and discrete spectrum of a two-particle system by the usual optical method. The reaction rate was obtained and its approximation by a simple analytical expression was performed. Subsequently, the potentials obtained using these methods can be used in any calculations related to the solution of various nuclear-physical and astrophysical problems formulated at low, ultra-low and thermal energies.

Acknowledgments. The work was supported by the grant of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan № AP19676483 “Study of the processes of thermonuclear burning of hydrogen in the CNO cycle in the Sun and in stars” through the V.G. Fesenkov Astrophysical Institute ASC MDDIAI RK.

REFERENCES

- Artemov S.V., et al. (2012) Estimates of the astrophysical S -factors for proton radiative capture by ^{10}B and ^{24}Mg nuclei using the ANCs from proton transfer reactions. *Int. Jour. Mod. Phys. V.E19*. P.1102-1108. DOI: 10.1142/S0218301310015540.
- Blokhintsev L.D., Borbey I., Dolinskii E.I. (1977) Nuclear vertex constants [Yadernye vershinnye konstanty]. *Phys. Part. Nucl. V.8*. P.1189-1245 (In Russ.). http://www1.jinr.ru/Archive/Pepan/1977-v8/v-8-6/pdf_obzory/v8p6_1.pdf.
- Burkova N.A., Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., S.Zh. Nurakhmetova (2021) Comparative role of the $^7\text{Li}(n,\gamma)$ reaction in big bang nucleosynthesis. *Jour. Phys. V.G48*. P.045201(21p.). DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6471/abe2b5>; Dubovichenko S.B., Tkachenko A.S., Kezerashvili R.Ya., Burkova N.A., and Dzhazairov-Kakhramanov A.V. (2022) $^6\text{Li}(p,\gamma)^7\text{Be}$ reaction rate in the light of the new data of the Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics. *Phys. Rev. V.C105*. P.065806. DOI: 10.1103/PhysRevC.105.065806.

Caughlan G.R., Fowler W.A. (1988) Thermonuclear reaction rates V. At. Data Nucl. Data Tables. V. 40. P. 283-334. DOI: [https://doi.org/10.1016/0092-640X\(88\)90009-5](https://doi.org/10.1016/0092-640X(88)90009-5).

Dubovichenko S.B. (2015 a) Radiative capture of a proton on ^{10}B at astrophysical energies. Russ. Phys. Jour. V.58. №4. P.523-531. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11182-015-0530-9>.

Dubovichenko S.B. (2015 b) Thermonuclear processes in Stars and Universe. Second English edition, expanded and corrected. Germany, Saarbrücken: Scholar's Press. 332p.; ISBN-13: 978-3-639-76478-9; https://www.amazon.com/Thermonuclear-processes-Stars-Sergey-Dubovichenko/dp/3639764781/ref=sr_1_6?dchild=1&keywords=dubovichenko&qid=1631967546&sr=8-6.

<http://cdf.e.sinp.msu.ru>.

https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mud%20csearch_for=atomnuc!

Hunt S.E., Pope R.A., Evans W.W. (1957) Investigation of the gamma radiation produced by irradiating ^{10}B with protons in the energy range 0.7 to 3.0 MeV. Phys. Rev. V.106. P.1012. DOI:<https://doi.org/10.1103/PhysRev.106.1012>.

Kelley J.H., et al. (2012) Energy level of light nuclei $A = 11$. Nucl. Phys. V.A880. P.88-195. DOI:[10.1016/j.nuclphysa.2012.01.010](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2012.01.010).

Mukhamedzhanov A.M., Tribble R.E. (1999) Connection between asymptotic normalization coefficients, sub threshold bound states and resonances. Phys. Rev. V.C59. P.3418-3424. DOI: [10.1103/PhysRevC.59.3418](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.59.3418).

Plattner G. R. and Viollier R. D. (1981) Coupling constants of commonly used nuclear probes. Nucl. Phys. V.A365. DOI: P.8-12. [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(81\)90384-5](https://doi.org/10.1016/0375-9474(81)90384-5).

Tonchev A.P., et al. (2003) The $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$ reaction at astrophysically relevant energies. Phys. Rev. V.C68. P.045803(1-12). DOI:[10.1103/PhysRevC.68.045803](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.68.045803).

Whittaker Edmund T. (1903) An expression of certain known functions as generalized hypergeometric functions. Bulletin of the A.M.S., Providence, R.I.: American Mathematical Society, 10 (3). P.125-134, DOI: [10.1090/S0002-9904-1903-01077-5](https://doi.org/10.1090/S0002-9904-1903-01077-5).

Wiescher M., et al. (1983) ^{11}C level structure via the $^{10}\text{B}(p,\gamma)$ reaction. Phys. Rev. V.C28. P.1431-1442. DOI: [10.1103/PhysRevC.28.1431](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.28.1431).

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 69–79

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.243>

UDC 536.223

IRSTI 29.17.19

© **A. Kassymov^{1*}, A. Adylkanova¹, A. Bektemissov¹, K. Astemessova²,
G. Turlybekova², 2023**

¹Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan;

²Kazakh National Technical University named K.I. Satbayev,
Almaty, Kazakhstan;

E-mail: kassymov.asb@gmail.com

INTENSIFICATION OF HEAT TRANSFER IN HYBRID SOLAR COLLECTORS BY USING NANOFUIDS AS A COOLANT

Kassymov Askar — PhD, acting associate professor. Shakarim University of Semey. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508;

Adylkanova Ainur—PhD student, Shakarim University of Semey. 071412. Semey, Kazakhstan E-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941;

Bektemissov Anuar—PhD student, Shakarim University of Semey. 071412. Semey, Kazakhstan E-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632;

Astemessova Kalamkas — PhD, senior lecturer. Kazakh National Technical University named K.I. Satbayev. 050013. Almaty, Kazakhstan

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID: 0000-0002-4143-6084;

Turlybekova Gulzhan — candidate of technical sciences, senior lecturer. Kazakh National Technical University named K.I. Satbayev. 050013, Almaty, Kazakhstan

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID: 0000-0001-5522-4931.

Abstract. Intensification of heat transfer is one of the most important problems of modern thermophysics. One of the modern methods for intensification of heat exchange process is the use of coolants based on nanofluids. They are attracting attention due to their potential to improve heat transfer in various systems, particularly in the field of solar energy. In this work, the thermal conductivity of nanofluids based on TiO₂ and CuO nanoparticles was studied. Various concentrations of TiO₂ and CuO nanoparticles in the range from 0.5 to 2% were studied at temperatures of 293–333 K in a mixture of bidistilled water, ethylene glycol/bidistilled water, stabilized with the surfactant cetyltrimethylammonium bromide (CTAB). The optimal concentration of CTAB, equal to 0.7%, was determined experimentally. To evaluate the stability of nanofluids, zeta potential and hydrodynamic particle size were measured. As a result of thermophysical measurements, a significant increase

in the thermal conductivity of nanofluids relative to the base fluid was discovered. The largest increase was observed at a mass concentration of nanoparticles of 2% for both TiO_2 and CuO in all mixtures. With a further increase in the concentration of nanoparticles, problems with the stability of the resulting solutions were observed. Comparison of the obtained thermal conductivity values of TiO_2 and CuO nanofluids was made. Both TiO_2 and CuO nanofluids showed an increase in thermal conductivity coefficient for each mass concentration, while the CuO -based nanofluid has a higher thermal conductivity than TiO_2 -based one. The results of this work can be useful in determining the technological regimes of the coolant in hybrid solar collectors, developing new models of solar panels and other applications of thermophysics.

Keywords: heat transfer, thermal conductivity, nanofluid, hybrid solar collector, coolant, zeta-potential.

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19678220).

© А. Касымов^{1*}, А. Адылканова¹, А. Бектемисов¹, К. Астемесова²,
Г. Турлыбекова², 2023

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей, Қазақстан;

²Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: kassymov.asb@gmail.com

ЖЫЛУ ТАСЫМАЛДАҒЫШ РЕТІНДЕ НАНОСҰЙЫҚТЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЛАРЫНДАҒЫ ЖЫЛУ АЛМАСУДЫ ҚАРҚЫНДАТУ

Касымов Аскар Бағдатович – PhD, қауымдастырылған профессор м.а. Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508;

Адылканова Айнур Жарылқасыновна – PhD докторант. Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: aiko8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941;

Бектемисов Ануар Алмасбекович – PhD докторант. Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632;

Астемесова Каламкас Сериковна – PhD, аға оқытушы. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID: 0000-0002-4143-6084;

Турлыбекова Гулжан Капасовна – техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID: 0000-0001-5522-4931.

Аннотация. Жылу алмасуды қарқындату қазіргі заманғы жылу физиканың ең маңызды міндеттерінің бірі болып табылады. Жылу алмасу процесін қарқындатуының заманауи әдістерінің бірі наносұйықтықтар

негізіндегі жылу тасымалдағыштарды қолдану болып табылады. Олар әртүрлі жүйелерде, әсіресе күн энергиясы саласында жылу беруді жақсарту әлеуетіне байланысты өзіне назар аударды. Бұл жұмыста TiO_2 және CuO нанобөлшектері негізіндегі наносұйықтықтардың жылу өткізгіштігі зерттелді. TiO_2 және CuO нанобөлшектерінің 0,5-тен 2%-ға дейінгі диапазондағы әртүрлі концентрациясы цетилтриметиламмоний бромиді (ЦТАБ) беттік белсенді затымен тұрақтандырылған бидистилденген су, этиленгликоль/бидистилденген су қоспасы 293-333 К аралығындағы температурадасында зерттелді. ЦТАБ-тың 0,7% тең оңтайлы концентрациясы эксперименталды түрде табылды. Наносұйықтықтардың тұрақтылығын бағалау үшін олардың дзета потенциалы және гидродинамикалық бөлшектердің өлшемі анықталды. Жылу физикалық өлшеулер нәтижесінде наносұйықтықтардың негізгі сұйықтыққа қатысты жылу өткізгіштігінің айтарлықтай жоғарылауы анықталды. Ең үлкен өсім барлық қоспалардағы TiO_2 және CuO үшін де 2% нанобөлшектердің массалық концентрациясында байқалды. Нанобөлшектердің концентрациясының одан әрі жоғарылатқан кезде алынған ерітінділердің тұрақтылығында мәселелер орын алғаны байқалды. TiO_2 және CuO наносұйықтықтарының алынған жылу өткізгіштік мәндерінің салыстыруы жүргізілді. TiO_2 және CuO наносұйықтықтары әрбір массалық концентрация үшін жылу өткізгіштік коэффициентінің жоғарылауын көрсетті, ал CuO негізіндегі наносұйықтық TiO_2 -ге қарағанда жоғары жылу өткізгіштікке ие болғаны анықталды. Бұл жұмыстың нәтижелері гибриді күн коллекторларындағы жылу тасымалдағыштың технологиялық режимдерін анықтауда, күн панельдерінің жаңа үлгілерін әзірлеуде және жылу физиканың басқа қолданбаларында пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: жылу алмасу, жылу өткізгіштік, наносұйықтық, гибриді күн коллекторы, жылу тасымалдағыш, дзета-потенциал.

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетімен қаржыландырылады (грант № AP19678220).

© А. Касымов^{1*}, А. Адылканова¹, А. Бектемисов¹, К. Астемесова²,
Г. Турлыбекова², 2023

¹ Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан;

² Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.;

E-mail: kassymov.asb@gmail.com

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОЖИДКОСТЕЙ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Касымов Аскар Багдатович – PhD, и.о. ассоциированного профессора. Университет имени Шакарима города Семей. 071412. Семей, Казахстан
E-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508;

Адылканова Айнур Жарылкасыновна – PhD докторант. Университет имени Шакарима города Семей. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: aikooba8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941;

Бектемисов Ануар Алмасбекович – PhD докторант. Университет имени Шакарима города Семей. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632;

Астемесова Каламкас Сериковна – PhD, старший преподаватель. Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева. 050013, Алматы, Казахстан

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID: 0000-0002-4143-6084;

Турлыбекова Гулжан Капасовна – кандидат технических наук, старший преподаватель. Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева. 050013, Алматы, Казахстан

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID: 0000-0001-5522-4931.

Аннотация. Интенсификация теплообмена является одной из важнейших задач современной теплофизики. Одним из современных методов интенсификации теплообменного процесса является использование теплоносителей на основе наножидкостей. Они привлекают внимание благодаря своему потенциалу улучшения теплопередачи в различных системах, в частности в области солнечной энергетики. В данной работе исследована теплопроводность наножидкостей на основе наночастиц TiO_2 и CuO . Исследованы различные концентрации наночастиц TiO_2 и CuO в диапазоне от 0,5 до 2 % при температурах 293-333 К в смеси бидистиллированная вода, этиленгликоль/бидистиллированная вода, стабилизированных поверхностно-активным веществом цетилтриметиламмония бромид (ЦТАБ). Оптимальная концентрация ЦТАБ, равная 0,7% была определена экспериментальным путем. Для оценки стабильности наножидкостей было произведено измерение дзета-потенциала и гидродинамического размера частиц. В результате теплофизических измерений было обнаружено значительное увеличение теплопроводности наножидкостей по отношению к базовой жидкости. Наибольший рост наблюдался при массовой концентрации наночастиц 2% как для TiO_2 , так и для CuO во всех смесях. При дальнейшем увеличении концентрации наночастиц наблюдались проблемы со стабильностью полученных растворов. Проведено сравнение полученных значений теплопроводности наножидкостей TiO_2 и CuO . Наножидкости как TiO_2 , так и CuO показали рост коэффициента теплопроводности для каждой массовой концентрации, при этом наножидкость на основе CuO обладает более высокой теплопроводностью, чем TiO_2 . Результаты данной работы могут быть полезны при определении технологических режимов теплоносителя в гибридных солнечных коллекторах, разработке новых моделей солнечных панелей и других приложениях теплофизики.

Ключевые слова: теплообмен, теплопроводность, наножидкость, гибридный солнечный коллектор, теплоноситель, дзета-потенциал.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19678220).

Introduction

Kazakhstan has significant potential for solar energy due to its vast land area and abundant sunlight, especially in the southern regions. There are some ways to utilize solar energy: using solar photovoltaic (PV) systems, solar water heating. The most widely used equipment to catch solar radiation is using PV systems, that allows not only to generate electricity but also to use the heat of sun. Solar panels, also known as PV panels, are devices that convert sunlight into electricity. The main drawback of solar panel is its surface heating. It results in decreased efficiency, so it is necessary to withdraw the heat. Hybrid solar collectors combine different solar technologies to improve energy efficiency and provide a more reliable source of energy. It is designed to capture and utilize solar energy for various applications, including electricity generation, heating, cooling, and hot water production (Fig.1). In recent years, the number of research on intensifying heat transfer in solar collectors using nanofluid coolants has increased significantly (Farhana et al., 2019; Goel et al., 2020; Olia et al., 2019; Younis et al., 2018; Zayed et al., 2019). Popular heat transfer agents, providing heat exchange, are liquids based on ethylene glycol or propylene glycol.

In the framework of literature review many materials for nanofluid preparation was considered and it was found that TiO_2 and CuO particles looks most promising (Arifin et al., 2022; Liu et al., 2006). TiO_2 and CuO nanofluids show significant increase in thermal conductivity (Ali et al., 2018; Ali, Sajid, Arshad, 2017; Das et al., 2016; Saydi et al., 2023; Wang et al., 1999).

Nanoparticles in a liquid suspension coagulate due to the imbalance of electrostatic repulsion forces caused by the surface charge of nanoparticles and the forces of mutual attraction of molecules. To prevent agglomeration surfactants are added. There are different types of surfactants: anionic, cationic etc. The effect of surfactants depends on surfactant type, its concentration and nanofluid preparation conditions (Al-Waeli et al., 2019). One of the methods for predicting the stability of a nanofluid is to determine its zeta potential, which is the value of the surface charge of nanoparticles in the liquid. There is a direct relationship between zeta potential and nanofluid stability (Vandsburger, 2009).

Additional information about the state of a colloidal system can be obtained by studying the diameters of nanoparticles in a liquid. The process of precipitation of colloidal agglomerations occurs when the particle diameter reaches more than 100 microns (Henze et al., 2006:391).

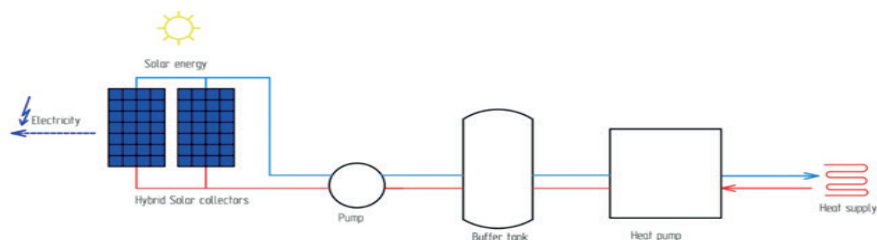


Fig. 1. Hybrid solar collector

However most of the papers consider thermal properties of pure nanofluids. Thermal conductivities of TiO_2 and CuO nanoparticles stabilized by surfactants are not considered in depth. This work is intended to fill this gap, since the addition of surfactants affects the thermophysical properties of nanofluids.

Materials and methods

Nanofluids were prepared by two-step method by magnetic stirring and ultrasonication during the different periods of time. Duration of each process was found experimentally, until required particle size in solutions and their stability were provided. Nanoparticles were bought from Sigma Aldrich supplier. Double-distilled water (DDW) water was produced in the laboratory of the university. Ethylene glycol was bought from the chemical reagent manufacturer («Damu-Chemistry» LLP). CTAB surfactant was chosen as the most suitable for this type of nanoparticles.

Quantitative analysis of TiO_2 and CuO nanoparticles were made using «INCA Energy 250» energy dispersive spectrometer of the Jeol JSM-6390LV scanning electron microscope.

Average particles sizes and zeta-potential of the solutions were investigated by Zetasizer Nano ZS90 (Malvern Instruments Ltd., UK) on the basis of dynamic light scattering method.

Thermal conductivity was measured by TEMPOS Thermal Properties Analyzer (METER group, Inc. USA). KS-3 sensor was used to determine the properties of nanofluids.

Results and discussion

Results of elemental analysis are shown in the Figs.2-3: TiO_2 and CuO nanoparticles purity are equal to 98% and 99% respectively. There was insignificant amount of borium and bromide in spectrum results. However, their mass fraction was negligible.

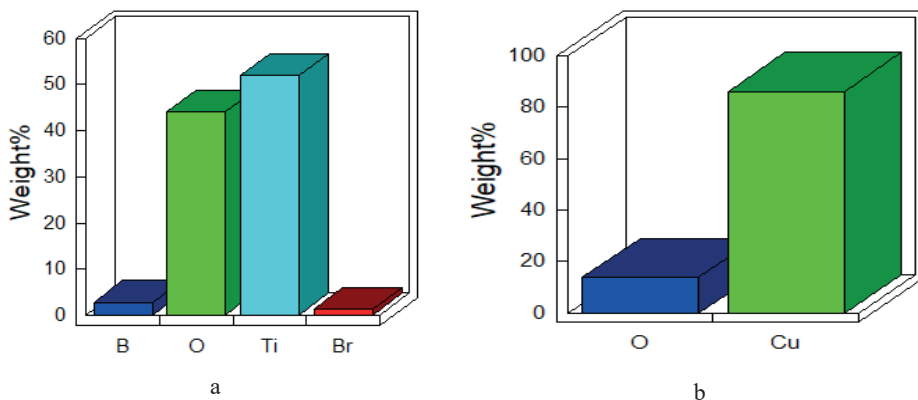


Fig. 2. Quantitative analysis in terms of weight for TiO_2 (a) and CuO (b) nanoparticles

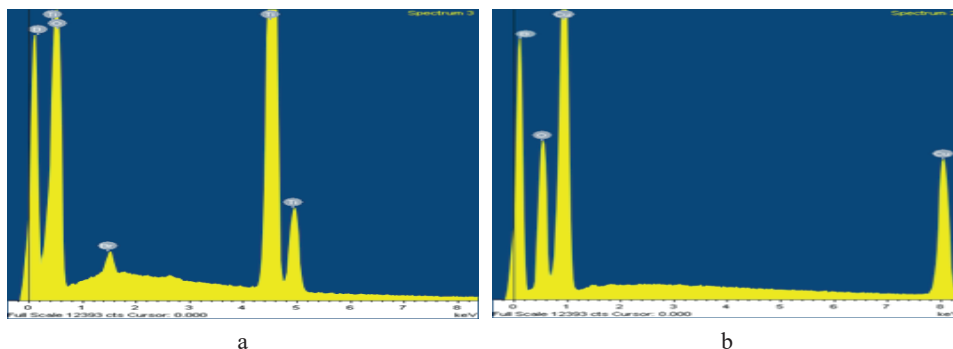


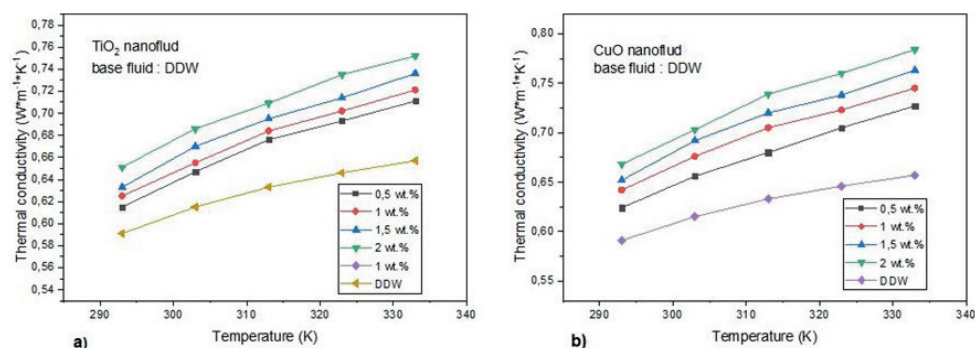
Fig. 3. Quantitative analysis of TiO₂ (a) and CuO (b) samples (spectrum)

An important stability factor, in addition to the consistency of the base liquid, is the zeta potential and particle size in the nanofluid. EG/DDW-based (50:50 %) nanofluids were investigated on zeta potential and particle size due to more stable condition. The zeta potential for TiO₂ takes the value of -25mV, for CuO -31 mV.

The distribution of particles according to size was obtained by dynamic light scattering method. The highest size density of TiO₂ particles lies in the range of 35-45 nm. Small agglomerations at the level of 2% are observed in particles with a hydrodynamic diameter of 110-120 nm. For CuO the particle distribution takes values of 45-55 nm. A series of experiments showed that the most optimal CTAB surfactant concentration is 0.7%

After the quality of the source materials and the required particle size were ensured, thermal conductivity measurements of the nanofluids were taken. Double-distilled water, a mixture of ethylene glycol/double-distilled water in a ratio of 50:50%, a mixture of ethylene glycol/double-distilled water in a ratio of 30:70% were used as a based fluid.

An increase in the thermal conductivity of the nanofluids is observed in 3 variants of the base fluid for TiO₂ and CuO (Fig. 4-6).



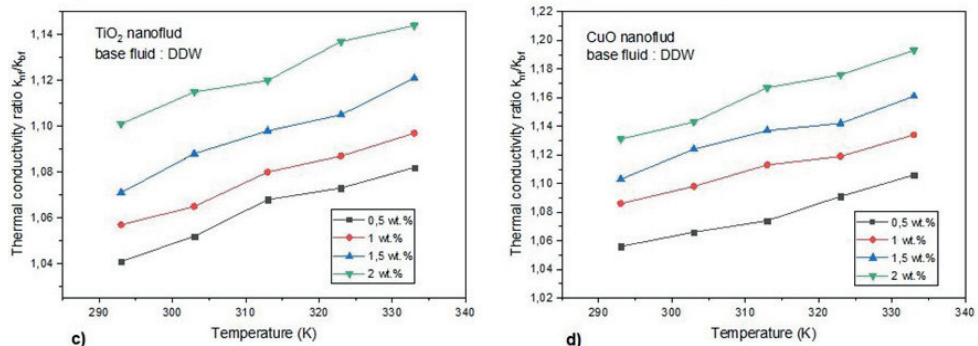


Fig. 4. Thermal conductivity coefficients and thermal conductivity ratio for base fluid DDW:
 a) thermal conductivity of TiO₂ b) thermal conductivity of CuO
 c) thermal conductivity ratio of TiO₂ d) thermal conductivity ratio of CuO

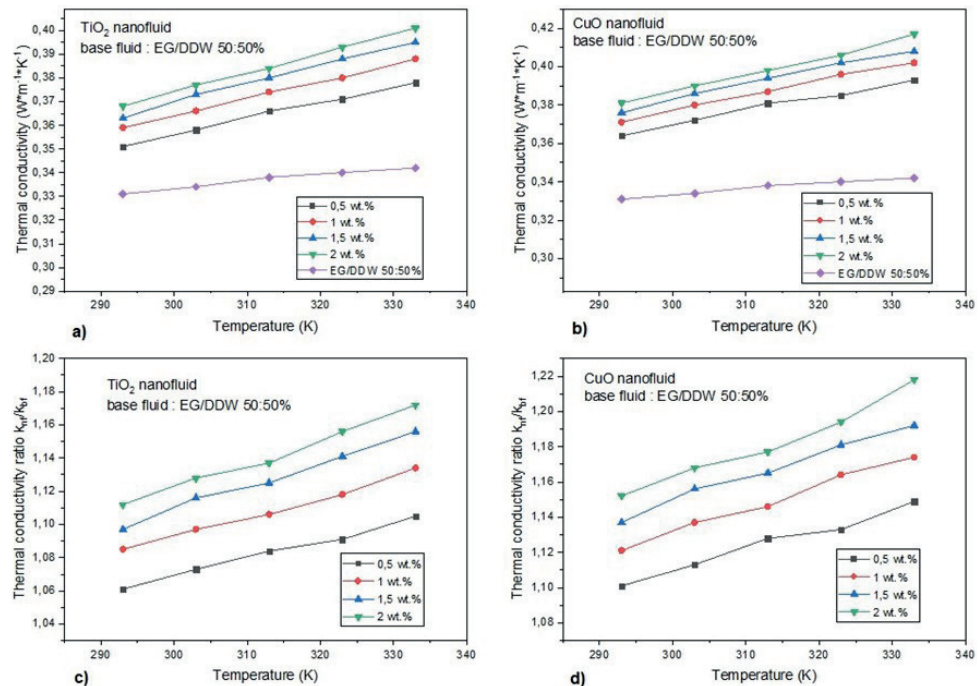


Fig. 5. Thermal conductivity coefficients and thermal conductivity ratio for base fluid EG/DDW 50:50:

- a) thermal conductivity of TiO₂ b) thermal conductivity of CuO
- c) thermal conductivity ratio of TiO₂ d) thermal conductivity ratio of CuO

Fig. 4 shows the obtained thermal conductivity of TiO₂ and CuO nanofluids based on double-distilled water (DDW). For TiO₂ (Fig. 4 a, c), there is an increase in the thermal conductivity coefficient in terms of nanofluid temperature ranging from 293 to 333 K for 0,5 wt.% mass concentration by an average of 6,3%, while for 2 wt.% by 12,3%. For every 0.5 wt. % the thermal conductivity coefficient increases

by 2%. CuO demonstrates higher thermal conductivity coefficients compared to TiO_2 (Fig. 4 b,d). For 0,5 wt. % mass concentration the increase is on average 7,9%, and 2 wt. % solution shows an increase in the thermal conductivity coefficient by 16,2%. For an increase in the mass concentration of CuO by 0,5%, the increase in the thermal conductivity coefficient is on average 2,8%.

Using a mixture of EG and double-distilled water as a base liquid shows a significant increase compared to distilled water (Figs. 5-6).

For the base liquid EG/DDW 50:50% (Fig. 5), the increase in the thermal conductivity coefficient of TiO_2 (Fig.5 a,c) for each mass concentration at a certain temperature of the nanofluid is on average 11,5%, while the thermal conductivity growth in comparison with bidistilled water based nanofluid is 9% (Fig.5 a,c). For CuO the values become 15,5 % and 12,1%, respectively. The maximum increase for this base liquid is observed for 2 wt. % concentration. At a nanofluid temperature of 333 K for TiO_2 and CuO, this figure gets 17,2% and 21,8% versus 14.4% and 19.3% compared with bidistilled water based nanofluid.

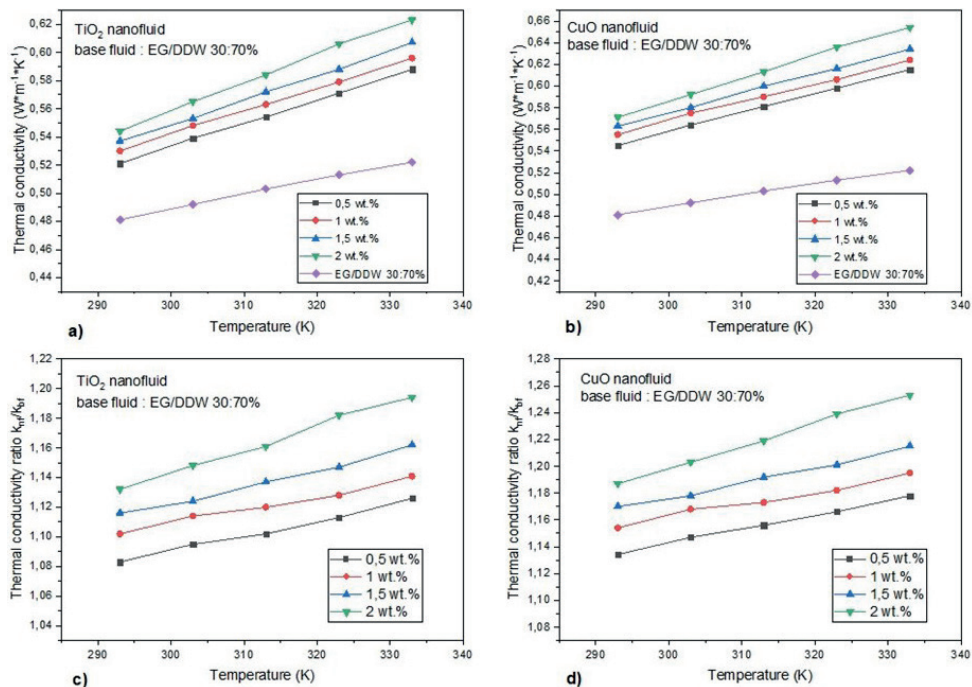


Fig. 6. Thermal conductivity coefficients and thermal conductivity ratio for base fluid EG/DDW 30:70%:

- a) thermal conductivity of TiO_2 b) thermal conductivity of CuO
- c) thermal conductivity ratio of TiO_2 d) thermal conductivity ratio of CuO

In case of reducing the ethylene glycol ratio to 30%, there is an increase in the thermal conductivity coefficient of the nanofluid comparing to a 50% ethylene glycol concentration (Fig. 6). The average increase in the thermal conductivity

coefficient of the considered mass concentrations for TiO_2 is 13,1%, for CuO 18,5%. An increase in mass concentration by 0.5% has a similar increase in the thermal conductivity coefficient as in the case of the double-stilled water as base fluid: by 2 % for TiO_2 , by 2,1% for CuO .

A clear dependence of the increase in the thermal conductivity coefficient of the nanofluid on concentration and temperature was revealed. The difference in thermal conductivity coefficient for different nanoparticles is due to different thermophysical properties of nanoparticles. The increase in thermal conductivity of a nanofluid based on a mixture of EG: DDW is much higher than the effective thermal conductivity based on double-distilled water due to the viscosity properties of ethylene glycol, which ensures some stability of the solution.

Conclusion

Problem of heat transfer enhancement in hybrid solar collectors can be solved using nanofluids as cooling agent. It was found that CTAB stabilized TiO_2 and CuO nanofluids can successfully increase heat exchange rate in such systems. Thermal conductivity coefficients of nanofluids at various mass concentrations and temperatures were experimentally obtained. Mass concentration of nanoparticles contribution is more significant in thermal conductivity performance than temperature factor. But technological regime of solar panels implies that coolant undergoes temperatures up to 333 K. Thus, thermal properties of coolants under such conditions were determined. The increase in thermal conductivity for each specific case is shown in the graphs above. Thermal conductivity enhancement makes it possible to improve the current-voltage characteristic under operating conditions due to the intensification of heat transfer.

It is planned to continue research to determine the viscosity of nanofluids to identify the features of the hydrodynamics of nanofluids under various working conditions.

REFERENCES

- Ali H. M. et al. (2018) Preparation techniques of TiO_2 nanofluids and challenges: a review, *Applied Sciences*, 8: 587. DOI: 10.3390/app8040587 (in Eng.).
- Ali H. M., Sajid M. U., Arshad A. (2017) Heat transfer applications of TiO_2 nanofluids, *Application of titanium dioxide*. DOI: 10.5772/intechopen.68602 (in Eng.).
- Al-Waeli A. H. A. et al. (2019) Evaluation and analysis of nanofluid and surfactant impact on photovoltaic-thermal systems, *Case Studies in Thermal Engineering*, 13:100392. DOI: 10.1016/j.csite.2019.100392 (in Eng.).
- Arifin Z. et al. (2022) The application of TiO_2 nanofluids in photovoltaic thermal collector systems, *Energy Reports*, 8:1371-1380. DOI: 10.1016/j.egy.2022.08.070 (in Eng.).
- Das P. K. et al. (2016) Synthesis and characterization of TiO_2 -water nanofluids with different surfactants, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 75: 341-348. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.05.011(in Eng.).
- Duangthongsuk, W., & Wongwises, S. (2009) Heat transfer enhancement and pressure drop characteristics of TiO_2 -water nanofluid in a double-tube counter flow heat exchanger, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52: 2059–2067. DOI :10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.10.023 (in Eng.).

Goel N., Taylor R. A., Otanicar T. (2020) A review of nanofluid-based direct absorption solar collectors: Design considerations and experiments with hybrid PV/Thermal and direct steam generation collectors, *Renewable Energy*, 145: 903-913. DOI: 10.1016/j.renene.2019.06.097 (in Eng.).

Henze M. Waste water treatment: Transl. from English/Hentze M., Armoes P., La-Cour-Jansen J., Arvan E. – 2006 (in Russ.).

Farhana K. et al. (2019) Improvement in the performance of solar collectors with nanofluids — A state-of-the-art review, *Nano-Structures & Nano-Objects*, 18: 100276. DOI: 10.1016/j.nanos.2019.100276 (in Eng.).

Liu M. S. et al. (2006) Enhancement of thermal conductivity with CuO for nanofluids, *Chemical Engineering & Technology: Industrial Chemistry-Plant Equipment-Process Engineering-Biotechnology*, 29: 72-77. DOI:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2006.02.012 (in Eng.).

Olia H. et al. (2019) Application of nanofluids in thermal performance enhancement of parabolic trough solar collector: state-of-the-art, *Applied Sciences*, 9: 463. DOI: 10.3390/app9030463 (in Eng.).

Saydi H. et al. (2023) Experimental investigation of viscosity and thermal conductivity of ethylene glycol/water nanofluid containing low volume concentration of CuO nanoparticles, MWCNT and their mixture, *Colloid & Nanoscience Journal* 1: 7-15. DOI: 10.52547/CNJ.1.1.7 (in Eng.).

Vandsburger L. (2009) Synthesis and covalent surface modification of carbon nanotubes for preparation of stabilized nanofluid suspensions (in Eng.).

X. Wang, X. Xu, S. Choi. (1999) Thermal conductivity of nanofluid mixture, *J. Therm. Phys. Heat Transfer*, 13: 474–480. DOI: 10.2514/2.6486 (in Eng.).

Younis A. et al. (2018) The influence of Al₂O₃-ZnO-H₂O nanofluid on the thermodynamic performance of photovoltaic-thermal hybrid solar collector system, *InnovEner Res.*, 7: 2576-1463.1000187. DOI: 10.4172/2576-1463.1000187 (in Eng.).

Zayed M. E. et al. (2019) Factors affecting the thermal performance of the flat plate solar collector using nanofluids: A review, *Solar Energy*, 182: 382-396. DOI: 10.1016/j.solener.2019.02.054 (in Eng.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 80–92

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.244>

© **Ф.Д. Наметкулова, Е.А. Оспанбеков*, А.К. Сугирбекова, 2023**

Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы.

E-mail: 2015zh@gmail.com

ФИЗИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ ПРАКТИКУМЫНЫҢ МАЗМҰНДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Наметкулова Фарида Джанузаковна – п.ғ.к., «Математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі» кафедрасының аға оқытушысы, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы

E-mail: 2015zh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4245-9819>;

Оспанбеков Ербол Анарбекович – PhD, «Математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі» кафедрасының аға оқытушысы, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы

E-mail: Os_Erbol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6143-7589>;

Сугирбекова Акмарал Қуандыковна – «Математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі» кафедрасының докторанты, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы

E-mail: sugirbekovaakmaral@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0539-0920>.

Аннотация. Бұл мақалада жоғары оқу орындарында қарастырылатын физикалық есептер шығару практикумының мазмұндық ерекшеліктері қарастырылады. Физика пәні мұғалімдерін даярлауда кәсіби дағдыларды қалыптастыруда есеп шығарудың алатын орны ерекше. Болашақ пән мұғалімдерінің орта мектеп оқушыларының физикалық білім деңгейіне қойылатын талаптарға сәйкес кәсіби дағдыларын қалыптастыру мақсатында физикалық есептер практикумының мазмұнын жетілдірудің маңыздылығы осы зерттеудің өзектілігін анықтайды. Мақалада педагогикалық жоғары оқу орындарының білім бағдарламасына сәйкес оқытылатын «Физикалық есептер шығару практикумы» пәнінің мазмұндық ерекшеліктеріне жүргізілген талдау нәтижелері ұсынылды. Зерттеу жұмысы «Физикалық есептерді шығару практикумы» курсы оқыту негізінде болашақ физика мұғалімдерінің арнайы дайындығын жетілдіру» тақырыбындағы постдокторантуралық жобаның аясында жүргізілді. Болашақ физика пәні мұғалімдерін дайындайтын жоғары оқу орындарында оқытылатын физикалық есептер шығару практикумының мақсат, міндеттеріне, күтілетін нәтижесіне салыстырмалы талдау жасалды. Жүргізілген талдау нәтижелері негізінде қарастырылып отырған пәннің мазмұнын жетілдіру қажеттілігін анықталды. Осы мақсатта пәннің мазмұнын

теориялық біліммен қатар танымдық, әдістемелік және зерттеушілік дағдыларын қалыптастыруға ықпал ететін мәнмәтіндік тапсырмалар, эксперименттік дағдыларды жетілдіретін есептер, олимпиадалық тапсырмалармен толықтыру қажеттілігі негізделіп, бірқатар тапсырмалар үлгісі ұсынылды. Зерттеу барысында алынған нәтижелер мен қорытындылар, ұсыныстар «Физикалық есептер шығару практикумы» пәнінің мазмұнына толықтырулар мен өзгерістер енгізуге негіз болады.

Түйінді сөздер: физикалық есептер шығару практикумы, пәннің күтілетін нәтижелері, білім бағдарламалары, болашақ физика мұғалімдерін даярлау, эксперименттік дағды

© **Ф.Д. Наметкулова, Е.А. Оспанбеков*, А.К. Сугирбекова, 2023**

Казахский Национальный педагогический университет им.Абая.
E-mail: 2015zh@gmail.com

СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИКУМА ПО РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Наметкулова Фарида Джанузаковна – к.п.н., старший преподаватель кафедры «Методика преподавания математики, физики и информатики», Казахский Национальный педагогический университет им.Абая, Алматы
E-mail: 2015zh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4245-9819>;

Оспанбеков Ербол – PhD, старший преподаватель кафедры «Методика преподавания математики, физики и информатики», Казахский Национальный педагогический университет им.Абая, Алматы
E-mail: Os_Erbol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6143-7589>

Сугирбекова Акмарал Куандыковна – докторант кафедры «Методика преподавания математики, физики и информатики», Казахский Национальный педагогический университет им.Абая, Алматы
E-mail: sugirbekovaakmaral@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0539-0920>

Аннотация. В данной статье рассматриваются содержательные особенности практикума по решению физических задач, рассматриваемого в вузах. Особое место в формировании профессиональных навыков в подготовке будущих учителей физики занимает решения задач. Важность совершенствования содержания практикума физических задач с целью формирования профессиональных навыков будущих учителей-предметников в соответствии с требованиями к уровню физического образования учащихся средних школ определяет актуальность данного исследования. В статье представлены результаты проведенного анализа содержательной особенности дисциплины «Практикум решения физических задач», изучаемой в соответствии с образовательной программой в педагогических вузах. Исследовательская работа проводилась в рамках постдокторского проекта по теме «Совершенствование специальной подготовки будущих учителей

физики на основе преподавания курса «Практикум решения физических задач». Проведен сравнительный анализ целей, задач и ожидаемых результатов практикума решения физических задач, преподаваемой в высших учебных заведениях по подготовке будущих учителей физики. На основании результатов проведенного анализа выявлена необходимость совершенствования содержания данной дисциплины. Для этого была представлена необходимость дополнения содержания предмета теоретическими знаниями, контекстными задачами, способствующими формированию познавательных, методических и исследовательских навыков, задачами, совершенствующими экспериментальные навыки, олимпийскими заданиями, а также рядом примерных задач. Результаты, выводы, рекомендации, полученные в ходе исследования, являются основанием для внесения дополнений и изменений в содержание предмета «Практикум решения физических задач».

Ключевые слова: практикум решения физических задач, ожидаемые результаты предмета, образовательные программы, подготовка будущих учителей физики, экспериментальные навыки

© F. Nametkulova, E. Ospanbekov*, A. Sugirbekova, 2023

Abai Kazakh National Pedagogical University.

E-mail: 2015zh@gmail.com

SUBSTANTIVE FEATURES OF THE WORKSHOP ON SOLVING PHYSICAL PROBLEMS

Nametkulova Farida - Candidate of Pedagogical Sciences, Senior lecturer of the department «Methods of teaching mathematics, Physics and Computer Science», Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty

E-mail: 2015zh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4245-9819>;

Ospanbekov Yerbol – PhD, Senior lecturer of the department «Methods of teaching mathematics, Physics and Computer Science», Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty

E-mail: Os_Erbol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6143-7589>;

Sugirbekova Akmaral - Doctoral student of the Department «Methods of teaching Mathematics, Physics and Computer Science», Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty

E-mail: sugirbekovaakmaral@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0539-0920>

Annotation. This article discusses the substantive features of the workshop on solving physical problems considered in universities. A special place in the formation of professional skills in the training of future physics teachers is occupied by problem solving. The importance of improving the content of the workshop of physical tasks in order to form the professional skills of future subject teachers in accordance with the requirements for the level of physical education of secondary school students determines the relevance of this study. The article presents the results of the analysis of the features of the content of the discipline «Practical

course on solving physical problems», studied in accordance with the educational program in pedagogical universities. The research work was carried out within the framework of a postdoctoral project on the topic "Improving the special training of future physics teachers on the basis of teaching the course «Practical course on solving physical problems». A comparative analysis of the goals, objectives and expected results of the practical solution of physical problems taught in higher educational institutions for the training of future physics teachers is carried out. Based on the results of the analysis, the need to improve the content of this discipline has been identified.

For this purpose, the need to supplement the content of the subject with theoretical knowledge, contextual tasks that contribute to the formation of cognitive, methodological and research skills, tasks that improve experimental skills, Olympic tasks, as well as a number of exemplary tasks was presented. The results, conclusions, recommendations obtained in the course of the study are the basis for making additions and changes to the content of the subject «Practical course on solving physical problems».

Keywords: practical course on solving physical problems, expected results of the subject, educational programs, training of future physics teachers, experimental skills

Кіріспе

Бүгінгі күні физика пәнін оқытуға қойылатын талаптар оқу процесінде білім алушыны үздіксіз өзгеріп отыратын және болашақта өзгеретін өмірге дайындауға басты назар аударуды көздейді. Бұл үнемі пайда болатын жаңа мәселелерді шешу, яғни стандартты емес есептерді шешу және өспелі кәсіби ақпараттар ағынында дұрыс бағдарлану білігінің маңыздылығын арттырады. Осы талаптарды қанағаттандыратын болашақ физика пәні мұғалімін даярлауда педагогикалық университеттің білім беру жүйесінің алатын орны ерекше – ол болашақ заманауи мұғалімдерді даярлаумен қатар, студенттердің болашақ кәсіби маман болып қалыптасуына да ықпал етеді. Сондықтан, жоғары оқу орындарында болашақ мұғалімнің тиімді педагогикалық шешімдер қабылдау және физика пәні бойынша сабақтарда оқушыларды оқыту, тәрбиелеу және дамыту мәселелерін сапалы шешуді қамтамасыз ететін жеке қасиеттерінің, білім мен дағдыларының бірігуі болып табылатын кәсіби құзыреттілігін қамтамасыз етуді көздейді. Осы мақсатқа сәйкес болашақ физика пәні мұғалімінің кәсіптік білім және дағдыларын, қажеттілікке сәйкес білім мен дағдыларды тиімді өзгерту және дамыту қабілеттілігін, кәсіби құндылық көзқарасын қалыптастыратын жоғары оқу орнында құзіреттілікке негізделген тәсіл жүзеге асады (ҚР ҒжБМ ЖОО МЖМС, 2022).

Болашақ физика пәні мұғалімдерін даярлауда қолданылатын білім мазмұнының орта мектепте берілетін мазмұнымен сабақтастықта болуы маңызды. Осы тұрғыдан алғанда білім беру жүйесін жетілдірудің маңыздылығын көрсететін зерттеудің нәтижелері белгілі (Yekimov, 2022).

Студенттердің физикалық есептер шығару практикумы бойынша оқу жетістіктерін тиімді бағалау әдістерінің бірі ретінде қалыптастырушы бағалауды ұсынады (Frits, 2023). Оның барысында студенттердің күрделілігі әртүрлі тапсырмаларды меңгеру деңгейіндегі айырмашылықтарға талдау жасалады. Нәтижесінде білім алушылар тапсырманың күрделілігі, есеп шығаруда қолданылатын әдістердің тиімділігі, физикалық құбылыстың мәні мен салдары туралы ақпараттарды саналы түрде меңгереді.

Зерттеу барысында болашақ физика пәні мұғалімдерін даярлайтын жоғары оқу орындарында қолданыстағы «Физикалық есептер шығару практикумы» пәнінің силлабустарына талдау жасалды.

Материалдар мен негізгі әдістер.

Болашақ физика мұғалімдерінің жалпы білім беретін мектепте оқу-тәрбие процесінің мәнін және физика курсының мазмұны мен құрылымын түсіну, физикалық есептерді шығару дағдысы мен іскерлігін қалыптастыру, мектеп физикасының аясында есептерді шығару әдістемесін талдау мақсатын көздейтін «Физикалық есептер шығару практикумының» мазмұны кәсіби дағдыларды қалыптастырады. Пән студенттердің физика есептерінің классификациясына сәйкес оларды шығару әдістемесін және орта мектепте физиканы оқытуда тиімді қолдана білу іскерлігін дамытады.

«Физикалық есептер шығару практикумы» пәнінің силлабустарының құрылымы мен мазмұнына жүргізілген зерделеу мазмұнның оқу нәтижелеріне бағытталғандығын, бағалау мен оқыту әдістерінің сәйкестігін айқындады. Екі бөлімнен тұратын «Физикалық есептерді шығару практикумының» біріншісінің мазмұны «Механика», «Молекулалық физика» бөлімдерін, ал екіншісі «Электр және магнетизм», «Оптика», «Атомдық және ядролық физика», «Қатты денелер физикасы» бөлімдерін қамтиды. Дегенмен, пәннің күтілетін нәтижесіне жүргізілген зерделеу білім алушылардың оқу жетістіктерін шынайы бағалауға кедергі келтіретін есеп шығарудың «... принциптері мен әдістерді білу», «логикалық ойлау операциясын дәйекті болуын үйрету» және т.б. түрінде тұжырымдалған күтілетін нәтижелерді нақтылады.

Қарастырылған пәннің мазмұны жалпы орта білім беретін мектептегі физика пәнінің мазмұнына сай есеп шығару іскерлігі мен дағдысын дамытумен қатар оқушылардың дағдыларын, оның ішінде ғылыми-жаратылыстану құзыреттілігін дамытатын дағдыларды қалыптастыруға бағытталуы маңызды. Өйткені, оқушылардың білім алу жетістіктерін бағалау жөніндегі Халықаралық бағдарлама зерттеулері білім алушылардың физика пәнінде зерттеу міндетін қою және оны тексеру жолдарын ұсыну, зерттеу жоспарын дайындау және оның нәтижелерін интерпретациялау, нәтижелердің сенімділігі мен аутентикалығын дәлелдеу біліктерін дамыту қажеттіліктерін айқындады (Наметкулова, 2022). Болашақ физика пәні мұғалімдерінің, яғни физика білім беру бағдарламасы бойынша оқитын студенттердің ғылыми-

жаратылыстану құзыреттіліктерін оқу процесі барысында дамытуды аталған мәселені шешудің негізі ретінде қарастыруға болады деп есептейміз.

Болашақ физика пәні мұғалімінің кәсіби құзыреттілігінің негізгі құраушысы кәсіби білімді қамтитын пәндік құзыреттілігі болып табылады. Болашақ мұғалім үшін кәсіби білім, ең алдымен, білім алушыларды оқытатын пән ретінде физикалық білімді қамтиды.

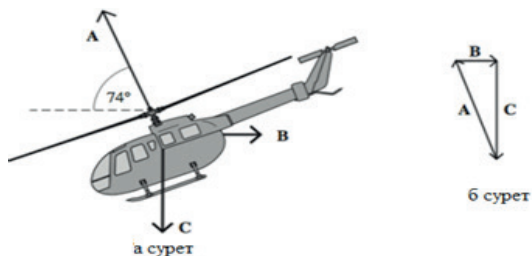
Физикалық есептерді шығару практикумы ЖОО-да физикалық білімді қалыптастыратын пәндердің бірі болып табылатындықтан, оның мазмұны мен құрылымын нақтылау қажет. Аталған пәннің мазмұны физикалық білім жүйесімен қатар әрекеттерді де қамтуы маңызды. Бұл әрекеттер әдіснамалық білімді (физикалық құбылыс және таным әдістері туралы білім), ғылыми әрекет ретінде ізденушілікті (бақылау, мәселені қою, болжам ұсыну, болжамды тексеру, теориялық негіздеу, қорытындылау), оқу әдістері (алынған білімді қолдану), танымдық әрекеттерді қамтиды.

Физикалық есептер шығару практикумының мазмұны ондағы қарастырылатын есептер мазмұны негізінде жетілдіруге болады. Педагогтардың оқыту тәжірибесінде қолданылатын физикалық есептер білім алушылардың есепті шешу түсінігін дамытады, дегенмен есептің белгілі бір бөлігі ғана олардың білігі мен дағдысын қалыптастыруға ықпал етеді. Зерттеулер нәтижесі есептердің мазмұнының 80%-ы физикалық шамалардың мәнін табуға, 14%-ы құбылыстың мәнін түсінуге, 2%-ы дененің қасиетін айқындауға бағытталатынын көрсетті (Коломин, 2010). Сондықтан есептің мазмұны құбылыстың мәні және қарастырылатын денелердің қасиеттеріне бағытталуына назар аудару маңызды. Мазмұнды жетілдіру үшін алдымен берілетін есептің құрылымдық ерекшеліктеріне тоқталайық.

Ю.Н.Кулюткин физикалық есептің құрылымының екі құрамдас бөлігін «шарттан, яғни белгілі бір қатынастармен реттелген нысандардың жиынтығынан және берілген жағдайда нені анықтау керектігін көрсететін талаптан» ұсынды (Кулюткин, 2002). Ал А.Ф. Эсауловтың пікірінше шарт «шешу барысында қолданылатын белгілі бір ақпараттық жүйелер», ал талап «осы ақпараттық жүйелерді түрлендіру арқылы неге қол жеткізу керектігін және неге ұмтылу керектігін» көрсетеді (Эсаулов, 1972). Психология Л.М.Фридман есептің құрылымында қарастырылған талап пен шартпен қатар әрекетті, яғни «талаптарды орындау үшін шарт бойынша орындалатын әрекеттер жиынтығын» қарастырады. Л.М.Фридманның бұл идеясын құрылымдалған (немесе мәнмәтіндік) тапсырмаларды құрастыру барысында тиімді жүзеге асыруға болады (Фридман, 1989).

Осы құрылым сақталған есептің үлгісі төмендегі мысал арқылы берілді.

Мысалы. Суретте көрсетілген тікұшақ кеңістікте горизонталь бағытта қозғалады, оның қалақтарының көтеру күші A (желдің жылдамдығы ескерілмейді).



Сурет 1 – Тікұшақтың кеңістіктегі қозғалысы

- 1) Тікұшаққа әсер ететін В және С күштерін анықтаңыз.
- 2) Күштердің бағыты б-суретте көрсетілген, тікұшақтың қозғалысының жылдамдығының бағытын анықтаңыз және оны түсіндіріңіз.
- 3) Көтеру күші $A = 9,5 \text{ кН}$ көкжиекпен 74° бұрыш жасайды. Тікұшақтың салмағын анықтаңыз.

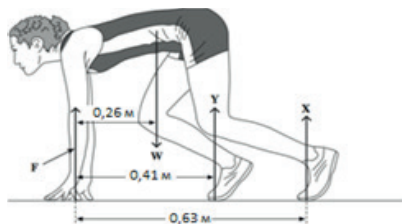
Нәтижелері

Физикалық есепті шешу реттелген әрекеттерді – әдісті, тәсілді анықтау, есепті шешу алгоритмін құрастыру, осы алгоритм негізінде есепті шешу әрекеттерін жобалау және оны жүзеге асыру – орындауды талап етеді. Физикалық есептер шығару практикумында болашақ мамандардың кәсіби дағдыларын қалыптастырудың бір жолы ретінде ұсынылып отырған есепті шешудің реттелген әрекеттерінің негізінде тапсырмаларды орындауды оқу тәжірибесіне кіріктірген дұрыс деген тұжырымға келдік. Келесі мысал негізінде есепті шешудің реттелген әрекеттерінің талаптарына сай талдау ұсынылды.

Мысалы:

Суретте жүгіруге дайындалып тұрған спортшы бейнеленген. F күші – спортшының саусақ ұшына әсер ететін қорытқы күш. Алдыңғы табанына түсетін реакция күші – $Y = 180 \text{ Н}$, салмағы $W = 520 \text{ Н}$, ал екінші аяғына түсетін жоғары бағытталған реакция күші – X.

- 1) Спортшының қолының саусақтарының ұшына түсетін W салмақ (күш) моментін есептеңіз
- 2) Қол саусақтарына қатысты спортшының салмағының күш моментін есептеңіз (сәйкесінше өлшем бірліктерін көрсетіңіз).
- 3) Саусақ ұштарының айналасындағы моменттерді анықтап, екінші аяққа түсетін X үшін есептеңіз.
- 4) Қорытқы F күшті табыңыз.



Сурет 2 - Жүгіруге дайындалып тұрған спортшы.

Болашақ физика пәні мұғалімдері есеп шығару барысында ғылыми білімнің жүйесін меңгергендігін, іс-әрекеттерді орындау, соның ішінде үлгіге сәйкес әрекет ету жолдарын меңгереді. Сонымен қатар, есеп шығару арқылы әдістемелік білімі қалыптасып, ізденушілік және игерген білімдерін қолдану дағдылары дамиды. Сондықтан, зерттеу барысында осы аталған кәсіби дағдыларының көрсеткіштерінің қалыптасуы бойынша талдау жасалды. Алғашқы талдау физикалық есептер шығару практикумының мазмұнына өзгерістер енгізілмеген жағдайда алынды.



Сурет 3 – Бастапқы диагностика мәліметтері

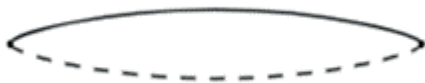
Талдау нәтижесі студенттердің басым бөлігінде әдістемелік білімінің жеткілікті деңгейде қалыптасқандығын көрсетті. Яғни, білім алушылар есептің мәтінінде берілген физикалық құбылысты анықтап және оны сипаттайтын физикалық шамаларға, заңдар мен теорияларға түсініктеме бере алады. Дегенмен, зерттеу барысы анықтағандай студенттердің 30% -ында ғана ізденушілік және игерген білімді қолдану дағдыларының жеткілікті деңгейде қалыптаспағандығын дәлелдейді (3-сурет). Анықталған жағдай бүгінгі күні жалпы білім беретін мектептерде физика пәнін оқытуға қойылатын негізгі талаптарды қанағаттандыру үшін болашақ мұғалімдерде талдау нәтижесі көрсеткен кәсіби дағдылардың дамыту қажеттілігін айқындады. Физикалық есептерді шығару практикумының мазмұнын студенттердің пәндік, әдістемелік, ізденушілік дағдыларын дамытуға бағытталған тапсырмалар жүйесімен толықтыру анықталған мәселені шешуге мүмкіндік береді деп есептейміз.

Талқылау

Осы аталған жағдайға байланысты физикалық есептер шығару практикумының мазмұнын толықтыру мақсатында білім алушылардың есеп шығару барысындағы әдістемелік білімін, ғылыми әрекет ретінде ізденушілік дағдыларын қалыптастыруға бағытталған тапсырмалардың үлгілері жүйеленді.

Дыбыс құбылыстары бойынша келесі есепті қарастырамыз.

Берілгені: Көптеген музыкалық аспаптарда екі бекітілген тірек арасында созылған сым (шек) бар. Бұл сымдар 1 суретте көрсетілгендей өзінің тербелуі нәтижесінде резонанс жасайды.



Сурет 4 – Музыкалық аспап шегінің тербелісі

Тербелістегі шектің шығаратын дыбысының жиілігі келесі шамаларға тәуелді болатындығы белгілі:

- 1) тіректер арасындағы сым ұзындығына
- 2) сымның керілуіне
- 3) сымның ұзындық бірлігіндегі массасына.

Негізгі пішінде тербелетін сымның резонанстық жиілігі сымның керілуіне тәуелді екенін анықтайтын тәжірибені дайындаңыз.

Жабдықтың орналасуын көрсететін диаграмманы салу керек. Жұмыстың ерекше назар аударылатын тұстары

- (а) сым белгілі жиілікте тербелетінін қамтамасыз ететін әдіс болуы тиіс;
- (ә) резонанстық жиілік пен кернеулікті қалай өлшеуге болады?
- (б) орындалуы тиіс рәсімдердің ретін жазыңыз;
- (в) қандай айнымалыларды бақылау керек?
- (г) сіз қабылдайтын сақтық шараларының реті.

Әдістемелік білім (физикалық құбылыс және таным әдістері туралы білім)	Дыбыстың таралуы, дыбыстың физикалық сипаттамалары, физикалық құбылысты бақылау дағдыларының болуы
Ғылыми әрекет ретінде ізденушілік (бақылау, мәселені қою, болжам ұсыну, болжамды тексеру, теориялық негіздеу, қорытындылау)	Негізгі пішінде тербелетін сымның резонанстық жиілігі сымның керілуіне тәуелді екенін анықтайтын тәжірибені дайындау (болжамды ұсыну және оны тексеру, теориялық негіздеу, эксперимент жұмысын қорытындылау)
оқу әдістері (алынған білімді қолдану)	Меңгерген теориялық білімді эксперимент нәтижесін теориялық негіздеу және қорытындылау барысында қолдану Эксперименттің қойылуын көз алдына елестету негізінде оның барысын алгоритмдеу

Есеп шығару практикумында М.С. Павлова анықтаған студенттердің физикалық оқу эксперименттерін пайдалану аймағындағы құзыреттіліктерінің құрылымына кіретін «оқу эксперименті және оны ұйымдастыру әдістемелерін білуі, оның маңыздылығын тануы, оқу процесінде экспериментті жобалау және жүзеге асыру» құзыреттіліктерін дамыту маңызды болып табылады (Павлова, 2010). Физикалық есептерді шешуде эксперименттік әдістің келесі құрылым жүзеге асады: берілген жағдайды (құбылысты, дененің күйін)

анықтау; осы жағдайға сәйкес физикалық параметрлердің мазмұны мен мәнін анықтау; эксперименттік тәсілмен берілген есепті логикалық немесе сандық есептеуге келтіру.

Физиканы оқытудың ғылыми-әдістемелік әдебиеті мен практикасын талдау физикалық есептерді шешу қабілетін дамытудың әмбебап тәсілдері жоқ екенін көрсетеді. Пән мұғалімдерінің, әдіскерлердің және пәнді оқытумен айналысатын зерттеушілердің жұмыстары оқушылардың есепті шешуге қатысты тәжірибе жинақтауын ұйымдастыруға арналған. Физикалық есептерді шешуге үйретудің әртүрлі әдістемелік тәсілдері дамыды, олардың арасында эксперименттік есептерді шешуге үйретуге назар аударылуда. Студенттер орта мектептегі физика курсының жеке бөлімдері бойынша физикалық есептерді шешудің нақты әдістерін (геометриялық, графикалық, номографиялық) қарастыратын математикалық аппаратты меңгереді. Дегенмен эксперименттік есептерді шешу дәлелдеу тұжырымдарын құрастыруға негізделеді. Екінші жағынан, мектеп оқушыларының логикалық категориялар ретінде ойлаудың заңдылықтары мен формаларымен таныс болмауы есептерді шешудің эксперименттік тәсілін меңгеруге кедергі келтіреді. Сондықтан физикалық есептер шығару практикумында эксперименттік есептерді қарастыру маңызды. Эксперименттік есептер болашақ физика пәні мұғалімдерінің оқушыларға құбылысты түсіндіру, болжау, нақты құбылыстардың ортақ белгілері мен елеулі айырмашылықтарын көрсету, әлемдегі заттар мен құбылыстарды салыстыру, құбылысты қолдану және бақылау аясын анықтайтын сандық терминдер, ұғымдарды жүйелеу және жіктеу, тәжірибеде қолданылатын іс-әрекет тәсілдері мен әдістерінің мәнін түсіндіру секілді кәсіби дағдыларын дамытуға ықпал етеді. Сонымен қатар, студенттер есептің шартында берілетін физикалық құбылысты және оның әртүрлі аспектілерін зерттеу, құбылыстың пайда болу себептері мен одан күтілетін салдарды болжамдау негізінде ойтұжырымдар жасай отырып, нәтижесінде құбылыс туралы білімін тереңдетеді. Пәннің мазмұнына келесі есептің кіріктіруге болады «Тапсырма. Өз дененің орташа тығыздығын анықтау». Берілген тапсырманы орындау үшін білім алушылар эксперименттік есептің шығару алгоритмін жасайды:

1. Тығыздықты есептеу формуласы $\rho = \frac{m}{V}$ қолданады.
2. Массаны анықтау үшін таразыларды қолдау ұсынылады.
3. Дененің көлемін анықтау үшін әртүрлі формадағы денелердің көлемін мензурка көмегімен анықтау әдісін пайдаланады. Мензурканың орнына ванна қолданылады. Бастапқы және кейінгі судың көтерілу биіктігіне сәйкес көлемді анықтауда сыйымдылығы белгілі ыдысты (мысалы 1 л банка) қолданылады.

Эксперименттік есептер шығару дағдысын қалыптастыруға ықпал ететін тапсырманың келесі түрі – жағдаяттық есептер. Мысал ретінде осындай жағдаяттың есептің келесі үлгісі ұсынылады. Тапсырма: Талғар шыңына достарымен демалуға шыққан Марат 5 л пропан газымен толтырылған баллон, термоста ыстық су, арқан, сіріңке және қағаз алып шықты. Тамақ әзірлеуге

қажет болған баллонды тұтандыра алмады. Талғар шыңының биіктігі 4973 м, газдың параметрлері $\mu=44,1$ г/моль, $\rho = 1,8641$ кг/м³, $p = 1,6$ МПа.

1. Баллонды тұтандырудың қандай әдістері бар?

2. Талғар шыңына шыққанда ауаны температура $t = -1^{\circ}\text{C}$ болғанда баллондағы газдың қысымы 0,4 % -ға кемиді. Баллондағы газдың бастапқы температурасын анықтаңыз.

3. Алған мәліметтерді негізінде қысымның температураға тәелділік графигін сызыңыз.

Физикалық есептерді шешуді оқыту әдістемесінде әдістемелік зерттеулердің осы саласын дамытуға қатысты негізгі екі бағытты атап көрсетуге болады (Ларченкова, 2008).

Біріншісі А.Н. Леонтьевтің психологиялық теориясының негізінде физикалық есепті шығаруда келесі әрекеттерді қамтитын алгоритмді қолдануды ұсынады: тапсырмамен танысу, шешім жоспарын құру, шешім жоспарын жүзеге асыру, алынған шешімді тексеру, сондай-ақ операциялар: бағдарлау, жоспарлау, орындау, әрбір іс-әрекеттің іске асырылуын бақылау. Бұл ретте оқытудың мақсаты оқушыларда физикалық есептерді шешуге қажетті жалпы дағдыларды қалыптастыру көзделгендіктен физикалық есептерді шығарудың жалпыланған алгоритмдері ұсынылады. Білім алушылар әртүрлі тақырыптарда ұсынылатын осындай алгоритмдерді қолданып нақты теориялық материалды игерумен қатар алгоритмдердің өзінде игеру талап етіледі. Дегенмен, зерттеу сипатындағы есептерді шешуде осы алгоритмдерді пайдалану жеткіліксіз болады. Сондықтан, аталған бағытты мектеп оқушыларының физикалық есепті шешуге қажетті жалпы дағдыларын қалыптастыруға қолданған тиімді (Усова, 1988). Жоғарғы оқу орындарында болашақ физика пәні мұғалімдерін даярлауда ұсынылатын екінші бағыт әдіснамалық деңгейде жүзеге асады. Физикалық есептерді шығаруда теориялық біліммен қатар танымдық әдістерді қолдану қажеттілігі туындайды. Бұл жағдайда есепте қарастырылатын құбылыстарға, физика заңдарына және симметрия принциптеріне назар аударылады, яғни есептерді шығаруда қолданылатын физикалық теориялардың нақты заңдарының деңгейі, іргелі физикалық заңдардың деңгейі және физиканың әдіснамалық принциптерінің деңгейі ескеріледі. Бұл әдістеме білім алушыларды физикалық есептер шығаруға үйретуге және олардың танымдық әдістерді қолдану дағдыларын қалыптастыруға қолжетімділігін қамтамасыз етеді. Осыған байланысты, болашақ физика пәні мұғалімдеріне арналған «физикалық есептер шығару практикумы» пәнінің мазмұндық ерекшеліктерін нақтылауда есеп шығарудың екінші бағытындағы әдістемені ескерген дұрыс деп есептейміз.

Мысал. Сипаттамалары кестеде көрсетілген 5 серіппелі маятник берілген. Білім алушыға кестеде көрсетілген маятниктердің екеуін таңдап, серіппелі маятниктің еркін тербеліс периодының жүктің массасына тәуелділігін көрсететін тәжірибе жасау керек. Қандай маятниктерді таңдайды? Жүктердің тұтас екені белгілі.

Маятниктердің реттік саны	Серіппенің қатаңдығы, Н/м	Жүктің көлемі, см ³	Жүк жасалған материал
	40	30	алюминий
	60	60	алюминий
	40	30	мыс
	10	30	алюминий
	10	60	мыс

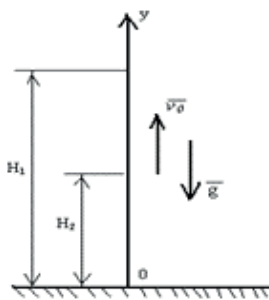
Жауапта жүктердің реттік санын көрсетіп, таңдау жасау себебін түсіндіріңіз. Жүргізілген тәжірибе бойынша қорытынды жасаңыз.

Жоғары оқу орындары студенттерінің танымдық әрекет және есеп шартында берілетін оқу мәселелерін анықтау, шешу жолдарын болжау дағдыларын жетілдіру мақсатында физикалық есептер шығару практикумының мазмұнында мектеп оқушыларының әртүрлі деңгейлік олимпиадаларда ұсынылатын есептермен толықтыруға болады. Сондай мысалдардың реті ұсынылды.



Мысал 1. Суы бар ашық ыдысқа ашық стақан батырылады: бір рет түбімен жоғары қарай, ал келесісі түбімен астыға (суретте көрсетілген) бір тереңдікке батырылады. Осы екі жағдайда, стақанды батырған кезде, қайсысында көп жұмыс атқарылды? (Су ыдыстан ағып кетпейді және түбімен төменге батырылған стақанға су құйылмайды).

Есепті шығаруда студенттер екі жағдайдағы түсірілген және кері итеруші күштерге салыстырмалы талдау жасау арқылы қойылған сұрақтың жауабын түсіндіреді.



Мысал 2. Жер бетінен $H_1=10$ м биіктікте тұрған дене еркін құлай бастайды. Бұл уақытта $H_2=5$ м биіктіктен вертикаль жоғары қарай басқа дене лақтырылады. Бұл екі дене Жерден $h=2$ м биіктікте соқтығысады. Екінші дененің бастапқы v_0 жылдамдығын, қозғалыс басталғаннан соқтығысуға дейінгі уақытты анықтаңыз. Екі дененің қозғалыс графигін салыңыз. Бірінші дененің қозғалысын екінші дененің қозғалысына байланысты санақ жүйесінде қарастыру керек (Демина, 2016).

Қорытынды

Сонымен, педагогикалық жоғары оқу орындарында қолданыстағы «Физикалық есептер шығару практикумы» пәнінің алатын орны ерекше екендігіне назар аудара отырып, орта мектеп оқушыларының физикалық біліміне қойылатын талаптарды негізге алып пәннің мазмұнын толықтыру қажеттілігін атап өткіміз келеді. Бұл есеп шығару арқылы болашақ физика пәні мұғалімдерін даярлауда олардың кәсіби дағдыларының қалыптасуына тікелей ықпал етеді.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант №АР14972674).

ӘДЕБИЕТТЕР

Жоғары және жоғары оқу орнынан кейінгі білім берудің мемлекеттік жалпыға міндетті стандарттарын бекіту туралы. Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрінің 20.07.2022ж. №2 бұйрығы // <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200028916>

Yekimov S. (2022). Improving the Quality of Training of Physics Teachers to Attract Applicants to Physical Specialties / Tsytko V., Kuzminets M., Timenko V., Tokin O., Lapmecka M., Haponenk S. // AIP Conference Proceedings – 2022. - № 2647, 020001 - DOI 10.1063/5.0104159

Frits F.B. (2023). Development of a formative assessment instrument to determine students' need for corrective actions in physics: Identifying students' functional level of understanding Thinking Skills and Creativity / Pals, Jos L.J. Tolboom, Cor J.M. Suhre // Volume 50, December 2023, 101387. - DOI.org/10.1016/j.tsc.2023.101387

Наметкулова Ф.Д. (2022). Болашақ мұғалімдерді физикалық эксперимент арқылы оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыруға даярлау / Шойынбаева Г.Т., Сугирбекова А.Қ. // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан № 5 (399), 2022. - С. 100-112 - <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1467.362>

Коломин В.И. (2010). Фундаментальной подготовка по физике как основа формирования профессиональной компетентности будущих учителей физики. Дисс ... доктора пед.наук. – Астрахань, 2010. – 323 с.

Кулюткин Ю.Н. (2022). Ценностные ориентиры и когнитивные структуры в деятельности учителя / Бездухов В.П. // Самара: СамГПУ - 2002. – 400 с.

Эсаулов А.Ф. (1972). Психология решения задач /А.Ф.Эсаулов // М.: Высшая школа, 1972

Фридман Л.М. (1989). Логико-психологический анализ школьных учебных задач. / Л.М.Фридман //– М.: Педагогика, 1989 - 207 с.

Павлова М.С. (2010). Формирование компетентности будущего учителя физики в области использования учебного физического эксперимента дис... канд.пед.наук. - Екатеринбург, 2010. – 173 с.

Ларченкова Л.А. (2008). Основные направления развития методики решения физических задач // Физика в школе и вузе: Междунар.сб.научн.ст. – Выпуск 8. – СПб: Изд-во библиотеки РАН, 2008. – С. 118-124

Усова А.В. (1988). Психолого-дидактические основы формирования физических понятий. // Учебное пособие по спецкурсу. – Челябинск: Челябинский рабочий, 1988. – 86 с.

Демина Н.Ф. (2016) / Физикадан олимпиадалық есептерді шығару әдістемесі: мұғалімдерге және 5В011000 «Физика» мамандығының студенттеріне арналған оқу құралы // Омарова Ж.М. – Қостанай, 2016. – 112 б

Маусымбаев С.С. (2005). // Жоғары оқу орнында болашақ жаратылыстану пәндері мұғалімін кәсіби даярлау теориясы мен практикасы: пед. ғыл. док. дис.... автореф:13.00.08. -

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 93–101

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.245>

ГРПТИ 14.35.07

ӘОЖ 378

© **B.D. Orazov**^{1*}, **G.B. Issayeva**², 2023

¹South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent;

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty.

E-mail: beksultan_okmpi@mail.ru

IMPROVING THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS OF PHYSICS IN THE COURSE OF TEACHING "MOLECULAR PHYSICS"

Orazov Beksultan Dauletovich — PhD, doctoral student, South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: beksultan_okmpi@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7799-4109>;

Issayeva Gulnara Bostanovna — Acting Associate Professor of the Department «Methods of Teaching Mathematics, Physics and Computer Science», Candidate of Pedagogical Sciences, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: guka_issaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>.

Abstract. The article examines modern methods of teaching this course, including the use of interactive lectures and seminars, as well as various additional teaching tools such as videos and online courses. The study analyzed the results of the experimental group, which studied the course using additional teaching methods, and the control group, which studied the course only on the basis of traditional teaching methods. The analysis showed that the use of additional teaching aids makes it possible to increase the effectiveness of teaching the course "Molecular Physics" and increases the motivation of students to study this topic. Based on the results of the study, recommendations were made to improve the process of teaching this course, which may be useful for teachers and future teachers of physics who want to increase the effectiveness of their professional activities. The research results indicate that the use of various methods and teaching aids in the course "Molecular Physics" can significantly increase the effectiveness of teaching and help future physics teachers to better understand and teach this course. One of the key success factors is the use of interactive lectures and seminars that allow students to gain new knowledge and skills, as well as apply them in practice. In addition, it is important to take into account the individual needs and interests of students in order to make learning more effective and motivating.

The results obtained can be useful not only for physics teachers, but also for developers of curricula and teaching methods. Further research can help clarify the optimal methods and means of teaching in the course "Molecular Physics" and other physical disciplines, as well as identify the features of teaching students with different levels of knowledge and experience.

Keywords: professional training, physics teachers, molecular physics, teaching course, advanced training, interactive teaching methods, student motivation

© Б.Д. Оразов^{1*}, Г.Б. Исаева², 2023

¹Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті, Шымкент;

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы.

E-mail: beksultan_okmpi@mail.ru

БОЛАШАҚ ФИЗИКА МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ "МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА" КУРСЫН ОҚЫТУ БАРЫСЫНДА КӘСІБИ ДАЙЫНДЫҒЫН ЖЕТІЛДІРУ

Оразов Бексултан Даулетович — PhD, докторант, Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті,

Шымкент, Қазақстан Республикасы,

E-mail: beksultan_okmpi@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7799-4109>;

Исаева Гульнара Бостановна — педагогика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, «Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті» КЕАҚ, Математика, физика және информатика институты, Алматы, Қазақстан Республикасы

E-mail: guka_issatva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>.

Аннотация. Мақалада осы курсты оқытудың заманауи әдістері, соның ішінде интерактивті лекциялар мен семинарлар, сондай-ақ бейнелер мен онлайн курстар сияқты әртүрлі қосымша оқыту құралдары қарастырылады. Зерттеу барысында қосымша оқыту әдістерін қолдана отырып курсты зерттеген эксперименттік топ пен дәстүрлі оқыту әдістері негізінде ғана курсты зерттеген бақылау тобының нәтижелері талданды. Талдау көрсеткендей, қосымша оқу құралдарын пайдалану «Молекулалық физика» курсын оқытудың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді және студенттердің осы тақырыпты оқуға деген ынтасын арттырады. Зерттеу нәтижелері бойынша осы курсты оқыту үдерісін жетілдіру бойынша ұсыныстар жасалды, бұл өз кәсіби қызметінің тиімділігін арттырғысы келетін мұғалімдер мен болашақ физика мұғалімдеріне пайдалы болуы мүмкін. Зерттеу нәтижелері «Молекулалық физика» курсында әртүрлі әдістер мен оқу құралдарын қолдану оқытудың тиімділігін айтарлықтай арттырып, болашақ физика мұғалімдеріне осы курсты жақсы түсініп, оқытуға көмектесетінін көрсетеді. Табыстың негізгі факторларының бірі студенттерге жаңа білім мен дағдыларды алуға, сондай-ақ оларды тәжірибеде қолдануға мүмкіндік беретін интерактивті дәрістер мен семинарларды пайдалану

болып табылады. Сонымен қатар, оқуды тиімді және ынталандыру үшін оқушылардың жеке қажеттіліктері мен қызығушылықтарын ескеру маңызды. Алынған нәтижелер физика пәнінің мұғалімдеріне ғана емес, оқу бағдарламалары мен оқыту әдістемесін жасаушыларға да пайдалы болуы мүмкін. Әрі қарай жүргізілетін зерттеулер «Молекулалық физика» курсы және басқа да физикалық пәндерді оқытудың оңтайлы әдістері мен құралдарын нақтылауға, сондай-ақ білім мен тәжірибе деңгейі әртүрлі студенттерді оқытудың ерекшеліктерін анықтауға көмектеседі.

Түйін сөздер: кәсіби дайындық, физика мұғалімдері, молекулалық физика, оқыту курсы, біліктілікті арттыру, оқытудың интерактивті әдістері, студенттерді ынталандыру

© Б.Д. Оразов^{1*}, Г.Б. Исаева², 2023

¹Южно-Казахстанский государственный педагогический университет,
Шымкент;

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы.
E-mail: beksultan_okmpi@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ ПО КУРСУ ПРЕПОДАВАНИЯ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»

Оразов Бексултан Даулетович — PhD, докторант, Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, Шымкент, 160012, Республика Казахстан
E-mail: beksultan_okmpi@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7799-4109>;

Исаева Гульнара Бостановна — кандидат педагогических наук, и.о. ассоциированный профессор, НАО «Казахский национальный педагогический университет имени Абая», Институт Математики, физики и информатики, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: guka_issatva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4860-3797>.

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы преподавания данного курса, включая использование интерактивных лекций и семинаров, а также различные дополнительные средства обучения, такие как видеоматериалы и онлайн-курсы. В ходе исследования были проанализированы результаты экспериментальной группы, изучавшей курс с использованием дополнительных средств обучения, и контрольной группы, изучавшей курс только на основе традиционных методов преподавания. Анализ показал, что использование дополнительных средств обучения позволяет повысить эффективность обучения курсу "Молекулярная физика" и повышает мотивацию студентов к изучению данной темы. По результатам исследования были выведены рекомендации по улучшению процесса преподавания данного курса, которые могут быть полезны для преподавателей и будущих учителей физики, желающих повысить эффективность своей профессиональной деятельности.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что использование различных методов и средств обучения в курсе "Молекулярная физика" может существенно повысить эффективность обучения и помочь будущим учителям физики лучше понимать и преподавать данный курс. Одним из ключевых факторов успеха является использование интерактивных лекций и семинаров, которые позволяют студентам получать новые знания и навыки, а также применять их на практике. Кроме того, важно учитывать индивидуальные потребности и интересы студентов, чтобы сделать обучение более эффективным и мотивирующим. Полученные результаты могут быть полезны не только для учителей физики, но и для разработчиков учебных программ и методик обучения. Дальнейшие исследования могут помочь уточнить оптимальные методы и средства обучения в курсе "Молекулярная физика" и других физических дисциплинах, а также выявить особенности обучения студентов с различным уровнем знаний и опыта.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, учителя физики, молекулярная физика, курс преподавания, повышение квалификации, интерактивные методы обучения, мотивация студентов

Введение

Физика - это наука, которая изучает природу и ее законы. Она играет важную роль в современном мире и широко применяется в различных областях, включая инженерию, медицину и технологии. Поэтому, учебный курс по физике является неотъемлемой частью образовательной программы в школах и вузах. Курс "Молекулярная физика" - один из самых важных курсов, который изучает свойства и структуру молекул (Багирова, 2020).

Несмотря на важность данного курса, многие студенты сталкиваются с трудностями при его изучении. Возможно, это связано с тем, что курс включает в себя сложные темы, такие как кинетическая теория газов, электромагнитные волны и теория твердого тела (Белостоцкий, Максимова, Гомулина, 1999). Эти темы могут быть непонятными для студентов, которые не имеют достаточной подготовки в области физики.

Для обеспечения качественного образования в области молекулярной физики, необходимо обеспечить высокую квалификацию преподавателей, которые будут преподавать этот курс в школах и вузах. Это можно достичь путем проведения специальных курсов повышения квалификации для преподавателей физики. Такие курсы помогут преподавателям получить необходимые знания и навыки в области молекулярной физики, а также научиться преподавать этот курс более эффективно (Бутиков, 1999).

Будущие учителя физики должны быть оснащены соответствующими знаниями и навыками, чтобы обеспечить эффективное обучение молекулярной физике студентов. В результате, они будут способны поддерживать интерес студентов к науке и вдохновлять их на дальнейшее изучение физики.

В целом, курс молекулярной физики имеет большое значение в области науки и технологий. Тем не менее, оказалось, что не все учителя физики в вузах имеют достаточную квалификацию и опыт, чтобы эффективно обучать студентов по данному курсу. Многие из них имеют недостаточные знания в области молекулярной физики и не могут дать студентам необходимые знания и навыки, которые они будут использовать в своей будущей работе.

Важно проводить дополнительные обучающие программы для учителей физики, чтобы они могли получить необходимые знания и опыт в области молекулярной физики, и тем самым, улучшить качество образования, которое они предоставляют своим студентам. Такие программы также помогают учителям обновлять свои знания и оставаться в курсе последних научных исследований в области молекулярной физики. Важно развивать и использовать новые методы обучения в области молекулярной физики (Гомулина, 1999). Традиционный подход к преподаванию физики часто оказывается недостаточно эффективным, особенно при изучении сложных концепций. Современные технологии, такие как компьютерное моделирование, виртуальные лаборатории и интерактивные учебники, могут помочь сделать изучение молекулярной физики более доступным и интересным для студентов. Их использование может также способствовать улучшению качества образования и повышению мотивации студентов (Ермолаева, 2004).

В свете вышеизложенного, данное исследование имеет целью изучить эффективность использования новых методов обучения молекулярной физике и их влияние на учебный процесс. Будут проведены сравнительные анализы традиционных и инновационных методов обучения, чтобы определить их эффективность и влияние на результаты обучения. Результаты данного исследования могут быть полезны для преподавателей физики и студентов, которые изучают молекулярную физику в вузах.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе одного из вузов города, который предоставил доступ к необходимым материалам и аудиториям для проведения занятий. Обе группы студентов были сформированы случайным образом. Всего в исследовании приняли участие 50 студентов первого курса, которые изучали курс "Молекулярная физика". Каждая группа состояла из 25 человек.

В традиционном формате обучения студенты посещали лекции, проводимые преподавателем, и самостоятельно изучали учебный материал по учебнику. После этого они проходили контрольные работы, состоящие из теоретических заданий и расчетов (Инусова, 2014).

В экспериментальной группе студенты изучали курс в традиционном формате, но также имели доступ к интерактивным лекциям, вебинарам и семинарам, которые проводились в дополнение к основному курсу. Интерактивные лекции были созданы с использованием современных технологий, позволяющих студентам взаимодействовать с учебным

материалом, задавать вопросы и получать обратную связь от преподавателя (Карлыбаева, 2014). Вебинары и семинары проводились в небольших группах и позволяли студентам обсуждать сложные темы и задания, а также получать дополнительные пояснения и разъяснения от преподавателя.

В течение семестра студенты из обеих групп проходили несколько контрольных работ, включающих теоретические задания и расчеты, которые оценивались в баллах. Кроме того, студентам были предложены вопросы, связанные с уровнем понимания изученного материала, которые они должны были решить самостоятельно или в группе.

Для контрольной группы были проведены стандартные лекции, задания и тесты, предназначенные для изучения курса "Молекулярная физика". Экспериментальная группа получала доступ к дополнительным материалам, которые предоставлялись через интерактивные лекции, вебинары и семинары, созданные специально для участников данного исследования (Кавтрев, 2000).

Интерактивные лекции были созданы с использованием программного обеспечения, которое позволяет добавлять визуальные и звуковые элементы, такие как диаграммы, графики, анимации и видео, которые помогают учащимся лучше понимать материал. Вебинары проводились в формате онлайн-конференций, где участники могли задавать вопросы преподавателю и обсуждать темы с другими студентами. Семинары проводились в классе и включали в себя групповые задания, обсуждения и дискуссии (Ленкова, Петрова, 2012).

В конце курса все студенты проходили стандартный тест, который измерял их знания по темам, рассмотренным в курсе. Результаты тестирования были анализированы и сравнены между контрольной и экспериментальной группами, чтобы оценить эффективность использования дополнительных средств обучения в изучении курса "Молекулярная физика".

Результаты и обсуждение

Анализ результатов показал, что студенты, изучавшие курс "Молекулярная физика" с использованием дополнительных средств обучения, продемонстрировали более высокий уровень знаний и понимания материала, чем студенты контрольной группы. Кроме того, экспериментальная группа проявила больший интерес к данной теме и была более мотивирована к изучению курса. Одним из ключевых факторов, способствующих повышению эффективности обучения, было использование интерактивных лекций и семинаров. Эти методы позволили студентам не только получить новые знания, но и применить их на практике, что улучшило их понимание материала (Малых, Жукова, Аракелов, 2015).

Дополнительные средства обучения также позволили студентам из экспериментальной группы получить более глубокое и разнообразное понимание материала, чем студенты контрольной группы. Интерактивные лекции и семинары позволили студентам задавать вопросы и получать ответы в режиме реального времени, что способствовало более эффективному

усвоению материала и привело к улучшению академических показателей студентов.

Было обнаружено, что использование дополнительных средств обучения повлияло на улучшение отношения студентов к учебному процессу в целом. Студенты экспериментальной группы выразили большую удовлетворенность изучением курса и были более мотивированы к изучению физики в целом (Селевко, 1998).

Следует отметить, что необходимо провести более длительное исследование с учетом различных факторов, таких как уровень подготовки студентов и опыт преподавателей, чтобы более полно оценить эффективность использования дополнительных средств обучения в изучении курса "Молекулярная физика". Однако, на основе полученных результатов, можно заключить, что использование интерактивных методов обучения может значительно повысить эффективность изучения физики, а также повысить мотивацию студентов к изучению данной дисциплины.

Наша работа показала, что использование дополнительных средств обучения, таких как интерактивные лекции, вебинары и семинары, может значительно улучшить процесс изучения курса "Молекулярная физика" у студентов вузов. Более высокий уровень знаний и понимания материала, а также повышенный интерес и мотивация к изучению темы могут быть достигнуты с помощью использования этих методов обучения.

Необходимо отметить, что использование дополнительных средств обучения может потребовать дополнительных ресурсов и времени со стороны преподавателей. Также необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого студента и приспосабливать методы обучения к их потребностям (Чирцов, 1999).

Дальнейшие исследования могут быть направлены на определение оптимальных методов обучения для конкретных тем в области физики, а также на анализ влияния этих методов на долгосрочное запоминание материала и уровень успешности студентов в последующих курсах.

Заключение

Результаты исследования подтверждают, что использование дополнительных средств обучения позволяет повысить эффективность обучения курсу "Молекулярная физика". Интерактивные лекции и семинары могут быть эффективными методами, которые позволяют студентам лучше понимать материал и быть более мотивированными в изучении данного курса.

Результаты исследования также указывают на необходимость повышения профессиональной подготовки преподавателей физики, чтобы они могли более эффективно использовать дополнительные средства обучения в своей практике. Более того, использование современных технологий и методов в обучении может улучшить качество образования в целом и обеспечить лучшую подготовку студентов к будущей профессиональной деятельности.

Исследование показало, что использование интерактивных методов

обучения может быть эффективным способом улучшения образовательного процесса в области физики. Данные результаты могут быть использованы при разработке новых курсов и методик преподавания, а также при оценке эффективности существующих программ. Важно отметить, что использование дополнительных средств обучения не только улучшает уровень знаний студентов, но и способствует их лучшему пониманию материала, что может привести к более качественному образованию в целом.

Использование дополнительных средств обучения, таких как интерактивные лекции и семинары, может быть важным шагом в повышении эффективности обучения физике. Эти методы позволяют студентам не только получить новые знания, но и применять их на практике, что улучшает их понимание материала и мотивацию к изучению. Подобные исследования могут способствовать более эффективному использованию технологий в образовании и улучшению качества подготовки будущих специалистов в области физики.

ЛИТЕРАТУРЫ

- Багирова З.К. (2020). Профессиональное становление учителя как психо педагогическая категория // Мир науки, культуры, образования. - 2020. - № 2. - С. 365-367.
- Белостоцкий П.И., Максимова Г.Ю., Гомулина Н.Н. (1999). Компьютерные технологии: современный урок физики и астрономии // Первое сентября. Физика. 1999. № 20. С.3.
- Бутиков Е.И. (1999). Лаборатория компьютерного моделирования // Компьютерные инструменты в образовании. - 1999. № 5. С. 24 - 42.
- Гомулина Н.Н. (1999). Компьютерные обучающие и демонстрационные программы // Первое сентября. Физика. - 1999. № 12.
- Ермолаева В.И. (2004). Формирование познавательной самостоятельности студентов в процессе образования математике. Материалы международной науч. метод конф.. - Кострома: КГСХА., -Т.Н., - 2004.
- Инусова Х.М. (2014). Развитие профессиональных компетенций учителя физики на базе информационно-коммуникационных технологий // Вестник университета. -2014. - № 8. - С. 246-249.
- Карлыбаева Г.Е. (2014). Формирование методической подготовки учителей физики с использованием инновационных технологий [Электронный ресурс] // Молодой ученый. - 2014. - № 8(67). - С. 790-792. - Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/67/9678/> (дата обращения: 18.03.2021).
- Кавтрев А.Ф.(2000). Методические аспекты преподавания физики с использованием компьютерного курса «Открытая физика 1.0» - М.: ООО «Физикон», 2000. [Адрес www.college.ru/booklet/1st.html]
- Ленкова А.А., Петрова О.В. (2012). Диагностика профессиональных затруднений и потребностей педагога как основание проектирования персонализированной программы повышения квалификации [Электронный ресурс] // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. - 2012. - № 4 (13). - С. 92-100.
- Малых В.С., Жукова И.Н., Аракелов А.В. (2015). О формировании компетентности учителя физики в ходе непрерывного профессионального образования // Перспективы развития науки в области педагогики и психологии : сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. - Челябинск, 2015.-№2.-С. 67-70.
- Селевко Г.К. (1998). Современные образовательные технологии: Учеб. Пособие. - М.: Народное образование, - 1998.

Чирцов А.С. (1999). Информационные технологии в обучении физике // Компьютерные инструменты в образовании. - 1999. № 2. С. 3-12.

REFERENCES

Bagirova Z.K. (2020). Professional development of a teacher as a psychological and pedagogical category // World of science, culture, education. - 2020. - No. 2. - Pp. 365-367.

Belostotsky P.I., Maksimova G.Yu., Gomulina N.N. (1999). Computer technologies: a modern lesson in physics and astronomy // First of September. Physics. 1999. No. 20. P. 3.

Butikov E.I. (1999). Laboratory of computer modeling // Computer tools in education. - 1999. No. 5. Pp.24 - 42.

Gomulina N.N. (1999). Computer training and demonstration programs // First September. Physics. - 1999. No. 12.

Ermolaeva V.I. (2004). Formation of cognitive independence of students in the process of education in mathematics. Materials of international scientific research. method conf.. - Kostroma: KGSHA., -T.N., - 2004.

Inusova H.M. (2014). Development of professional competencies of physics teachers on the basis of information and communication technologies // Bulletin of the University. -2014. - No. 8. - Pp. 246-249.

Karlybaeva G.E. (2014). Formation of methodological training of physics teachers using high technologies [Electronic resource] // Young scientist. - 2014. - No. 8(67). - Pp. 790-792. - Access mode: <https://moluch.ru/archive/67/9678/> (access date: 03/18/2021).

Kavtrev A.F. (2000). Methodological aspects of teaching physics using the computer course "Open Physics 1.0" - M.: Physikon LLC, 2000. [Address www.college.ru/booklet/1st.html]

Lenkova A.A., Petrova O.V. (2012). Diagnosis of professional difficulties and teachers as support for planning a personalized professional development program [Electronic resource] // Scientific support of personnel development systems. - 2012. - No. 4 (13). - Pp. 92-100.

Malykh V.S., Zhukova I.N., Arakelov A.V. (2015). On the decline in the competence of a physics teacher in providing continuous professional education // Prospects for the development of science in the field of pedagogy and psychology: a collection of scientific papers based on the results of an international scientific-practical conference. - Chelyabinsk, 2015.-№2.-Pp. 67-70.

Selevko G.K. (1998). Modern educational technologies: Proc. Benefit. - M.: Public education, - 1998.

Chirtsov A.S. (1999). Information technologies in teaching physics // Computer tools in education. - 1999. No. 2. Pp. 3-12.

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 102–113

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.246>

HTAMP

© **N.A. Sandibayeva***, **N.Zh. Akhmetova**, **Zh.S. Baiymbetova**, 2023
Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: *nazko86@mail.ru*

DEVELOPING STUDENT RESEARCH PROFICIENCY IN THE CONTEXT OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF PHYSICS EDUCATION

Sandibayeva N.A. – k.p.s., associate Professor, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

E-mail: *nazira.s@mail.ru*. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Akhmetova N. Zh. – 2rd year doctoral student, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

E-mail: *nazko86@mail.ru*. ORCID: 0000-0001-5306-927X;

Baiymbetova Zh. S. – 3rd year doctoral student, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

E-mail: *baiymbetova.zhaudir@qyzpu.edu.kz*. ORCID: 0000-0002-3435-5489.

Abstract. This research explores the formation of students' research skills amidst the digital transformation of physics teaching. As traditional educational paradigms evolve with advanced technologies, questions arise about the impact on research skill development. The study delves into the current state of research skills in physics education, emphasizing the transformative effects of digital tools. A literature review establishes the foundational role of research skills, emphasizing their multidimensional nature. The digital transformation in physics education, characterized by virtual laboratories and collaborative online spaces, democratizes access to information and fosters collaboration. However, challenges of digital literacy and equitable access require careful consideration. Several studies are reviewed, highlighting the positive correlation between digitalized learning environments and enhanced research skills. Yet, a critical perspective emphasizes the importance of pedagogical strategies in utilizing digital tools effectively. The study introduces hypotheses aiming to explore the growing significance of research skills in physics education and the influence of digital transformation. A mixed-methods approach is employed, combining quantitative analysis and qualitative case studies from diverse physics education programs globally.

The current state of research skills in physics teaching relies heavily on traditional methods, presenting challenges in fostering robust skills. Digital transformation offers promising opportunities, with virtual simulations and collaborative platforms providing practical experiences crucial for skill acquisition. Comparative analysis reveals significant differences between traditional and digitalized approaches in shaping research skills. Results indicate a notable shift towards active and experiential learning in digitalized settings, with adaptive learning addressing individual needs. The findings have implications for physics education, urging a paradigm shift towards digitalized approaches. Recommendations include the seamless integration of digital tools, ongoing professional development for educators, and supportive infrastructure. The study concludes by emphasizing the importance of adapting teaching methodologies to harness the benefits of digital transformation, ensuring physics education remains innovative and prepares students for the future. Future research should delve deeper into emerging technologies and the socio-economic factors shaping research skill development in a digitalized environment.

Keywords: research skills, physics education, digital transformation, teaching methods, inquiry-based learning

© **Н.А. Сандибаева***, **Н. Ж. Ахметова**, **Ж.С. Байымбетова**, 2023

Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: *nazko86@mail.ru*

ФИЗИКАНЫҢ ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ ЖАҒДАЙЫНДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ДАМУ

Сандибаева Н.А. – п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: *nazira.s@mail.ru*. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Ахметова Н.Ж. – 2 курс докторант, Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: *nazko86@mail.ru*. ORCID: 0000-0001-5306-927X;

Байымбетова Ж.С. – 3 курс докторант, Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: *baiymbetova.zhaudir@qyzpu.edu.kz*. ORCID: 0000-0002-3435-5489.

Аннотация. Бұл зерттеу оқыту физикасын цифрлық трансформациялау контекстінде студенттердің зерттеу іскерлігін қалыптастыруға арналған. Дәстүрлі білім беру парадигмалары озық технологиялармен қатар дамып келе жатқандықтан, зерттеу іскерлігін дамытуға әсер ету туралы мәселелер туындайды. Зерттеу барысында цифрлық құралдардың трансформациялық әсерін бөліп көрсететін физикалық білім беру саласындағы зерттеу

іскерлігінің қазіргі жай-күйі зерттеледі. Әдебиетке шолу жасау олардың көп өлшемді сипатына баса назар аудара отырып, зерттеу іскерлігінің іргелі рөлін белгілейді. Виртуалды зертханалармен және бірлескен онлайн-кеңістікпен сипатталатын физиканы оқыту саласындағы цифрлық трансформация ақпаратқа қолжетімділікті, демократияландыруды және ынтымақтастықты нығайтуды білдіреді. Алайда цифрлық сауаттылық пен тең құқықты қолжетімділіктен туындайтын сын-тегеуріндерді мұқият қарау қажет. Цифрлық оқыту орталары мен зерттеу іскерлігін жетілдіру арасындағы оң корреляцияны көрсететін бірнеше зерттеулерге шолу жасалынды. Дегенмен, сыни көрініс цифрлық құралдарды тиімді пайдаланудың педагогикалық стратегияларының маңыздылығын көрсетеді. Зерттеу барысында физиканы оқыту саласындағы зерттеу іскерлігінің өсіп келе жатқан маңыздылығын және цифрлық трансформацияның әсерін зерттеуге бағытталған гипотезалар ұсынылған. Әлемнің әр түрлі физика оқу бағдарламаларынан сандық талдау мен сапалық кейс-зерттеулерді біріктіретін аралас тәсіл қолданылады. Физиканы оқытуда ғылыми-зерттеу іскерлігінің қазіргі жай-күйі тұрақты дағдыларды дамытуда міндеттер қоятын дәстүрлі әдістерге сүйенеді. Цифрлық трансформация виртуалды модельдеумен және іскерлікті меңгеру үшін қажетті тәжірибені қамтамасыз ететін бірлескен платформалармен перспективалық мүмкіндіктерді ұсынады. Салыстырмалы талдау ғылыми-зерттеу іскерлігін қалыптастырудағы дәстүрлі және сандық тәсілдер арасындағы елеулі айырмашылықтарды анықтады. Алынған нәтижелер жеке қажеттіліктерді ескере отырып, бейімделген оқытумен цифрлық параметрлерде белсенді және тәжірбелік оқыту жағына айтарлықтай ауысқанын көрсетеді. Алынған нәтижелер цифрлық тәсілдерге парадигмалық көшуге ауысудың физиканы оқытуда маңыздылығы бар екенін көрсетеді. Ұсынымдар цифрлық құралдарды тігіссіз интеграциялауды, педагогтардың үздіксіз кәсіби дамуын, инфрақұрылымды қолдауды қамтиды. Зерттеу оқыту әдістемелерін цифрлық трансформацияның артықшылықтарын өтеуге бейімдеудің, физиканы оқытудың инновациялық болып қалуын қамтамасыз етудің және студенттерді болашаққа дайындаудың маңыздылығын атап өту арқылы аяқталады. Болашақ зерттеулер цифрлық ортада зерттеу іскерлігін дамытуға әсер ететін жаңа технологиялар мен әлеуметтік-экономикалық факторларды зерттеуі тиіс.

Түйін сөздер: зерттеу іскерлігі, физикалық білім беру, цифрлық трансформация, оқыту әдістері, зерттеу әдістері

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Сандибаева Н.А. – к.п.н., ассоциированный профессор, Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, 050000, Алматы, Казахстан
E-mail: nazira.s@mail.ru. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Ахметова Н.Ж. – докторант 2 – курса, Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, 050000, Алматы, Казахстан
E-mail: nazko86@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5306-927X;

Байымбетова Ж.С. – докторант 3 – курса, Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, 050000, Алматы, Казахстан
E-mail: baiymbetova.zhaudir@qyzpu.edu.kz.. ORCID: 0000-0002-3435-5489.

Аннотация. Данное исследование посвящено формированию исследовательских умений студентов в условиях цифровой трансформации преподавания физики. По мере того, как традиционные образовательные парадигмы развиваются вместе с передовыми технологиями, возникают вопросы о влиянии на развитие исследовательских навыков. В исследовании рассматривается современное состояние исследовательских навыков в физическом образовании, подчеркивается трансформационное воздействие цифровых инструментов. Обзор литературы устанавливает основополагающую роль исследовательских навыков, подчеркивая их многомерный характер. Цифровая трансформация в физическом образовании, характеризующаяся виртуальными лабораториями и совместными онлайн-пространствами, демократизирует доступ к информации и способствует сотрудничеству. Тем не менее, проблемы, связанные с цифровой грамотностью и справедливым доступом, требуют тщательного рассмотрения. Проведен обзор нескольких исследований, в которых подчеркивается положительная корреляция между цифровой средой обучения и улучшением исследовательских навыков. Тем не менее, критический взгляд подчеркивает важность педагогических стратегий для эффективного использования цифровых инструментов. В исследовании представлены гипотезы, направленные на изучение растущего значения исследовательских навыков в физическом образовании и влияния цифровой трансформации. Используется смешанный подход, сочетающий количественный анализ и качественные тематические исследования из различных программ обучения физике по всему миру.

Нынешнее состояние исследовательских навыков в преподавании физики в значительной степени зависит от традиционных методов, что создает проблемы в развитии устойчивых навыков. Цифровая трансформация открывает многообещающие возможности благодаря виртуальным симуляциям и платформам для совместной работы, обеспечивающим практический опыт, необходимый для приобретения навыков. Сравнительный анализ выявил существенные различия между традиционным и цифровым подходами в формировании исследовательских навыков. Результаты свидетельствуют о заметном сдвиге в сторону активного и экспериментального обучения в цифровых условиях, при этом адаптивное обучение учитывает индивидуальные потребности. Полученные результаты имеют значение для физического образования, призывая к смене парадигмы в сторону цифровых подходов. Рекомендации включают бесшовную интеграцию цифровых инструментов, непрерывное профессиональное развитие преподавателей и вспомогательную инфраструктуру. В заключении исследования подчеркивается важность адаптации методик преподавания для использования преимуществ цифровой трансформации, обеспечения того, чтобы физическое образование оставалось инновационным и готовило учащихся к будущему. Будущие исследования должны углубляться в новые технологии и социально-экономические факторы, влияющие на развитие исследовательских навыков в цифровой среде.

Ключевые слова: исследовательские навыки, физическое образование, цифровая трансформация, методы обучения, исследовательское обучение

Introduction

The introduction sets the stage for investigating the formation of students' research skills during the digital transformation of physics teaching. Research skills are pivotal in fostering critical thinking and inquiry-based learning, particularly in the domain of physics education. As educational landscapes undergo a significant shift due to digital transformation, teaching methods are evolving to incorporate advanced technologies. This shift raises important questions about how students' research skills are being influenced in this changing educational environment. Understanding the impact of digital transformation on research skill formation is crucial for educators, institutions, and policymakers seeking to optimize teaching methods. This research aims to delve into the current state of research skills in physics education, emphasizing the transformative effects of digital tools and resources. By exploring the intersection of traditional teaching methods and digitalized approaches, this study seeks to identify challenges and opportunities for enhancing research skill development. Investigating the significance of students' research skill formation in the context of digital transformation will contribute valuable insights to educators and policymakers navigating the evolving landscape of physics education.

Literature Review

According to (Lamb et al, 2017), research skills play a foundational role in academic settings, fostering intellectual growth, analytical thinking, and problem-solving abilities. In the context of physics education, the acquisition of research skills is instrumental for students to navigate complex scientific inquiries. These skills encompass the ability to formulate research questions, gather and evaluate information, and communicate findings effectively. In academic settings, research skills are widely recognized as a cornerstone of higher education, contributing to the development of a well-rounded and intellectually curious individual (Lombardi et al., 2021). Within the academic realm, the emphasis on research skills aligns with broader educational goals focused on preparing students for lifelong learning and informed citizenship. The literature underscores the multidimensional nature of research skills, encompassing information literacy, critical thinking, and the application of knowledge to real-world challenges. As physics education undergoes a digital transformation, the traditional paradigms of imparting research skills are evolving (Mohammed Hashim et al., 2021).

Digital Transformation in Physics Education

The digital transformation in physics education signifies a paradigm shift in instructional methodologies, driven by the integration of advanced technologies. According to Castro, (2019), in recent years, educational institutions have witnessed a substantial infusion of digital tools, online resources, and interactive platforms designed to enhance the learning experience. This section explores the evolving landscape of physics education in the context of digital transformation. As noted by (Anderson & Rivera Vargas, 2020), the incorporation of digital technologies in education has the potential to revolutionize traditional teaching methods. In physics education, this transformation manifests in various forms, including virtual laboratories, simulations, and collaborative online spaces (Nungu et al., 2023). These innovations aim not only to augment content delivery but also to cultivate a dynamic and interactive learning environment conducive to research skill development.

The advent of digital resources has democratized access to information, enabling physics students to engage with a wealth of data and scholarly material (Williamson, 2017). This accessibility aligns with the overarching goal of fostering information literacy – a crucial component of research skills. The digital era equips students with the ability to navigate online databases, critically evaluate information, and synthesize knowledge, empowering them as active participants in the research process (Pramesworo et al., 2023). Furthermore, the integration of digital platforms facilitates collaborative research experiences. Virtual collaborations, online forums, and shared document spaces create avenues for students to collectively explore research questions and share insights. This collaborative aspect not only mirrors the collaborative nature of scientific inquiry but also nurtures teamwork and communication skills.

However, challenges related to digital literacy and equitable access need careful consideration. As highlighted by Clark and Mayer (2023), the effectiveness of digital tools depends on students' proficiency in utilizing these resources. Additionally, ensuring that all students, regardless of socioeconomic background, have equitable access to digital learning tools is imperative for a fair and inclusive educational environment. The digital transformation in physics education is reshaping traditional teaching paradigms, offering new possibilities for research skill development (Biyalova et al., 2020). The integration of digital resources fosters a dynamic and collaborative learning environment, empowering students with the skills essential for navigating the complexities of modern research.

Previous Studies

Numerous studies have delved into the intersection of digitalized learning environments and the development of research skills among students. Understanding the findings of these studies is crucial for discerning the impact and nuances of digital tools on research skill acquisition. Research by Pylvas (2018) emphasizes the positive correlation between digitalized learning environments and enhanced research skills. The study, conducted across multiple disciplines, identified that students exposed to digital resources demonstrated increased proficiency in conducting literature reviews, synthesizing information, and presenting research findings. This underscores the transformative potential of digital tools in cultivating foundational research competencies. Contrastingly, a critical perspective is presented by Turnbull et al. (2023), who argue that the mere presence of digital technologies does not guarantee improved research skills. The study suggests that the effectiveness of digitalized learning environments depends on the pedagogical strategies employed. It stresses the importance of educators guiding students in the strategic use of digital tools, emphasizing critical thinking and information evaluation.

Moreover, the work of Rodriguez-Garcia (2022) highlights the role of online collaborative platforms in nurturing research skills. The study found that students engaging in collaborative online projects not only developed a deeper understanding of their research topics but also honed skills in communication, teamwork, and project management. This aligns with the notion that digital platforms, when utilized thoughtfully, contribute not only to individual skill development but also to the broader spectrum of competencies crucial for future researchers. While these studies offer valuable insights, it is essential to recognize the evolving nature of digital technologies. As noted by Vindrola-Padros & Johnson (2020), the landscape of digital tools is continually expanding, necessitating ongoing research to assess their impact on research skill development.

Objectives and Hypotheses

This study aims to investigate the formation of research skills among students in physics education within the context of ongoing digital transformation. The hypotheses guiding the research are as follows:

H1: Research skills in physics education are experiencing growing significance.

H2: The ongoing digital transformation significantly influences the acquisition of research skills among physics students.

H3: There are identifiable challenges and opportunities within the digitalized learning environment that impact the formation of research skills.

H4: The relevance of research skills is becoming more pronounced in the overall academic and professional success of physics students.

H5: Educators are adapting pedagogical strategies to effectively integrate digital tools for enhancing research skill development in physics education.

Methods and Materials

The study employs a mixed-methods approach, combining quantitative analysis of teaching approaches and assessment of digital tools with qualitative case studies and examples from various physics education programs (Camilli Trujillo et al., 2022). This comprehensive methodology allows for a nuanced exploration of the subject. The research involves an in-depth analysis of teaching approaches employed in physics education, focusing on how educators integrate digital tools and resources to enhance research skill development among students. A critical assessment of the effectiveness of various digital tools and resources in facilitating research skill acquisition is also conducted. This includes an evaluation of software, online platforms, and virtual laboratories used in physics education. The study incorporates case studies and examples from diverse physics education programs globally, providing a comparative analysis of how digital transformation impacts research skill formation in different educational contexts. Additionally a selection of educational institutions actively implementing digital transformation in physics education serves as crucial sources of data (Camilli Trujillo et al., 2022). These institutions offer valuable perspectives on the challenges and successes associated with integrating digital tools. A comprehensive review of published research on physics education and the use of digital tools supplements the primary data collection, providing a broader understanding of existing trends, innovations, and challenges. This robust methodological framework ensures a comprehensive exploration of the impact of digital transformation on research skill formation in physics education.

Current State of Research Skills in Physics Teaching

The current landscape of research skills in physics teaching predominantly relies on traditional methods, marked by lectures, textbooks, and laboratory sessions. Kirya et al., (2021) extensively documented the prevalence of these established pedagogies, which often prioritize theoretical concepts and offer limited opportunities for hands-on research skill development (Kirya et al, 2021). However, this conventional approach faces persistent challenges in fostering robust research skills. Issues such as limited access to advanced equipment, outdated educational materials, and a lack of interactive platforms hinder the development of critical skills

(Qussem et al., 2021). These challenges underscore the urgent need for innovative approaches that transcend the constraints of traditional teaching methods.

The advent of digital transformation introduces promising opportunities for overcoming these challenges. Virtual simulations and online labs, for instance, provide avenues for practical experimentation, offering solutions to the limitations of physical laboratories (Agustian et al, 2022). Collaborative online platforms also contribute to the creation of interactive learning environments, nurturing essential research skills such as critical thinking and problem-solving (El Hajj & Harb., 2023). The current state of research skills in physics teaching is characterized by a reliance on traditional methods, accompanied by persistent challenges that hinder skill development. However, the transformative potential of digitalization offers opportunities to address these challenges and create dynamic learning environments conducive to research skill acquisition.

Comparative Analysis

The comparative analysis of traditional physics teaching and digitalized approaches unveils profound differences in shaping students' research skills. Traditional methods, often characterized by lecture-based instruction, tend to foster passive learning environments, limiting student engagement and active participation in research activities (Lombardi et al., 2021). On the contrary, digitalized approaches leverage interactive technologies, creating dynamic and student-centered learning environments (Lombardi et al., 2021). Effective research skill development in physics students goes beyond theoretical knowledge, emphasizing practical application. Digital tools facilitate simulations, virtual experiments, and collaborative projects, providing students with hands-on experiences crucial for skill acquisition (Yeung et al, 2021). Instant feedback and adaptive learning in digital platforms contribute to personalized skill development, addressing individual learning needs (Lombardi et al., 2021). Case studies exemplify the transformative impact of digitalization on research skill development. Leading institutions such as MIT and Stanford have successfully integrated online labs and virtual simulations into their physics education programs, resulting in improved student outcomes (Yeung et al, 2021). These cases highlight the scalability and effectiveness of digital approaches in diverse educational settings.

Results and Findings

The results and findings of the investigation into research skill development in the digitalized physics teaching environment reveal distinctive characteristics when compared to traditional methods. The comparative analysis indicates a notable shift towards active and experiential learning in digitalized settings. Students exposed to digital tools and resources demonstrate higher engagement levels, reflecting positively on their research skill acquisition. Trends in research skill development within the digitalized physics teaching environment highlight the impact of immersive technologies. Virtual laboratories, interactive simulations,

and collaborative online platforms contribute significantly to skill enhancement. The ability to manipulate digital data, conduct virtual experiments, and engage in real-time problem-solving aligns with the evolving demands of contemporary research practices. Furthermore, the findings emphasize the role of adaptive learning in tailoring experiences to individual student needs. Digital platforms offering personalized feedback and assessment contribute to more effective skill development (Lombardi et al., 2021). This adaptability addresses diverse learning styles and paces, ensuring a comprehensive and inclusive approach to research skill formation.

Discussion

The findings have significant implications for the realm of physics education. Traditional teaching methods, fraught with challenges in cultivating research skills, necessitate a paradigm shift towards digitalized approaches. This shift not only addresses the limitations of conventional methods but also opens new avenues for optimizing research skill formation. Strategies for enhancing research skill formation should prioritize the seamless integration of digital tools and resources. Embracing technologies such as virtual laboratories, simulations, and collaborative platforms enables a more immersive and interactive learning experience. Educators need to strategize and implement these tools effectively, considering factors such as faculty development, infrastructure, and ongoing support systems (Agustiian et al., 2022). The integration of digital tools and resources is pivotal for achieving optimal results in research skill development. The transformative potential of digitalized physics teaching in research skill development cannot be understated. Recommendations for enhancing research skill formation should be directed towards both educators and policymakers, emphasizing actionable steps to facilitate the integration of digital tools into mainstream physics education (Yeung et al, 2021). This forward-looking approach ensures that physics education evolves in tandem with the opportunities presented by the digital transformation.

Conclusion

In summary, this study sheds light on the crucial interplay between digital transformation and research skill formation in physics education. The comparative analysis revealed distinct advantages offered by digitalized approaches over traditional teaching methods. Challenges in research skill development were identified in the traditional setting, while the digital transformation presented unique opportunities for overcoming these challenges. To enhance research skill formation in physics students, recommendations include the comprehensive integration of digital tools, ongoing professional development for educators, and the establishment of a supportive infrastructure. Educators should be encouraged to adopt innovative teaching methods that leverage digital resources, fostering an environment conducive to robust research skill acquisition. Looking ahead, future research in physics education should delve deeper into the evolving landscape

of digital transformation. Exploring emerging technologies, assessing long-term impacts, and investigating the scalability of successful models will be paramount. Additionally, understanding the role of socio-economic factors and cultural contexts in shaping research skill development in a digitalized environment warrants further exploration. As the education landscape continues to evolve, this study underscores the importance of adapting teaching methodologies to harness the benefits of digital transformation, ensuring that physics education remains at the forefront of innovation and prepares students for the challenges of the future.

REFERENCES

Agustian H.Y., Finne L.T., Jørgensen J.T., Pedersen M.I., Christiansen F.V., Gammelgaard B. & Nielsen J.A. (2022). Learning outcomes of university chemistry teaching in laboratories: A systematic review of empirical literature. *Review of Education*, — 10(2), e3360. — <https://doi.org/10.1002/rev3.3360>

Anderson T. & Rivera Vargas P. (2020). A critical look at educational technology from a distance education perspective. *Digital Education Review*, —2020, — №. 37, — Pp. 208-229. — <http://hdl.handle.net/2445/172738>

Bilyalova A.A., Salimova D.A. & Zelenina T.I. (2020). Digital transformation in education. In *Integrated Science in Digital Age: ICIS 2019* (pp. 265-276). Springer International Publishing. — <https://www.sciencedaily.com/releases/2011/01/110119095458.htm>

Camilli Trujillo C., Cuervo Calvo L., García Gil D. & Bonastre Valles C. (2022). Mixed methods research in service-learning: an integrative systematic review. *Quality & Quantity*, 56(4), —2361-2386. — <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01218-3>

Castro R. (2019). Blended learning in higher education: Trends and capabilities. *Education and Information Technologies*, — 24(4), — 2523-2546. — <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09886-3>

Clark R.C. & Mayer R.E. (2023). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. John Wiley & Sons.

El Hajj M. & Harb H. (2023). Rethinking Education: An In-Depth Examination of Modern Technologies and Pedagogic Recommendations. *IAFOR Journal of Education*, 11(2).

Kirya K.R., Mashood K.K. & Yadav L.L. (2021). Review of Research in Student Conception Studies and Concept Inventories: Exploring PER Threads Relevant to Ugandan Context. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, — 17(1), — 37-60. — <https://doi.org/10.4314/ajesms.v17i1.3>

Lamb S., Maire Q. & Doecke E. (2017). Key skills for the 21st century: An evidence-based review. — <https://vuir.vu.edu.au/35865/1/Key-Skills-for-the-21st-Century-Analytical-Report.pdf>

Lombardi D., Shipley T.F., & Astronomy Team, Biology Team, Chemistry Team, Engineering Team, Geography Team, Geoscience Team, and Physics Team. (2021). The curious construct of active learning. *Psychological Science in the Public Interest*, — 22(1), — 8-43. — <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>

Mohamed Hashim M.A., Tlemsani I. & Matthews R. (2021). Higher education strategy in digital transformation. *Education and Information Technologies*, — 1-25. — <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-021-10739-1>

Nungu L., Mukama E. & Nsabayeze E. (2023). Online collaborative learning and cognitive presence in mathematics and science education. Case study of university of Rwanda, college of education. *Education and Information Technologies*, — 1-20. — <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11607-w>

Pramesworo I.S., Fathurochman I., Sembiring D., Bangkara B.A., & Sudrajat D. (2023). Relevance between Blended Learning and Students' Independent Learning Curriculum: An Overview of Digital Age Education, Student and Teacher Engagement, Technological Resources. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan di Bidang Pendidikan, Pengajaran*

dan Pembelajaran, — 9(3), —858-869. — <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jurnalkependidikan/article/view/8320>

Pylväs L. (2018). Development of vocational expertise and excellence in formal and informal learning environments. —<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-0664-9>

Qushem U.B., Christopoulos A., Oyelere S.S., Ogata H. & Laakso M.J. (2021). Multimodal technologies in precision education: Providing new opportunities or adding more challenges?. *Education sciences*, — 11(7), — 338. — <https://www.mdpi.com/2227-7102/11/7/338#>

Rodríguez-García A.M., Cardoso-Pulido M.J., De la Cruz-Campos J.C., & Martínez-Heredia N. (2022). Communicating and Collaborating with Others through Digital Competence: A Self-Perception Study Based on Teacher Trainees' Gender. *Education Sciences*, —12(8), —534. —<https://www.mdpi.com/2227-7102/12/8/534#>

Vindrola-Padros C. & Johnson G.A. (2020). Rapid techniques in qualitative research: a critical review of the literature. *Qualitative health research*, — 30(10), —1596-1604. — <https://doi.org/10.1177/1049732320921835>

Williamson B. (2017). Big data in education: The digital future of learning, policy and practice. *Big Data in Education*, —1-256. —<https://www.torrossa.com/en/resources/an/5017810>

Yeung K.L., Carpenter S.K., & Corral D. (2021). A comprehensive review of educational technology on objective learning outcomes in academic contexts. *Educational psychology review*, —1-48. —<https://doi.org/10.1007/s10648-020-09592-4>

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 инжекторной 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 D8 Advance 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.

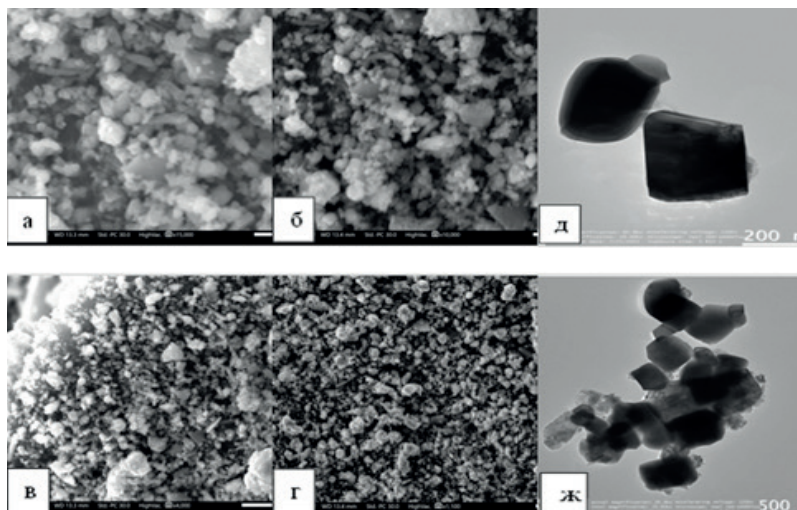


Рисунок 1 – Морфология образцов SrTiO_3 , полученные при различных увеличениях методами СЭМ (а,б,в,г) и ПЭМ (д, ж)

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.

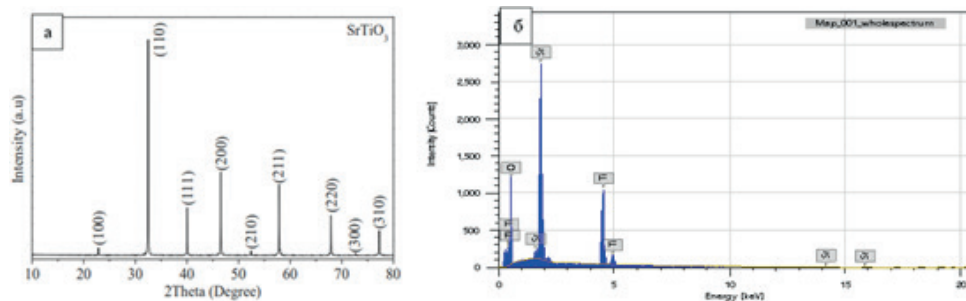


Рисунок 2 – Рентгеновские спектры синтезированного порошка SrTiO₃ – (а); энергодисперсионный рентгеновский спектр частиц SrTiO₃ – (б)

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.

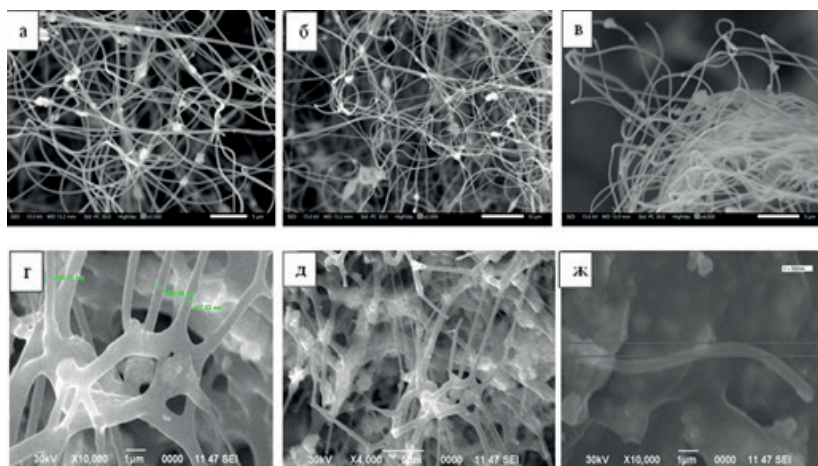


Рисунок 3 – СЭМ снимки полученных 1D фотокатализатора PAN/SrTiO₃ (а, б, в); после кальцинации (г,д,ж)

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>

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 127–135

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.248>

МРНТИ 41.23.17

УДК 524.31

© V. M. Tereschenko, 2023

Fesenkov Astrophysical Institute of MNDIAI, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: volter2307@mail.ru

ABSOLUTE ENERGY OF DISTRIBUTION IN THE SPECTRA OF 5 G-STARS POSSESSING PLANETS

Abstract. In this paper presents the energy distribution outside the earth's atmosphere for 5 G-stars with planets. The distribution is obtained for the visible region of the spectrum in the range $\lambda\lambda 340-660\text{nm}$ with a resolution of 5nm. Replenishment of the data bank of exoplanetary systems with the physical and observable parameters of parent stars will contribute to the construction of adequate models of their atmospheres and scenarios for the formation of planetary systems. Note that the spectral energy distribution is both an observable and a physical parameter of the star. The energy distribution in the spectra of the studied stars was obtained by the differential method. The primary standards were two stars of early spectral class, for which the energy distribution had been obtained earlier. The observations were made with the help of a 70-cm AZT-8 reflector at the observatory "Kamenskoye Plato". A CCD spectrograph with a toroidal diffraction grating was used for observations. The radiation receiver was the ATIK-490 CCD camera. In the reductions, the average value of the transparency coefficient for the place of observation is taken for absorption in the atmosphere. The reliability of the observational results obtained is estimated indirectly - by comparing the stellar magnitudes V and the color indicators B-V calculated from the energy distributions with the directly observed values. The obtained data on the distribution of energy in the spectra of parent stars can be used to determine the basic physical parameters of their atmospheres, as well as to standardize spectrophotometric observations of any cosmic bodies.

Keywords: parents stars, spectra, energy distribution, comparison with photometry

The present stage of the research is funded by the MDIAI of the Republic of Kazakhstan (program BR20280974 – «Program of fundamental astrophysical research in Kazakhstan: observations and theory»).

© В. М. Терещенко, 2023

«В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЖШС,

Алматы, Қазақстан.

E-mail: volter2307@mail.ru

ПЛАНЕТАЛАРЫ БАР, 5 G-ЖҮЛДЫЗДАРДЫҢ СПЕКТРЛЕРІНДЕГІ АБСОЛЮТТІ ЭНЕРГИЯНЫҢ ТАРАЛУЫ

Аннотация. Бұл жұмыста планеталары бар, 5 G- жұлдыздардың атмосферадан тыс энергияның таралуы ұсынылған. Энергияның таралуы 5нм айырумен 660нм аралығында спектрдің көрінерлік аймағы үшін алынған. Экзопланеталық жүйелердің ата-аналық жұлдыздарының физикалық және бақыланатын параметрлерінің мәліметтер базасының толығына байланысты планеталық жүйелердің атмосфераларының және жасалу сценарийін адекватты моделін құруға көмек болады. Байқап қарасақ, жұлдыздың спектрлік энергияның таралуы бір уақытта оның бақыланатын және физикалық параметрі болып табылады. Зерттелген жұлдыздардың спектрлеріндегі энергияның таралуы дифференциалдық әдіс арқылы алынды. Бұрын энергияның таралуы алынған, ерте спектрлік кластың екі жұлдызы алғашқы стандарт ретінде қолданылды. Бақылау «Каменко үстірті» обсерваториясында АЗТ-8 70-см рефлекторының көмегімен орындалды. Бақылау үшін тороидты дифракциялық торлы ЗБА-спектрографы қолданылды. Сәулелік қабылдағыш ретінде АТК-490 ЗБА-камерасы қызмет атқарды. Атмосфераның жұтылуын редуциялауға бақылау орны үшін мөлдірлік коэффициентінің орташа мәні алынды. Бақылаулардың алынған нәтижелерінің сенімділігі жанама түрде бағаланды - энергияның таралуынан есептелген V жұлдыздық шамаларды және B-V түс индекстерін тікелей бақыланатын мәндермен салыстыру арқылы. Ата-аналық жұлдыздардың спектрлеріндегі энергияның таралуы туралы алынған мәліметтер олардың атмосфераларының негізгі физикалық параметрлерін анықтауға, сондай-ақ кез келген ғарыштық денелердің спектрофотометриялық бақылауларын стандарттау үшін пайдалануға болады.

Түйін сөздер: жұлдыздар, спектрлер, энергияның таралуы, фотометрлік мәліметтермен салыстыру

Зерттеудің осы кезеңін ҚР ЦДИАӨМ қаржыландырады (BR20280974 бағдарламасы – «Қазақстандағы іргелі астрофизикалық зерттеулер бағдарламасы: бақылау және теория»).

© В.М. Терещенко, 2023

Астрофизический Институт им В.Г. Фесенкова МЦРИАП,

Алматы, Казахстан.

E-mail: volter2307@mail.ru

АБСОЛЮТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРАХ 5 G-ЗВЕЗД, ОБЛАДАЮЩИХ ПЛАНЕТАМИ

Аннотация. В работе представлено внеатмосферное распределение энергии для 5 G-звезд, обладающих планетами. Распределение получено для видимой области спектра в интервале $\lambda\lambda 340-660$ нм с разрешением 5 нм. Пополнение банка данных экзопланетных систем физическими и наблюдаемыми параметрами родительских звезд будет способствовать построению адекватных моделей их атмосфер и сценариев образования планетных систем. Заметим, что спектральное распределение энергии является одновременно и наблюдаемым и физическим параметром звезды. Распределение энергии в спектрах исследованных звезд получено дифференциальным методом. Первичными стандартами служили две звезды раннего спектрального класса, для которых распределение энергии было получено ранее. Наблюдения выполнены с помощью 70-см рефлектора АЗТ-8 в обсерватории «Каменское плато». Для наблюдений использовался ПЗС-спектрограф с тороидальной дифракционной решеткой. Приемником излучения служила ПЗС-камера АПК-490. В редукциях за поглощение в атмосфере взято среднее значение коэффициента прозрачности для места наблюдений. Достоверность полученных результатов наблюдений оценена косвенным образом - путем сравнения вычисленных из распределений энергии звездных величин V и показателей цвета $B-V$ с непосредственно наблюдаемыми значениями. Полученные данные о распределении энергии в спектрах родительских звезд можно использовать для определения основных физических параметров их атмосфер, а также для стандартизации спектрофотометрических наблюдений любых космических тел.

Ключевые слова: родительские звезды, спектры, распределение энергии, сравнение с фотометрией

Настоящий этап исследования финансируется МЦРИАП РК (программа BR20280974 – «Программа фундаментальных астрофизических исследований в Казахстане: наблюдения и теория»).

Введение

Согласно сайту европейской виртуальной обсерватории (vo.exoplanet.eu@obspm.fr) на начало 2023 года обнаружено более 5000 внесолнечных планет (экзопланет). В целом качественная картина их образования (сценарий) уже сложилась, однако, ввиду большого разнообразия экзопланетных систем

и сложности протекающих в них процессов, вопрос об их формировании еще далек от решения. Для построения адекватных сценариев и моделей таких систем требуются максимально полная информация о физических характеристиках самих планет (масса, размер, плотность, состав атмосферы и др.), их родительских звездах (масса, температура, возраст, металличность и т.д.), а также о параметрах орбит планет (эксцентриситет, большая полуось) (Zasov, Postnov, 2006; Kholshchevnikov, 2007; Santos, Israelian, 2003). Цель настоящей работы: пополнить создаваемый банк данных об экзопланетных системах сведениями об абсолютном распределении энергии в спектрах родительских звезд. По сути, она является продолжением нашей работы (Tereschenko, 2005), в которой представлено распределение энергии для 9 родительских звезд различных спектральных классов. Первоначальной целью этой работы была попытка обнаружить различия в распределениях энергии в спектрах родительских звезд и их спектральными аналогами для звезд без планет. Однако, дисперсия кривых распределений энергии для «обычных» звезд даже одного и того же спектрального подкласса оказалась больше искомым различий (Knyazeva, Kharitonov, 1994). Аналогичная ситуация и для фотометрических данных. Заметим, что отсутствие заметных различий между кривыми распределения энергии для «обычных» и родительских звезд является важным эмпирическим фактом при построении сценариев и моделей формирования планетных систем.

Для исследования были выбраны звезды главной последовательности спектральных классов G0V - G5V, то есть, подобные Солнцу. Список и характеристики исследованных звезд приведены в таблице 1. В таблице приведены номера звезд по каталогу HD, координаты на 2000г, значения параллакса, звездные величины V и показатели цвета B - V, а также спектральные классы Sp. Спектральные классы из разных источников различаются на один-два подкласса.

Таблица 1

Список и характеристики исследованных звезд

№ п/п	HD	RA ₂₀₀₀	DA ₂₀₀₀	π , mas	V	B-V	Sp
1	2	3	4	5	6	7	8
1	32963	5 ^h 07 ^m 55 ^s	26°19′	27.43	7.59 ^m	0.63 ^m	G5IV
2	38858	5 48 34	-4 05 40	65.63	5.97	0.64	G2V
3	52265	7 00 18	-5 22 01	33.56	6.30	0.536	G0V
4	197037	20 39 33	42 14 55	30.01	6.813	0.50	G0
5	220773	23 26 27	8 38 37	20.03	7.10	0.608	G0

Аппаратура, методика наблюдений и их обработки. Наблюдения выполнены на 70-см рефлекторе АЗТ-8 (D : F = 1 : 16)), расположенном на Каменском плато (h = 1400м над у. м.). Использовался безщелевой дифракционный спектрограф низкого разрешения, изготовленный специально для абсолютных наблюдений (Hayes, 1985). Диспергирующим элементом в

нем служит тороидальная дифракционная решетка, а приемником излучения - ПЗС-камера АТІК-490. Все наблюдения выполнены методом равных высот. В редуциях за атмосферу использовалось среднее значение коэффициента прозрачности для места наблюдения. Каждая звезда наблюдалась от 2 до 4 раз в разные ночи, использовавшиеся стандарты и число наблюдений с ними приведены в таблице 2. В качестве первичных стандартов мы использовали 2 звезды: HD 9716 (7.43, A0V) и HD 36117 (7.99, A0V), для которых распределение энергии было получено нами ранее (Tereschenko, Shamro, 2016). Энергетическая шкала первичных стандартов основана на распределении энергии в спектре основного спектрофотометрического стандарта Веги, которое выведено Д. Хейссом (Tereschenko, 2002). Обработка кадров спектров выполнена в пакете «MaxIm DL-6». При обработке кадров учитывался темновой ток («дарки») и фон неба. Заранее была сделана разбивка спектрограммы, т.е. группирование пикселей, на 50-ангстремные интервалы. Для программных звезд метод обработки спектрограмм сводился к суммированию отсчетов в 50-ангстремных интервалах. Более сложным является измерение регистрограмм первичных стандартов. В районе спектральных линий точность данных существенно ниже, чем в континууме. Это справедливо как для приводимых в каталогах значений $E(\lambda)$, так и для измеряемых на спектрограммах или регистрограммах отсчетов $I(\lambda)$. По этой причине мы решили использовать в редуциях для стандартов интерполированные данные в месте нахождения бальмеровских линий. Графическая интерполяция выполнена «вручную». На рисунках 1 и 2 представлены регистрограммы программной звезды HD32963 (7.59^m, G5V) и звезды - стандарта HD 9716 (7.43, A0V).

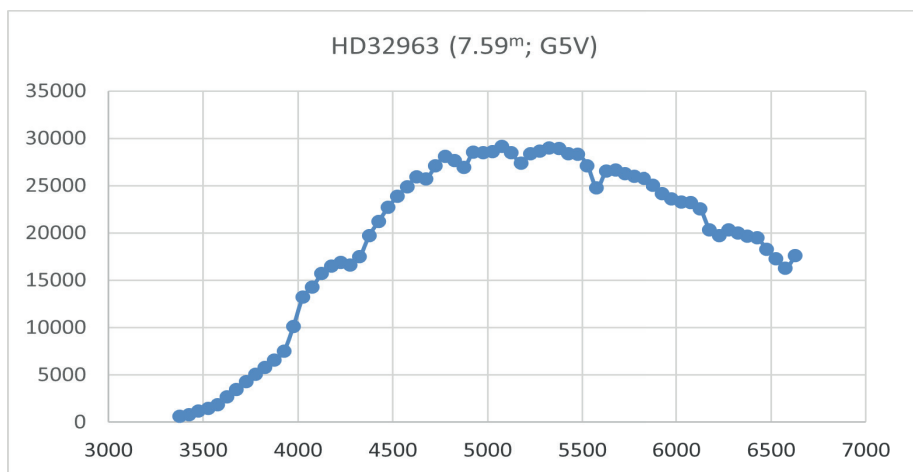


Рисунок 1. Регистрограмма звезды HD32963 (7.59^m; G5V).

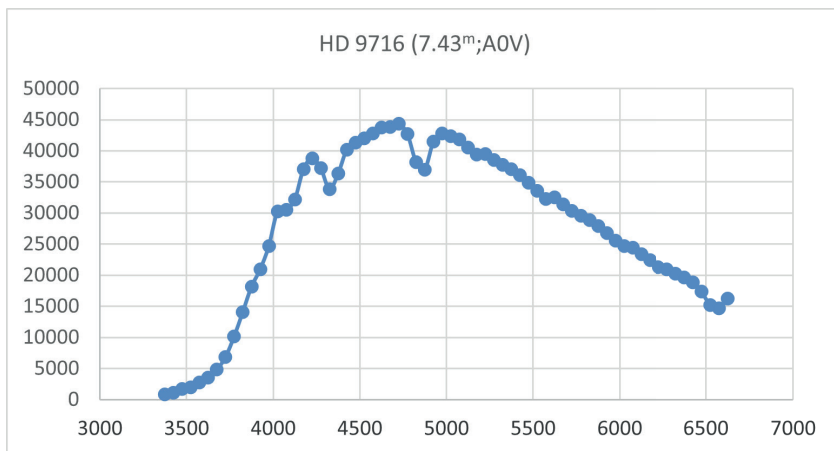


Рисунок 2. Регистрограмма звезды-стандарта HD9716 (7.43^m;A0V).

Так как первичные стандарты принадлежат к ранним спектральным классам, то интерполяция их регистрограмм проводится достаточно уверенно и однозначно. Аналогичная интерполяция была сделана и для каталожных кривых $E_{st}(\lambda)$. Интерполированные для первичных стандартов данные $E_{st}(\lambda)$ и отсчеты $I_{st}(\lambda)$ использовались в формуле (1). В принципе интерполяцию можно было осуществлять «машинным» способом, но мы предпочли «ручной», который намного более трудоемкий, но, как показал опыт, более достоверный. Репером при разбивке спектрограмм на 50-ангстемные интервалы для стандартов служила линия H β , а для G-звезд – бленда Mg5175 (полоса b). Численные редукиции за поглощение в атмосфере и за разные экспозиции выполнены по общепринятой формуле дифференциальной спектрофотометрии:

$$E^*(\lambda) = E_{st}(\lambda) \times [I^*(\lambda) / I_{st}(\lambda)] \times [\tau_{st} / \tau^*] \times p_{aver}(\lambda)^{-\Delta M}, \quad (1)$$

где $E^*(\lambda)$ и $E_{st}(\lambda)$ – внеатмосферные значения спектральных плотностей энергетических освещенностей, создаваемых звездой и стандартом;

$I^*(\lambda)$ и $I_{st}(\lambda)$ - усредненные в интервале 5нм отсчеты на звезду и стандарт;

τ_{st} и τ^* - длительность экспозиций на стандарт и звезду;

$p_{aver}(\lambda)$ – среднее значение коэффициента прозрачности в заданной длине волны;

$\Delta M = M^* - M_{st}$ - разность воздушных масс между звездой и стандартом в момент их наблюдений.

Результаты наблюдений – внеатмосферное распределение энергии в спектрах звезд в интервале 3400-6600Å представлены в таблице 2. В первом столбце приведена длина волны в ангстремах для центров интервалов усреднения. В первой строке таблицы приводится номер исследуемой звезды по каталогу HD, во второй строке – номер HD стандарта и число наблюдений с ним.

Таблица 2

Распределение энергии в спектрах исследованных звезд, единицы $[10^{-7}w, m^{-1}]$

HD звезды	32963	38858	52265	197037	220773
HD стандарт	9716-2	36117-3	36117-2	9716-2	9716-4
λ, A	E	E	E	E	E
3425	251	798	715	509	321
3475	216	815	683	394	319
3525	212	796	650	396	320
3575	196	810	699	400	307
3625	221	827	695	440	339
3675	218	798	742	425	329
3725	201	788	727	417	310
3775	191	817	729	413	292
3825	187	829	741	454	313
3875	212	914	805	516	352
3925	220	945	789	506	366
3975	287	1137	939	573	473
4025	363	1474	1243	684	588
4075	382	1497	1250	712	583
4125	379	1542	1273	696	580
4175	366	1510	1280	705	573
4225	356	1453	1237	690	571
4275	337	1391	1192	667	539
4325	343	1375	1163	649	531
4375	367	1463	1230	652	571
4425	385	1532	1282	688	594
4475	407	1599	1310	699	613
4525	417	1637	1326	706	621
4575	415	1636	1314	704	618
4625	422	1654	1313	720	632
4675	414	1649	1303	721	620
4725	409	1651	1312	700	620
4775	412	1689	1368	692	641
4825	400	1628	1295	680	621
4875	388	1565	1233	656	603
4925	399	1586	1232	659	599
4975	395	1604	1230	680	595
5025	390	1572	1210	678	591
5075	396	1602	1233	672	597
5125	386	1574	1223	675	583
5175	376	1503	1159	664	566
5225	384	1534	1176	651	576
5275	386	1547	1180	645	571
5325	392	1558	1188	649	571
5375	388	1577	1210	650	573
5425	385	1576	1218	650	569
5475	388	1572	1171	647	571

5525	382	1561	1128	648	569
5575	379	1548	1128	659	566
5625	376	1494	1128	606	579
5675	386	1523	1132	614	569
5725	381	1542	1168	622	555
5775	382	1513	1120	625	559
5825	383	1503	1110	626	568
5875	376	1483	1085	625	558
5925	377	1478	1091	619	549
5975	370	1476	1085	613	545
6025	377	1464	1077	615	540
6075	364	1467	1066	585	526
6125	352	1446	1031	599	526
6175	351	1448	1016	609	512
6225	341	1395	1026	564	504
6275	341	1387	1008	533	504
6325	339	1381	993	551	498
6375	334	1377	993	546	488
6425	326	1374	976	543	481
6475	329	1365	969	536	469
6525	315	1336	919	514	445
6575	315	1320	909	500	436
6625	312	1283	384	-	-

Сравнения наблюдаемых и вычисленных значений V и $B-V$. Данные о внеатмосферном распределении энергии в спектрах исследованных звезд получены впервые. Оценить их достоверность можно только косвенно – путем сравнения вычисленных из полученных распределений энергии звездных величин и показателей цвета в избранной фотометрической системе с непосредственно наблюдаемыми значениями. Этот метод наиболее полно был разработан В. Страйжисом (Straijys, 1977) и неоднократно использовался нами и другими исследователями (Mironov, 2008; Burnashev, Burnasheva, 2016) ранее. Необходимые константы были вычислены по распределению энергии в спектре звезды HD221525. Результаты таких вычислений и сравнений представлены в таблице 3. Невязки δV и $\delta(B - V)$ в среднем получились в пределах точности фотометрических наблюдений.

Таблица 3

Результаты сравнения наблюдаемых и вычисленных значений V и $B-V$

HD	Vobs	δV	(B-V)obs	$\delta(B-V)$
32963	7.59 ^m	-0.11	0.63 ^m	0.04 ^m
38858	5.97	0.00	0.64	0.02
52265	6.30	-0.02	0.54	0.06
197037	6.813	0.11	0.61	-0.03
220773	7.10	-0.05	0.62	0.00

Заметим, что, к сожалению, почти половина результатов наблюдений были выброшена из-за больших невязок (ошибок). Трудно однозначно указать их причину. Здесь могли сказаться нестабильность, как аппаратуры, так и прозрачности атмосферы во время наблюдений.

Заключение

Мы пополнили создаваемый банк данных экзопланетных систем (Schneider, 2011). данными о распределении энергии в спектрах 5 родительских G-звезд. Они могут быть использованы при построении моделей атмосфер родительских звезд и планетных систем, а также в качестве стандартов при спектрофотометрических наблюдениях самых разных объектов.

Выражаю искреннюю благодарность Бобряшовой Т.А. за огромную помощь в обработке спектрограмм и при выполнении численных редуций.

REFERENCES

- vo.exoplanet.eu@obspm.fr
- Zasov A.V., Postnov K.A. (2006) General astrophysics. Vek 2. Fryazino, Russia. — 496 p. — ISBN 85099-169-7 (in Russ.)
- 5-Kholshchevnikov K.V. Methods of discoveries and statistics of the extrasolar planets. In book: 6-V. Orlov, V.P. Reshetnikov, N.Ya. Sotnikova (eds.) Astronomy: traditions, present, future. (2007). SPbU. SPb. Russia. — 408 p. — ISBN 5-9651-0208-9 (in Russ.)
- 7-N.C. Santos, G. Israelian, M. Mayor, R. Rebolo, and S. Udry. (2003), Statistical properties of exoplanets.II. Metallicity, orbital hfrimeters, and space velocities. AAp. —V.398, — Pp. 363-376, —DOI: 10.1051/0004-6361: 20021637
- Tereschenko V.M. (2005) Spectrophotometry of the 9 stars with planets. Astron. Astrophys. Trans., —v 24, —Nu. 4 — Pp.327-333, — <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29366591>
- Knyazeva L.N., Kharitonov A.V. (1994) On an adopted energy distribution in stellar spectra: main-sequence stars of the G type. . Astron. Zhurn. — vol. 71, —No.3. —Pp. 458 - 462. (in Russ.)
- Hayes D.S. (1985) Stellar absolute fluxes and energy distributions from 0.32 to 4.0 mk. In Calibration of Fundamental Stellar Quantities. IAU Symp. 111, eds. D.S. Hayes, L.E. Pasinetti, and A.G. Davis Philipp. Dordrecht. Reidel Publ. Comp. —Pp. 225 - 252.
- Tereschenko V.M., Shamro A.V. (2016) Spectrograph for absolute measurements. Scheme and construction of the optic-mechanic bloke. News NAN RK, physico-mathematical ser.], — 4: — 152 – 159 (in Russ.)
- Tereschenko V.M. (2002) Equatorial spectrophotometric standards intermediate brightness [Astronomical Journal RAN], —v. 79, —Pp. 249–255; (in Russ.)
10. Straijys V. (1977) Multicolor photometry of stars, Mokslas, Vilnius: —312 p. (in Russ.)
- Mironov A.V. (2008) Basics of photometry, Fizmatlit, Moscow: —260 p. —ISBN 978-59221-0935-2 (in Russ.)
- Burnashev V.I., Burnasheva B.A. (2016) Photometry and spectrophotometry of stars and galaxies, Antikva, Simferopol: —192 p. (in Russ.)
- J. Schneider C. Dedieu, P.Le.Sidaner R. Savalle and I. Zolotukhin. (2011). Defining and cataloging exoplanets: The exoplanet.eu database. AAp, — v.532. — Pp. 79-89. — <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201116713>

CHEMISTRY

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 136–147

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.249>

УДК 541.182:553.611

ГРНТИ 31.15.37

© A. Assanov, S.A. Mameshova*, A.A. Assanov, 2023

Taraz Regional University named after M.D. Dulati, Taraz, Kazakhstan.

E-mail: saya8383@mail.ru

FEATURES OF HYDRODISPERSION OF CLAY USED TO CONSERVE WATER RESOURCES

Assanov Amankait — Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, Professor,
Taraz, Kazakhstan

E-mail: asanovamankait@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>;

Mameshova Sayat Alisherievna — Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, senior
lecture, Taraz, Kazakhstan

E-mail: saya8383@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>;

Assanov Akylbek Amankaitovich — Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, Director
of the center of information and communication technologies, Taraz, Kazakhstan

E-mail: aa.assanov@dulaty.kz.

Abstract. The study of the physical, colloidal and chemical properties of natural bentonite clays from various deposits of Kazakhstan, including the Southern, Southwestern and East Kazakhstan regions, is a current area of scientific research in the field of environmental safety. This article discusses the scientific basis for the development of new highly efficient sorbents based on clay minerals in Kazakhstan for wastewater treatment. Analysis of the infrared spectrum of clay revealed characteristic absorption bands associated with vibrations of atoms and groups of atoms in its structure. The results of the study confirmed the presence of montmorillonite in clay samples, and its amount in the sample from the Tagana deposit was higher than in other samples. Electron microscopic studies confirmed the presence of particles of different sizes in the clay, which indicates its morphological features. The electrokinetic potential of using clay as bentonite in various sectors of the national economy, including water purification, is discussed. The results obtained may contribute to the development of more efficient methods of wastewater treatment and conservation of natural resources.

Keywords: clay, bentonite, montmorillonite, hydrodispersion, waste water

© А. Асанов, С.А. Мамешова*, А.А. Асанов, 2023

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан.

E-mail: saya8383@mail.ru

СУ РЕСУРСТАРЫН САҚТАУДА ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН САЗДЫ ГИДРОДИСПЕРСИЯНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аннотация. Қазақстанның әртүрлі кен орындарының, соның ішінде Оңтүстік, Оңтүстік-Батыс және Шығыс Қазақстан облыстарының табиғи бентонит саздарының физикалық, коллоидтық және химиялық қасиеттерін зерттеу экологиялық қауіпсіздік саласындағы ғылыми зерттеулердің өзекті бағыты болып табылады. Бұл мақалада ағынды суларды тазарту үшін Қазақстанда өндірілетін саз минералдары негізінде жаңа жоғары тиімді сорбенттер жасаудың ғылыми негіздері қарастырылады. Саздың инфрақызыл спектрін талдау оның құрылымындағы атомдар мен атомдар топтарының тербелістеріне байланысты жұтылу жолақтары анықталды. Зерттеу нәтижелері саз үлгілері құрамында монтмориллониттің барын растады және оның Таған кенорыны үлгісіндегі мөлшері басқа үлгілерге қарағанда жоғары екендігіне көз жеткізілді. Электрондық микроскопиялық зерттеулер негізінде саз үлгілерінің бөлшектерінің өлшемдері әртүрлі болатындығына көз жеткізілді, бұл оның морфологиялық ерекшеліктерін айқындайды. Сонымен қатар мақалада бентониттің халық шаруашылығының әртүрлі салаларында, соның ішінде суды тазартуда пайдалану мүмкіндіктері талқыланады. Алынған нәтижелер ағынды суларды тазартудың және табиғи ресурстарды сақтаудың тиімді әдістерін әзірлеуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: сазды минерал, бентонит, монтмориллонит, гидродисперсия, ағынды су

© А. Асанов, С.А. Мамешова*, А.А. Асанов, 2023

Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Тараз.

E-mail: saya8383@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИСПЕРСИИ ГЛИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Аннотация. Изучение физических, коллоидно-химических свойств природных бентонитовых глин различных месторождений Казахстана, включая Южное, Юго-Западное и Восточно-Казахстанскую области, представляет собой актуальное направление научных исследований в области экологической безопасности. В данной статье рассматривается научное обоснование разработки новых высокоэффективных сорбентов на основе глинистых минералов Казахстана для очистки сточных вод. Анализ инфракрасного спектра глины выявил характерные полосы поглощения,

связанные с колебаниями атомов и групп атомов в ее структуре. Результаты исследования подтвердили наличие монтмориллонита в образцах глины, причем его количество в образце из месторождения Тагана оказалось выше, чем в других образцах. Электронно-микроскопические исследования подтвердили наличие частиц разного размера в глине, что свидетельствует о ее морфологических особенностях. Обсуждается электрокинетический потенциал использования глины в качестве бентонита в различных отраслях народного хозяйства, включая очистку воды. Полученные результаты могут способствовать разработке более эффективных методов очистки сточных вод и экономии природных ресурсов.

Ключевые слова: глина, бентонит, монтмориллонит, гидродисперсия, сточная вода

Введение

В настоящее время особое значение придается проведению научных и экспериментальных исследований, направленных на экономию природных ресурсов и сохранение экологического качества окружающей среды.

В послании от 1.09.2023 года Президента Республики Казахстан, был затронут ряд важных и ключевых вопросов. Президент отметил: «Актуальной остается проблема доступности и качества водных ресурсов. С учетом тенденции роста населения и экономики к 2040 году дефицит воды в Казахстане может достичь 12–15 миллиардов кубических метров. Водные ресурсы имеют для нашей страны не менее важное значение, чем нефть, газ или металлы. Нарастающий дефицит воды является общей проблемой для стран Центральной Азии». Что указывает на необходимость очистки загрязненной воды и максимально эффективного использования чистой воды.

Загрязнение воды увеличивается с каждым днем и становится серьезной проблемой из-за урбанизации и индустриализации в современную эпоху и стало серьезной проблемой во многих развивающихся странах (Fn & Mf, 2017; Dwivedi, 2017). Основными причинами загрязнения воды являются промышленные, сельскохозяйственные отходы, бытовые сточные воды (Wang & Yang, 2016; Liu и др., 2021). Поэтому очистка сточных вод является одной из важнейших задач экологической безопасности, которая приобрела особую актуальность начиная со второй половине XX века. Для научно обоснованного и экономически целесообразного выбора глинистых минералов для очистки сточных вод необходимо исследовать недефицитные природные материалы и их возможности.

Глинистые минералы, такие как бентонит (монтмориллонит) используются в качестве адсорбента из-за низкой стоимости и высокой адсорбции (Awasthi и др., 2019; Auta & Nameed, 2012).

Природные бентонитовые глины приобрели огромный потенциал в очистке сточных вод и успешно используются в качестве нового и экономически

эффективного биосорбента. Он стал устойчивым решением для очистки сточных вод благодаря разнообразию поверхностных и структурных свойств.

Глинистые породы широко распространены на территории Республики Казахстан (Асанов и др., 2023). Целью данного исследования является, научное обоснование разработки и создания принципиально новых высокоэффективных сорбентов на основе сырьевых ресурсов Казахстана для повышения эффективности очистки сточных вод.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были использованы природные бентонитовые глины Келесского (Туркестанская область, Сарыагашский район), Урангайского (Туркестанская область, Созакский район), Кызылординского (Кызылординская область) и Таганского (Восточно-Казахстанская область) месторождения. Для учета физических и коллоидно-химических свойств исследуемых образцов использовали метод рентгенофазового анализа для определения минерального содержания. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на рентгеновском дифрактометре X, Pert PRO MRD (PANalytical, Нидерланды). Для определения функциональных групп в составе образцов использовали прибор ИК-Фурье-спектрометре (Cary 660 Agilent, США). Электрокинетический потенциал определяли методом электрофореза на приборе Zetasizer Nano (Malvern, Великобритания). Оптические плотности образцов измеряли на приборе Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ (ООО «ЭКРОСХИМ» г. Санкт-Петербург). А также измерено удельной электропроводности и солесодержание на приборе Кондуктометр-солемер МАРК-603 (ООО "ВЗОР" г. Нижний Новгород) и определено водородной (рН) показатели гидродисперсий глины на приборе рН метр/иономер ИТАН (НПП «Томьаналит», г. Томск). Кроме того, рассмотрены некоторые коллоидно-химические свойства выбранных образцов гидродисперсии глин.

Результаты и обсуждение

Глинистые минералы представляют собой в основном слоистые силикатные минералы, характеризующиеся слоистыми структурными единицами, состоящими из одного или двух тетраэдрических листов кремнезема вокруг октаэдрического алюминиевого листа (Velde, 1995). Они имеют размеры частиц менее 2 мкм. Тетраэдрические листы имеют звено $\text{SiO}_4(\text{OH})$, состоящее из четырех гидроксильных групп, окружающих каждый атом кремния в тетраэдрическом расположении. Для сравнения, октаэдрическое расположение состоит из атомов Fe, Mg или Al, окруженных шестью атомами гидроксидов или кислорода, как, например, в составе $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ (Uddin, 2017).

Глины обычно имеют три различные внутренние поверхности, края и поверхности-внешние поверхности между силикатными слоями. Промежуточный слой и внешняя поверхность подвержены изменениям в ходе процессов ионного обмена и адсорбции. Большинство глинистых минералов производят небольшое количество чистого отрицательного

поверхностного заряда вследствие изоморфного замещения. Более того, края частиц глинистых минералов могут создавать заряды в зависимости от pH суспензии в результате разрыва первичных связей, таких как Si-O и Al-O (De Paiva и др., 2008).

Бентонит представляет собой слоистый силикатный адсорбент алюминия, состоящий в основном из монтмориллонита. Это разновидность осадочной породы, состоящей в основном из глины, с типичной слоистой структурой 2:1 (сметиты) и высокими концентрациями ионов Na^+ , Ca^{2+} , расположенных между слоями. Октаэдрические и тетраэдрические листы расположены таким образом, что вершины тетраэдров в каждом листе кремнезема и один из гидроксильных слоев в октаэдрическом листе составляют один слой.

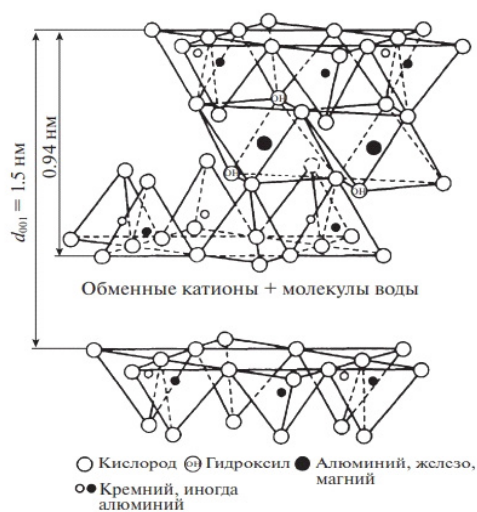


Рис. 1. - Схема кристаллической решетки монтмориллонита

Монтмориллониты — уникальные сметитовые глины, широко распространенные в природной среде. Монтмориллонит представляет собой довольно нежный слоистый силикат. Он состоит из пластинчатых частиц средним диаметром около 1 мкм и химически представлен как $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,33} (\text{Al}, \text{Mg})_2 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_n \text{H}_2\text{O}$, который образуется при изменении вулканического пепла (Park и др., 2016), и имеет три слоя: один октаэдрический слой алюминия в центре, окруженный двумя тетраэдрическими слоями кремнезема. Взаимодействия между листами обычно происходят через группы -ОН в октаэдрическом слое и вершины тетраэдрического слоя. Монтмориллонит также является разновидностью набухающей глины из-за расширения решетки, вызванного полярными молекулами, включая воду. Кроме того, межламельлярное расстояние может колебаться из-за изменения катионов между слоями силиката. Монтмориллонитовая глина уже много лет используется во многих сферах (De Paiva и др., 2008), (рис. 1).

Глина состоит в основном из кремнезема, глинозема и воды, часто с заметными количествами железа, щелочей и щелочноземельных металлов (Kumari & Mohan, 2021). Определение минералогического состава природных экспериментальных образцов глинистых минералов проводили методом рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра X_{Per}t PRO MRD (PANalytical) на CuK α -лучевом (диапазон углов 2 θ). Сравнивая полученные результаты в таблице с (Środoń, 2006) данными работ известных авторов (Środoń, 2013), во всех образцах были монтморилланитовой глины, принадлежащей к смектитовой группе. Но среди них сообщается, что глина Таганского месторождения представляет собой Na-бентонит, а остальные образцы - Ca-бентонитовые глины.

Ниже приведена таблица с минеральным составом исследуемых глин (табл.1).

Таблица 1
Минералогический состав природной бентонитовой глины

№	Минералы	Содержание, %			
		Келес	Кызылорда	Урангай	Таган
1	Монтмориллонит	42,0	54,0	47,0	75
2	Гидролюда	36,0	26,7	25,0	-
3	Кварц+модификации кремнезема	8,3	7,5	6,3	22,5
4	Гипс	0,9	0,9	9,1	-
5	Кальцит	0,6	0,5	ед. зн.	2,3
6	Рутил	0,6	-	0,5	-
7	Фосфаты	0,3	-	-	-
8	Полевые шпаты	ед. зн.	ед. зн.	7,5	0,5
9	Хлорит	-	-	0,6	-
10	Каолинит	-	-	1,0	-
11	Гидроокислы железа	11,3	10,4	3,0	-
	Итого:	100,0	100,0	100,0	100

Образцы глин были изучены методами Фурье ИК-спектроскопии на спектрометре Carry 660 Agilent в области 4000–800 см⁻¹. Анализ инфракрасного спектра (ИК-спектра) исследованного образца глины показал, что в нем присутствуют характерные полосы поглощения, обусловленные колебаниями атомов и групп атомов в структуре глины.

Результаты экспериментальных данных показал, что основные полосы поглощения в инфракрасном спектре (ИК-спектре) изученного образца глины (рис.2) относятся к валентным колебаниям. Эти колебания характерны для связей кремния с кислородом и водорода с кислородом. Выраженная полоса с частотой 1630 см⁻¹ обусловлена поглощением деформационных колебаний гидроксильных групп. Деформационные колебания — это колебания, при которых атомы или группы атомов внутри молекулы или кристалла перемещаются относительно друг друга, но не разрывают связи между ними. Появление полос поглощения в области 1000–1100 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям группы Si-O. В глине Келесского месторождения Si-O

составляет в области 1009 см^{-1} , в образцах Кызылординской и Урангайской наблюдается в областях $1023\text{--}1025\text{ см}^{-1}$, а в Таганской наблюдается широкая полоса с частотой 1035 см^{-1} . Это указывает на то, что в структуре глины больше групп Si-O.

Выраженная полоса поглощения при 1016 см^{-1} соответствует валентным и деформационным колебаниям тетраэдров кремнекислородного каркаса. Эти колебания связаны с изменением длины или угла связей Si-O-Si и O-Si-O. Деформационные колебания, соответствующие связям H-O-Al алюмокислородных октаэдров, проявляются в области $900\text{--}960\text{ см}^{-1}$. Для спектра исследованной глины в указанном интервале зафиксирована полоса с частотой 912 см^{-1} . Согласно литературным данным (Środoń, 2013), для ИК-спектров монтмориллонита характерно наличие полос в интервале $1200\text{--}900\text{ см}^{-1}$, с максимумом в области 1020 см^{-1} . Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что исследуемые образцы глины являются монтмориллонитом. Но отчетливо замечено, что количество монтмориллонита в Таганском образце выше, чем в других образцах.

Минералы группы монтмориллонита с размером частиц $10^5\text{--}10^7\text{ см}$ образуют устойчивые коллоиды. На коллоидность влияет степень диссоциации структуры минерала, т.е. чем выше диссоциация, тем интенсивнее образуются коллоиды. В среднем у монтмориллонита набухаемость достигает до 85 об. %, у бентонита (не набухающие монтмориллониты) 40 об.%. Сравнивая с информацией в литературе (Четверикова & Маряхина, 2015) и в результате экспериментальной работы, подтверждено, что в изученных образцах, т.е. в Келесе и Урангае определено – 45 % ненабухающих монтморилланитов, в Кызылординской глине – 60 %, в Таганской глине – 90 % монтмориллонит. По результатам ИК-Фурье-спектрометрического анализа установлено, что образцы Келесского, Урангайского и Кызылординского месторождения относятся к классу щелочноземельных, а Таганского глина является щелечным бентонитовой глиной.

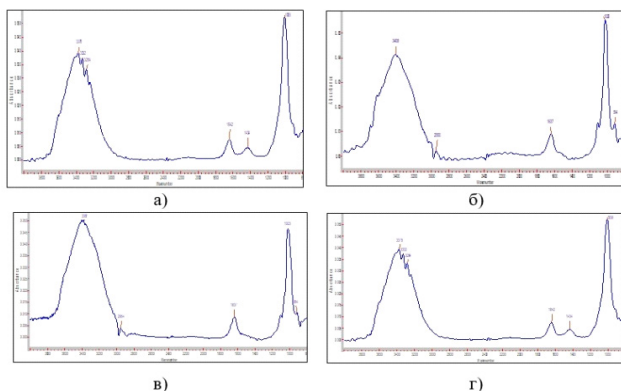


Рис.2 – ИК-спектр природных бентонитовых глины
а) Келес, б) Кызылорда, в) Урангай, г) Таган

Полученные результаты свидетельствует морфологические изображения образцов методом сканирующего электронного анализа. Электронно-микроскопические исследования были проведены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JEOL JSM-6490LA. Размеры и структуру поверхности частиц оценивали с помощью низковакуумного растрового электронного микроскопа.

СЭМ предоставляет информацию, связанную с морфологией и текстурой исследуемых материалов. Снимки СЭМ (рис. 3) с различные увеличения указывали на наличие частиц разного размера диаметром в пределах 1,5 мкм.

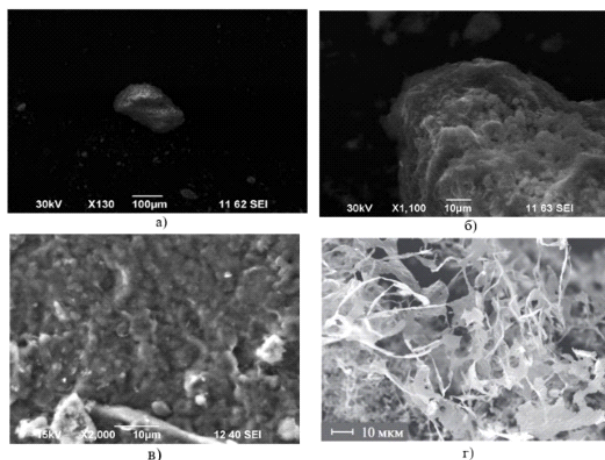


Рис.3 – Электронный микрофотографии образцы бентонитовой глины
а) Келес, б) Кызылорда, в) Урангай, г) Таган

Электрокинетический потенциал (дзета (ζ) - потенциал) исследованных образцов измеряли для определения поверхностной энергии глинистых частиц в воде, его значения приведены в таблице 2. Из таблицы видно, что образцы имеют отрицательный заряд. Это указывает на то, что молекулы воды (катионы) не могут полностью компенсировать отрицательный заряд глинистой частицы при формировании коллоидного адсорбционного слоя. Следует отметить, что измеренные значения дзета-потенциала описывают энергетическое состояние на поверхности адсорбированного (закрепленного) коллоидного слоя. Следовательно, чем больше значение дзета-потенциала, тем прочнее диффузионный (подвижный) слой, образованный коллоидом.

Кроме того, была определена коллоидальность образцов природной глины. В результате было подтверждено, что самый высокий показатель среди изученных образцов наблюдался в Таганской, за ней следовали Кызылординская и Келесская глина, а в Урангайской он был существенно ниже. Кроме того, при определении некоторых физических, коллоидно-химических свойств фильтратов гидродисперсий глины установлено, что оптическая плотность одинакова для всех образцов.

Таблица 2
Некоторые коллоидно-химические свойства гидродисперсии глины

№	Образцы глины	Гидродисперсии глины		Фильтраты проб гидродисперсии глины			
		- потенциал мВ	$K_{\text{коллоид}}$	D_{ϕ}	уд. мкСм/см	Солесодержание, мг/дм ³	pH
1	Келес	-8,41	12,0	0,02	511,0	255,5	7,81
2	Кызылорда	-12,3	16,6	0,02	251,8	120,1	7,56
3	Урангай	-17,3	8,00	0,02	782,0	512,3	7,32
4	Таган	-47,3	83,3	0,01	989,2	680,2	8,78

Свойства электропроводности, солесодержание наивысший показатель был отмечен для Таганского образца, а наименьший – для образца из Кызылорды. Исследованием pH фильтратов исследуемых образцов было установлено, что значение pH таганского образца составило 8,78, что свидетельствует о его щелочной реакции. В остальных образцах pH варьировало от 7,32 до 7,81. Таким образом, эти образцы относятся к классу щелочноземельных бентонитовых глин (Табл.2).

При этом изучали объем осадка (V), оптическую плотность (D) жидкости на поверхности осадка и скорость фильтрации 5 %-ной гидродисперсии глины. В результате экспериментальных работ показал, что самый низкий объем осадка видно было у Урангай, а образцы Келеса и Кызылорды близкие по значению друг к другу. А в Таганском месторождений установлен, самый высокий объема осадка. Это показывает, что способность глины набухать зависит от ее состава.

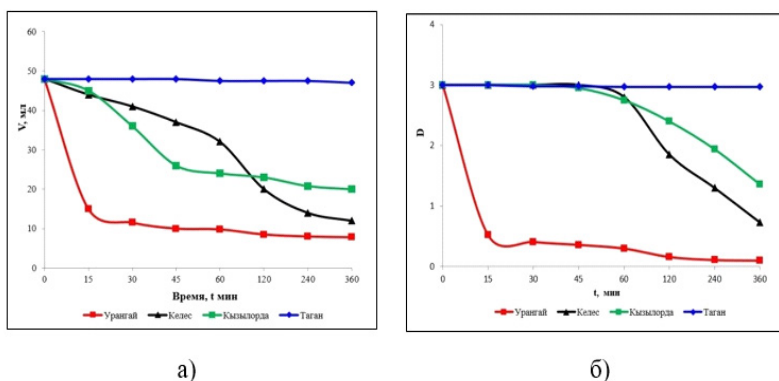


Рис.4 – Изменение объема осадки и (а) оптическая плотность жидкости на поверхности осадка 5 %-ных гидродисперсий глины от времени

Способность к набуханию, то есть возможность пропускать воду, является одним из основных свойств бентонита. При подаче молекулы воды могут проникнуть в промежутки между слоями кристаллической решетки и существенно раздвинуть их. Бентонитовые глины способны как к ионному

обмену, так и к физической и молекулярной сорбции (Yotsuji и др., 2021; Asanov & Mameshova, 2021).

Сравнивая скорости фильтрации глинистых образцы, видно, наиболее быстroteкущей пробой Урангай следуют Келесская и Кызылординская глина, а за самой медленнотекущей у Таганской глины. Из этого можно сделать вывод, что влагоудерживающую способность образцов глины напрямую связана с ее химическим составом (Таб.1).

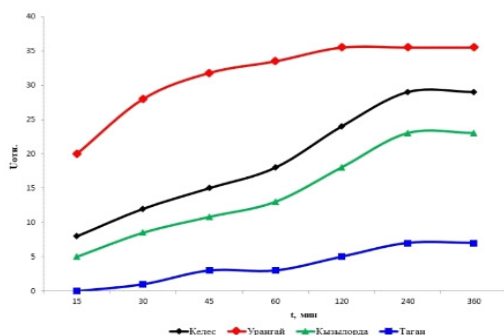


Рис.4 – Изменение скорости фильтрации ($U_{отн.}$) 5 %-ных гидродисперсий глины от времени

Различия в изменении скорости фильтрации ($U_{отн.}$) гидродисперсии глины взаимодействующих с мелкими частицами дисперсная фаза.

Заключение

В статье представлены результаты научно-исследовательских работ по определению физических, коллоидных и химических свойств природных бентонитовых глин месторождений Южного, Юго-Западного и Восточно-Казахстанской областей. А также обсуждается использование глины как бентонита (монтмориллонита) в качестве адсорбентов для очистки воды, уделяя особое внимание их природным свойствам, характеристикам и применению для удаления различных загрязняющих веществ из воды. Он охватывает удаление ионов металлов, органических и биологических загрязнителей с использованием различных типов мелких частиц. В работе также освещается потенциал и проблемы использования бентонитовых глинистых гидродисперсий в очистке воды и подчеркивается необходимость дальнейших исследований и сотрудничества в этой области.

Исследования свойств изученных образцов глин показали, что они могут быть применены в различных отраслях народного хозяйства, в том числе для очистки воды. В дальнейшем планируется провести исследования по гибридизации этих образцов с учетом индивидуальных свойств каждой глины.

ЛИТЕРАТУРЫ

Асанов А., Мамешова С., Асанов А. (2023). Оңтүстік өңір сазды минералдарының коллоидты-химиялық және реологиялық қасиеттері. *Научный журнал «Доклады НАН РК»*, — 346(2), — 75–93. — <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.211>

Asanov A. & Mameshova S. (2021). Influence of functional polyelectrolytes on the stability of clay hydrodispersions. *Chemical Papers*, — 75(11), — 5695–5703. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01718-4>

Auta M. & Hameed B.H. (2012). Modified mesoporous clay adsorbent for adsorption isotherm and kinetics of methylene blue. *Chemical Engineering Journal*, — 198–199, — 219–227. — <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.05.075>

Awasthi A., Jadhao P. & Kumari K. (2019). Clay nano-adsorbent: Structures, applications and mechanism for water treatment. *SN Applied Sciences*, — 1(9), — 1076. — <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0858-9>

De Paiva L.B., Morales A.R. & Valenzuela Díaz F.R. (2008). Organoclays: Properties, preparation and applications. *Applied Clay Science*, — 42(1–2), — 8–24. — <https://doi.org/10.1016/j.clay.2008.02.006>

Department of Environmental Engineering, Sangji University, Republic of Korea, Halder J., Islam N., & Department of Environmental Science, Daffodil International University, Bangladesh. (2015). Water Pollution and its Impact on the Human Health. *Journal of Environment and Human*, — 2(1), — 36–46. — <https://doi.org/10.15764/EH.2015.01005>

Dwivedi A.K. (2017). *RESEARCHES IN WATER POLLUTION: A REVIEW*. — <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12094.08002>

Kumari N. & Mohan C. (2021). Basics of Clay Minerals and Their Characteristic Properties. B G. Morari Do Nascimento (Ред.), *Clay and Clay Minerals*. IntechOpen. — <https://doi.org/10.5772/intechopen.97672>

Liu Y., Wang P., Gojenko B., Yu J., Wei L., Luo D. & Xiao T. (2021). A review of water pollution arising from agriculture and mining activities in Central Asia: Facts, causes and effects. *Environmental Pollution*, — 291, — 118209. — <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118209>

Park J.H., Shin H.J., Kim M.H., Kim J.S., Kang N., Lee J.Y., Kim K.T., Lee J.I. & Kim D.D. (2016). Application of montmorillonite in bentonite as a pharmaceutical excipient in drug delivery systems. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, — 46(4), — 363–375. — <https://doi.org/10.1007/s40005-016-0258-8>

Środoń J. (2013). Identification and Quantitative Analysis of Clay Minerals. B *Developments in Clay Science*. — Т. 5, — сс. 25–49. — <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098259-5.00004-4>

Uddin M.K. (2017). A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. *Chemical Engineering Journal*, — 308, — 438–462. — <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.09.029>

Velde B. (1995). Composition and Mineralogy of Clay Minerals. B B. Velde (Ред.), *Origin and Mineralogy of Clays* (сс. 8–42). Springer Berlin Heidelberg. — https://doi.org/10.1007/978-3-662-12648-6_2

Wang Q. & Yang Z. (2016). Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China. *Environmental Pollution*, — 218, — 358–365. — <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.011>

Yotsuji K., Tachi Y., Sakuma H. & Kawamura K. (2021). Effect of interlayer cations on montmorillonite swelling: Comparison between molecular dynamic simulations and experiments. *Applied Clay Science*, — 204, — 106034. — <https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.106034>

Четверикова А.Г. & Маряхина, В.С. (2015). Исследования полиминеральной глины, содержащей трехслойные

алюмосиликаты физическими методами. Вестник Оренбургского государственного университета, —1 (176). — 250-255.

REFERENCE

- Asanov A., Mameshova S. & Asanov A. (2023). Colloidal-chemical and rheological properties of clay minerals of the southern region. Scientific journal RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan", — 346(2), — 75–93. — <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.211> (in Kaz.)
- Asanov A. & Mameshova S. (2021). Influence of functional polyelectrolytes on the stability of clay hydrodispersions. *Chemical Papers*, — 75(11), — 5695–5703. — <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01718-4>
- Auta M. & Hameed B.H. (2012). Modified mesoporous clay adsorbent for adsorption isotherm and kinetics of methylene blue. *Chemical Engineering Journal*, — 198–199, — 219–227. — <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.05.075>
- Awasthi A., Jadhao P. & Kumari K. (2019). Clay nano-adsorbent: Structures, applications and mechanism for water treatment. *SN Applied Sciences*, — 1(9), — 1076. — <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0858-9>
- De Paiva L.B., Morales A.R. & Valenzuela Díaz F.R. (2008). Organoclays: Properties, preparation and applications. *Applied Clay Science*, — 42(1–2), — 8–24. — <https://doi.org/10.1016/j.clay.2008.02.006>
- Department of Environmental Engineering, Sangji University, Republic of Korea, Halder J., Islam N. & Department of Environmental Science, Daffodil International University, Bangladesh. (2015). Water Pollution and its Impact on the Human Health. *Journal of Environment and Human*, — 2(1), — 36–46. — <https://doi.org/10.15764/EH.2015.01005>
- Dwivedi A.K. (2017). *RESEARCHES IN WATER POLLUTION: A REVIEW*. — <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12094.08002>
- Kumari N. & Mohan C. (2021). Basics of Clay Minerals and Their Characteristic Properties. B G. Morari Do Nascimento (Ред.), *Clay and Clay Minerals*. IntechOpen. — <https://doi.org/10.5772/intechopen.97672>
- Liu Y., Wang P., Gojenko B., Yu J., Wei L., Luo D. & Xiao T. (2021). A review of water pollution arising from agriculture and mining activities in Central Asia: Facts, causes and effects. *Environmental Pollution*, — 291, — 118209. — <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118209>
- Park J.H., Shin H.J., Kim M.H., Kim J.S., Kang N., Lee J.Y., Kim K.T., Lee J.I. & Kim D.D. (2016). Application of montmorillonite in bentonite as a pharmaceutical excipient in drug delivery systems. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, — 46(4), — 363–375. — <https://doi.org/10.1007/s40005-016-0258-8>
- Środoń J. (2013). Identification and Quantitative Analysis of Clay Minerals. B *Developments in Clay Science*. —Т. 5. — cc. — 25–49. Elsevier. — <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098259-5.00004-4>
- Uddin M.K. (2017). A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. *Chemical Engineering Journal*, — 308, — 438–462. — <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.09.029>
- Velde B. (1995). Composition and Mineralogy of Clay Minerals. B B. Velde (Ред.), *Origin and Mineralogy of Clays* (cc. 8–42). Springer Berlin Heidelberg. — https://doi.org/10.1007/978-3-662-12648-6_2
- Wang Q. & Yang Z. (2016). Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China. *Environmental Pollution*, — 218, — 358–365. — <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.011>
- Yotsuji K., Tachi Y., Sakuma H. & Kawamura K. (2021). Effect of interlayer cations on montmorillonite swelling: Comparison between molecular dynamic simulations and experiments. *Applied Clay Science*, — 204, — 106034. — <https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.106034>
- Chetverikova A.G., & Maryakhina V.S. (2015). Studies of polymineral clay containing three-layer aluminosilicates by physical methods. Bulletin of the Orenburg State University, — 1 (176), — 250–255. (in Russ.)

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 148–168

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.250>

UDC 541.057.17

© **G. Assylbekova¹, M. Sataev¹, Sh. Koshkarbayeva^{1*}, I. Perminova², P. Abdurazova³, 2023**

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan;

²M. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation;

³South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: shayzada-1968@mail.ru

COMPOSITE COATINGS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF MATERIALS, METHODS AND APPLICATIONS

Assylbekova Gulnur — Doctoral Fellow of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, 160012, Republic of Kazakhstan

E-mail: gulnura_1206@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6873-3154>;

Sataev Malik Svambayevich — Professor of the Department of “Technology of inorganic and petrochemical industries”, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, 160012, Republic of Kazakhstan

E-mail: malik_1943@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>;

Koshkarbayeva Shayzada Tortaevna — Associate Professor of the Department of “Technology of inorganic and petrochemical industries”, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, 160012, Republic of Kazakhstan

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>;

Perminova Irina — Professor at Department of Chemistry Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-9084-7851>;

Abdurazova Perizat Adilbekovna — Associate Professor of the Department of “Chemistry”, PhD, South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent, 160000, Republic of Kazakhstan

E-mail: abdurazova.perizat@okmpu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5244-7678>.

Abstract. Composite coatings have emerged as a pivotal solution in enhancing material properties, offering synergistic combinations of two or more constituents to achieve superior performance characteristics. This comprehensive review delves into the vast realm of composite coatings, elucidating the diverse materials utilized, the myriad of fabrication methods, and their multifaceted applications across various industries. From the integration of metal-ceramic coatings in aerospace for high-temperature stability to the use of nanocomposite coatings harnessing nanoparticles for enhanced mechanical and functional capabilities, the scope of these coatings is expansive. Moreover, with the onset of green and sustainable fabrication techniques, composite coatings are poised to meet both performance and

environmental benchmarks. Through a methodical examination of peer-reviewed publications, this review aims to provide readers with a holistic understanding of composite coatings, highlighting their evolution, current trends, challenges, and the future outlook. It stands as a testament to the transformative potential of composite coatings in reshaping material science and engineering applications.

Keywords: composite coatings, fabrication methods, materials science, nanocomposite coatings, mechanical properties, wear resistance

© Г. Асылбекова¹, М. Сатаев¹, Ш. Кошкарбаева^{1*}, И. Перминова²,
П.А. Абдуразова³, 2023

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;

²М. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу,
Ресей Федерациясы;

³Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті,
Шымкент, Қазақстан.

E-mail: shayzada-1968@mail.ru

КОМПОЗИТТІК ҚАПТАМАЛАР: МАТЕРИАЛДАРДЫ, ӘДІСТЕРДІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНБАЛАРДЫ КЕШЕНДІ ШОЛУ

Асылбекова Гүлнур — «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті
E-mail: gulnura_1206@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6873-3154>;

Сатаев Малик Сывамбаевич — «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті

E-mail: malik_1943@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>;

Кошкарбаева Шайзада Торгаевна — «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, 160012, Қазақстан Республикасы

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>;

Перминова Ирина Васильевна — «Химия» кафедрасының профессоры, М. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу, Ресей Федерациясы
<https://orcid.org/0000-0001-9084-7851>;

Абдуразова Перизат Адилбековна — «Химия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті, Шымкент, 160000, Қазақстан Республикасы

E-mail: abdurazova.perizat@okmpu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5244-7678>.

Аннотация. Композиттік қаптамалар жоғары өнімділікке қол жеткізу үшін екі немесе одан да көп компоненттердің синергетикалық комбинацияларын ұсына отырып, материалдың қасиеттерін жақсартудың негізгі шешімі болды. Бұл жан-жақты шолу композиттік қаптамалардың кең өрісін зерттейді, қолданылатын материалдардың әртүрлілігін, көптеген өндіру әдістерін және олардың көптеген салаларда қолданылуын көрсетеді. Бұл қаптамалардың қолданылу аясы кең: аэроғарыш өнеркәсібіне жоғары

температура тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін керамикалық-металл жабындарын енгізуден механикалық және функционалдық қасиеттерді жақсарту үшін нанобөлшектерді пайдаланатын нанокөпозиттік қаптамаларды қолдануға дейін. Сонымен қатар, экологиялық таза және тұрақты өндіріс технологияларының пайда болуымен көпозиттік жабындар өнімділікке де, экологиялық стандарттарға да жауап беруге дайын. Бұл шолудың мақсаты рецензияланған басылымдарды әдістемелік зерттеу болып табылады, оның мақсаты оқырмандарға көпозиттік жабындар туралы тұтас көзқараспен қамтамасыз ету, олардың эволюциясын, қазіргі тенденцияларын, проблемаларын және болашақ перспективаларын көрсету. Бұл материалтану мен техниканы қолдануды өзгертуде көпозиттік қаптамалардың трансформациялық әлеуетінің дәлелі.

Түйін сөздер: көпозиттік қаптамалар, өндіріс әдістері, материалтану, нанокөпозиттік қаптамалар, механикалық қасиеттер, тозуға төзімділік

©Г. Асылбекова¹, М. Сатаев¹, Ш. Кошкарбаева^{1*}, И. Перминова²,
П. Абдуразова³, 2023

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Российская Федерация;

³Южно-Казахстанский государственный педагогический университет,
Шымкент, Казахстан.

E-mail: shayzada-1968@mail.ru

КОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ: КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ И ПРИМЕНЕНИЙ

Асылбекова Гулнур — докторант кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств», Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, 160012, Республикасы Казахстан

E-mail: gulnura_1206@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6873-3154>;

Сатаев Малик Сывамбаевич — профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств», Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, 160012, Республикасы Казахстан,

E-mail: malik_1943@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>;

Кошкарбаева Шайзада Торгаевна — ассоциированный профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств», Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, 160012, Республикасы Казахстан

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>;

Перминова Ирина Васильевна — профессор кафедры «Химия», Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-9084-7851>;

Абдуразова Перизат Адилбековна — ассоциированный профессор кафедры «Химия», PhD, Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, Шымкент, 160000, Республика Казахстан,

E-mail: abdurazova.perizat@okmpu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5244-7678>.

Аннотация. Композитные покрытия стали ключевым решением в улучшении свойств материалов, предлагая синергетические комбинации двух или более компонентов для достижения превосходных эксплуатационных характеристик. Этот всесторонний обзор углубляется в обширную сферу композитных покрытий, раскрывая разнообразные используемые материалы, множество методов изготовления и их многогранное применение в различных отраслях. Область применения этих покрытий обширна: от внедрения металлокерамических покрытий в аэрокосмическую промышленность для обеспечения высокотемпературной стабильности до использования нанокompозитных покрытий, использующих наночастицы для улучшения механических и функциональных свойств. Более того, с появлением экологически чистых и устойчивых технологий производства композитные покрытия готовы соответствовать как эксплуатационным, так и экологическим стандартам. Целью данного обзора является методическое изучение рецензируемых публикаций, цель которого – предоставить читателям целостное представление о композитных покрытиях, освещая их эволюцию, текущие тенденции, проблемы и перспективы на будущее. Это является свидетельством преобразующего потенциала композитных покрытий в изменении применения материаловедения и техники.

Ключевые слова: композиционные покрытия, методы изготовления, материаловедение, нанокompозитные покрытия, механические свойства, износостойкость

Introduction

Composite coatings are typically composed of two or more distinct materials blended strategically to enhance properties beyond what individual components can offer, such as improved wear resistance, corrosion protection, electrical conductivity, and thermal insulation (Ang, 2014). By capitalizing on the synergistic advantages of their combined constituents, composite coatings frequently surpass the performance of traditional single-material counterparts across various applications. Delving into the myriad of composite coatings available, we encounter a vast spectrum tailored to specific uses. Metal-Ceramic coatings merge the ductility of metals with ceramics' hardness and wear resistance, making them suitable for aerospace applications due to their high-temperature resilience. Polymer-Ceramic coatings, which marry polymers' flexibility with the robustness of ceramics, commonly address wear resistance and corrosion protection. In the realm of electronics, Metal-Polymer coatings fuse metals' strength and conductivity with polymers' flexibility and insulation. Nano-composite coatings, integrating nanoparticles within their structure, offer enhanced mechanical attributes, protective barriers, and specialized functions, like the antibacterial capabilities of coatings containing silver nanoparticles. Multi-layered coatings employ a layered approach, with each stratum serving distinct roles, such as a foundational layer for corrosion resistance topped with one for UV shielding (Ashokkumar et al., 2021). Hybrid

coatings blend both organic and inorganic constituents to strike a balance between hardness and adaptability, often intertwining polymers with sol-gel processes. Functional Gradient coatings shift their composition from their point of attachment to their external surface, adjusting properties like hardness, thermal conductivity, or electrical conductivity along the gradient. Advanced Self-healing coatings possess the unique ability to revert to their initial condition post-minor damages, usually facilitated by releasing contained healing compounds or triggering specific chemical reactions. The selection of a composite coating is inherently tied to its intended application and the desired characteristics. As materials science propels forward, the evolution of composite coatings continues, branching out to serve an expanding array of specialized needs (Chen et al., 2007).

Historically, the need for composite coatings can be traced back to humanity's quest for materials that could combine the best qualities of two or more constituents to address specific challenges not achievable by a single material. From ancient civilizations, who inadvertently developed composite materials like mud bricks reinforced with straw to prevent cracking, to more deliberate efforts like the early metallurgists alloying copper and tin to make more durable bronze, the groundwork for composite coatings was laid. As we transitioned into the industrial age, the demands of rapidly evolving industries necessitated more sophisticated protective coatings. The 20th century witnessed significant strides in the development of composite coatings. Aerospace and automotive sectors, for example, began to prioritize lightweight yet durable coatings, leading to innovations like polymer-matrix composites (Chen et al., 2020). Concurrently, the electronics sector was leaning towards coatings that could offer protection without compromising conductivity. By the latter half of the century, nanotechnology had entered the fray, allowing for the manipulation of materials on an atomic or molecular scale, birthing nano-composite coatings with unprecedented properties. This continual evolution has been fueled by both the challenges posed by new technological frontiers and our expanding understanding of materials science. Today, composite coatings, born from centuries of innovation and necessity, have become integral to numerous industries, each iteration reflecting humanity's drive to better its surroundings (De Lima-Neto et al., 2007).

The fundamental principle behind composite coatings lies in the synergy of combining two or more materials to achieve properties that individual components might not offer on their own. At its core, the concept revolves around compensating for the deficiencies of one material by incorporating the strengths of another, leading to an enhanced composite performance. For instance, while one material might possess exceptional hardness but is prone to brittleness, another could offer the needed ductility or flexibility but might lack the required wear resistance. By merging these two, the resulting composite coating can achieve both hardness and flexibility, addressing a wider array of needs than either material could on its own. On a microscopic level, the distribution, interaction, and bonding between

the combined materials play pivotal roles in defining the characteristics of the composite coating. Interfacial bonding between the constituents, particle size and distribution, and even the orientation of fibers or particles can greatly influence the resultant properties. Furthermore, composite coatings don't just bank on the passive combination of materials; they often leverage the active interactions between them, such as chemical reactions or phase changes, to instigate novel properties or functionalities. In essence, the principle of composite coatings is a strategic alliance of materials, capitalizing on their individual strengths while mitigating their weaknesses, to create a product that transcends the capabilities of its individual components (Deepaka et al., 2019).

Utilizing multiple phases or materials in composite coatings offers a plethora of advantages by marrying the inherent properties of each constituent, enabling the creation of coatings that outpace the performance metrics of individual components. One of the primary benefits is the potential for tailor-made solutions. By judiciously selecting and combining materials, designers can achieve a specific set of desired properties, catering to niche applications or stringent performance criteria. This multi-material approach also allows for enhanced durability. For instance, while one material may provide hardness and wear resistance, another might impart corrosion resistance, ensuring the coating's longevity across multiple fronts. Furthermore, the incorporation of multiple phases can lead to the emergence of new functionalities, often unattainable by single-phase materials. For example, a composite coating combining conductive and insulating materials might exhibit controlled electrical conductivity, making it suitable for specialized electronic applications (Dong et al., 2009). Additionally, these coatings can provide a balanced combination of mechanical, thermal, and chemical properties, thereby optimizing performance. The presence of one material can also mitigate the drawbacks of another, ensuring a holistic improvement. For example, the brittleness of ceramics can be offset by combining them with ductile metals or polymers. On a broader scale, multi-phase systems can be economically advantageous, as cheaper materials can be combined with more expensive ones to produce cost-effective solutions without compromising on quality. In essence, the amalgamation of multiple phases or materials in composite coatings unlocks a vast realm of possibilities, enabling the creation of high-performance, versatile, and efficient coatings tailored for an expansive range of applications (Gonzalez et al., 2016).

Materials and Methods

To prepare this comprehensive review on composite coatings, a meticulous and structured literature search was executed across several established scientific databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar. Preliminary screening eliminated duplicates, reviews, and non-relevant articles based on their titles and abstracts. The remaining articles underwent a detailed assessment, wherein their full text was scrutinized for relevance and quality of content. Inclusion criteria involved articles that presented novel insights,

demonstrated unique applications, or expanded on advanced fabrication techniques for composite coatings. Data extracted from these sources were categorized based on material type, fabrication method, and application. Additionally, references cited within these primary sources were reviewed to ensure a comprehensive capture of relevant studies. This methodical approach provided a broad yet in-depth perspective on the evolution, current state, and future prospects of composite coatings in various industries and applications (Gonzalez et al., 2016).

Results and Discussion

Fabrication Techniques. Electro-deposition, a widely used technique in surface engineering, involves depositing a material onto a substrate by applying an electric current through an electrolytic solution containing metal ions. This process not only allows for precise thickness control and uniform coatings but also facilitates the incorporation of various secondary materials into the primary matrix, thereby creating composite coatings (Hasani et al., 2021). The pivotal role of chemical reactions in this process can't be overstated. When a potential is applied across the cathode (the object to be coated) and the anode (often a sacrificial electrode), metal cations from the electrolyte migrate towards the cathode, where they undergo a reduction reaction. This chemical transformation leads to the metal cations gaining electrons and being deposited as a metal onto the cathode's surface. Beyond the basic metal deposition, other in-situ chemical reactions can be leveraged to incorporate secondary materials, such as nanoparticles, fibers, or other agents, into the coating. For example, certain reactive species in the electrolyte can precipitate or co-deposit alongside the primary metal, leading to the formation of composite coatings with enhanced properties. Such in-situ chemical reactions during electro-deposition can significantly influence the morphology, composition, and overall performance of the resultant coatings. For instance, by controlling the bath composition, pH, temperature, and electrical parameters, one can promote the co-deposition of ceramic particles within a metal matrix, creating a metal-ceramic composite coating with augmented hardness and wear resistance. In summary, electro-deposition combined with in-situ chemical reactions offers a versatile tool in materials engineering, enabling the synthesis of advanced composite coatings with tailor-made properties (Huh et al., 2014).

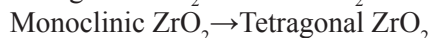
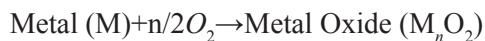
One of the classic examples of obtaining composite coatings through electro-deposition accompanied by chemical reactions is the co-deposition of nickel and dispersed hard particles, such as silicon carbide (SiC) or tungsten carbide (WC), to produce composite coatings with enhanced wear resistance. In the case of a Nickel-Silicon Carbide (Ni-SiC) composite coating, the electrolyte bath is first prepared using a nickel salt solution, such as nickel sulfate, as the source of nickel ions. SiC particles intended for co-deposition are then dispersed in this solution. To maintain the dispersion of SiC particles and prevent them from settling, stabilizing agents and surfactants are often added (Ibrahim et al., 2007). During the electro-deposition process, an electrical potential is applied between the anode, typically made of pure

nickel, and the cathode, which is the substrate to be coated. As the current flows, nickel ions migrate from the solution towards the cathode, undergoing a reduction reaction to form solid nickel. Simultaneously, the SiC particles move, driven by the convective currents in the bath and possibly by electrophoretic effects, becoming embedded in the growing nickel matrix. The primary chemical reaction at the cathode involves the reduction of nickel ions, represented as



As the nickel metal deposits onto the cathode, the dispersed SiC particles become entrapped within the metal matrix, leading to the formation of a composite coating. After deposition, the coated substrate can be subjected to heat treatment or other post-processing steps to enhance properties such as hardness, adhesion, or corrosion resistance. The resulting Ni-SiC composite coating offers significant advantages over pure nickel coatings. The embedded SiC particles increase the hardness of the coating, reduce the wear rate, and can enhance the coating's resistance to certain types of corrosion, making Ni-SiC coatings particularly beneficial for applications like mechanical components, tools, and molds where enhanced wear resistance is paramount.

Thermal spraying is a versatile coating process wherein a material, often in the form of powder or wire, is heated to a molten or semi-molten state and then propelled as fine droplets onto a surface, forming a protective coating. This heating is achieved using various heat sources, such as oxy-fuel flames, plasma jets, or electric arcs. The resultant coatings can serve a myriad of purposes, from corrosion and wear resistance to thermal and electrical insulation. For instance, consider the application of a ceramic coating, like zirconia (ZrO_2), onto an aerospace component for thermal barrier purposes. In a plasma-sprayed thermal barrier coating process, zirconia powder, often stabilized with yttria (Y_2O_3), is fed into a plasma jet. Here, the powder is rapidly heated to its melting point. As the molten zirconia particles exit the plasma jet, they are propelled towards the substrate (Ivanov, 2021). Upon impact, these particles flatten, solidify, and adhere to the surface, creating a lamellar structure characteristic of sprayed coatings. The primary chemical reaction, in this case, is not a complex transformative one but rather a phase change



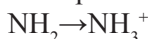
The zirconia undergoes a transition from solid (powder form) to liquid (molten state) and then back to a solid upon deposition. However, during this process, potential interactions with ambient gases, especially if not adequately controlled, can lead to oxidation or other minor chemical changes. The finished zirconia-

yttria coating acts as a thermal barrier, protecting the underlying component from excessive temperatures, making it especially valuable in high-temperature applications like jet engine turbines.

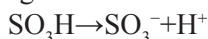
Layer-by-layer (LbL) assembly is a versatile method for fabricating multi-layered thin films with nanometer precision by sequentially adsorbing oppositely charged materials onto a substrate. This method harnesses the electrostatic interactions between materials of alternate charges, though other forces like hydrogen bonding or hydrophobic interactions can also be exploited. For instance, let's consider the LbL assembly of a polyelectrolyte multilayer using poly (allylamine hydrochloride) (PAH) as the polycation and poly(styrenesulfonate) (PSS) as the polyanion. Starting with a cleaned substrate, the process might involve immersing the substrate into a solution of PAH, allowing the positively charged PAH to adsorb onto the surface. After rinsing to remove any loosely bound material, the substrate is then immersed in a solution of the negatively charged PSS, leading to the adsorption of PSS over the PAH layer due to electrostatic attraction. The chemical reactions involved are essentially ionic attractions between the amine groups of PAH and the sulfonate groups of PSS. This process can be repeated multiple times to create a multilayer film of desired thickness and properties. The LbL assembly offers precise control over film thickness, composition, and function, making it a valuable technique in fields ranging from sensors to drug delivery systems (Laad, 2022).

The layer-by-layer (LbL) assembly of polyelectrolytes, as described in the scenario with poly (allylamine hydrochloride) (PAH) and poly (styrenesulfonate) (PSS), mainly relies on electrostatic interactions between charged groups on the polymer chains. The specific chemical groups involved in this interaction are the amine groups from PAH and the sulfonate groups from PSS.

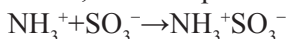
The amine group in PAH, when protonated (common in aqueous solutions), carries a positive charge:



On the other hand, the sulfonate group in PSS is an anion and carries a negative charge:



The electrostatic interaction, which isn't a traditional chemical reaction where bonds are broken and formed but rather a physical interaction based on charge attraction, can be represented as:



This interaction represents the ionic pairing between the protonated amine (cationic site) of PAH and the sulfonate anion of PSS. This pairing is the driving force behind the LbL assembly of these particular polyelectrolytes. Repeated immersion and rinsing cycles effectively build up the multilayered structure on the substrate due to these interactions. The beauty of the LbL technique is that it harnesses these relatively simple interactions to construct intricately designed architectures on surfaces.

The sol-gel method is a widely-used technique to produce inorganic and hybrid organic-inorganic materials at a molecular level. It involves the transition of a system from a liquid 'sol' (colloidal solution) into a solid 'gel' phase. The sol-gel process starts with the hydrolysis and condensation of metal alkoxide precursors. For instance, if we consider the synthesis of silica (SiO₂) coatings or films, tetraethyl orthosilicate (TEOS) is a common precursor. When TEOS is introduced to an aqueous solution with an acid or base catalyst, it undergoes hydrolysis to produce silicic acid, which then further undergoes condensation reactions to form a three-dimensional network of SiO₂. The primary reactions involved are (Li et al., 2022) :

1. Hydrolysis:

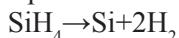


2. Condensation:



Subsequent reactions lead to the formation of Si-O-Si bonds, creating a silica network. By controlling the processing conditions, one can obtain diverse materials ranging from thin films to monolithic ceramics through the sol-gel method. This process also allows for the inclusion of dopants or the creation of hybrid materials, thereby broadening the scope of obtainable materials and their potential applications. The resultant gels can be dried and further heat-treated to produce glasses, ceramics, or aerogels, depending on the desired end-product and processing conditions.

Chemical vapor deposition (CVD) is a versatile technique used to produce high-quality, high-performance solid materials, typically in the form of thin films. In CVD, a precursor gas is introduced into a chamber, where it reacts or decomposes on a heated substrate to deposit a solid material. The by-products of this process are typically gaseous and are evacuated from the chamber. One classic example of CVD is the deposition of pure silicon for semiconductor applications. In this process, silane (SiH₄) is used as the precursor gas. When silane is introduced into the CVD chamber and comes into contact with a heated substrate, it decomposes to deposit silicon:



The hydrogen gas produced in this reaction is then removed from the chamber. The deposition rate, film quality, and other properties can be meticulously controlled by adjusting parameters such as substrate temperature, precursor gas flow rate, and chamber pressure. Apart from elemental deposits like silicon, CVD can be utilized for the deposition of compound materials, such as metal oxides, nitrides, and carbides. The precise control CVD offers over film composition and thickness makes it a cornerstone technique in industries like electronics, where thin-film layers are integral to device fabrication. The method can be adapted and modified in various ways, leading to sub-methods such as plasma-enhanced CVD, low-pressure CVD, and others, each catering to specific material requirements and applications (Li et al., 2017).

Factors Influencing Coating Properties. Composition and phase distribution are crucial determinants of the overall properties and performance of composite materials, including coatings. Essentially, the composition refers to the proportion and type of each constituent material present in the composite. This could mean the percentage of ceramic in a polymer-ceramic coating or the fraction of fibers in a fiber-reinforced polymer (Lukina et al., 2011). The chosen composition significantly influences characteristics like strength, flexibility, thermal conductivity, and optical properties. Phase distribution, on the other hand, pertains to the spatial arrangement and dispersal of these constituents within the composite. Uniform distribution often leads to predictable and consistent material behavior, while localized agglomerations can introduce weak points or zones of differing properties. For instance, in a metal-matrix composite, the even distribution of ceramic particles ensures consistent hardness and wear resistance throughout the material. Conversely, clumps or clusters of ceramic particles could introduce stress concentrations, potentially leading to premature failure. The interface between different phases also plays a pivotal role in determining properties. A strong bond between the matrix and the dispersed phase, for example, can lead to enhanced load transfer and improved mechanical properties. In contrast, a weak interface might result in delamination or other modes of failure. The choice of materials, processing techniques, and post-processing treatments all influence both composition and phase distribution, which in turn govern the real-world applicability and performance of the composite. Achieving the desired composition and optimal phase distribution often requires a deep understanding of materials science, combined with meticulous process control, to harness the full potential of composite materials (Ma et al., 2014).

Coating thickness plays an instrumental role in determining a myriad of properties and overall performance of coatings, whether they're protective, aesthetic, or functional in nature. The thickness of a coating directly influences its durability, protection capability, optical properties, and even its electrical and thermal characteristics. For instance, a protective coating that's too thin might not provide sufficient barrier against environmental factors such as moisture, oxygen, or corrosive agents, leading to the underlying substrate's premature degradation. Conversely, overly thick coatings might become prone to cracking or delamination due to internal stresses or external forces. The optical properties of coatings, like their color, transparency, or reflectivity, can also change with thickness variations. This is especially pertinent in industries like electronics or photonics, where even slight thickness deviations can result in significant performance shifts. Furthermore, in coatings that provide electrical insulation or thermal barrier functionalities, the thickness determines the degree of resistance to electrical currents or heat flow. Achieving the correct coating thickness necessitates a balance: it's a dance between ensuring the desired properties are met while avoiding potential drawbacks associated with excessive material buildup. Measurement of coating thickness is, therefore, a critical quality control step in many manufacturing processes. Several

techniques, ranging from simple mechanical gauges to sophisticated ultrasonic or eddy current-based devices, have been developed to accurately gauge coating thickness, ensuring adherence to specifications and consistent performance across products and applications (Oreshko et al., 2020).

The interface between the matrix and secondary phases in composite materials is a defining region that dramatically influences the composite's macroscopic properties. This interface, often a thin transition zone between the two materials, dictates how stresses, heat, or other external stimuli get transferred or distributed within the composite. A strong and well-bonded interface ensures efficient load transfer from the matrix to the secondary phase, such as fibers or particles, thereby enhancing the composite's mechanical strength and toughness. In contrast, a weak or poorly bonded interface can become a site for stress concentration, potentially leading to delamination, micro-cracking, or premature failure under load. The chemical compatibility, wetting characteristics, and interfacial bonding mechanisms play pivotal roles in determining the quality of this interface. For instance, in fiber-reinforced composites, the use of coupling agents or surface treatments can enhance the fiber-matrix bond, ensuring better stress transfer and reduced interfacial failure. Moreover, the interface can also act as a barrier or conduit for various phenomena; for example, it might impede or facilitate moisture absorption, electrical conductivity, or thermal transfer based on its nature. Any disparities in thermal expansion coefficients between the matrix and secondary phase can lead to interfacial stresses during temperature fluctuations, which emphasizes the importance of matching or accommodating such material properties. Overall, the interface characteristics are paramount, as they largely determine the efficacy with which individual phases in a composite synergize to yield enhanced, combined properties. Adjusting and optimizing these interfacial properties is a primary focus in advanced composite design, given its profound impact on material performance (Poza et al., 2022).

Properties of Composite Coatings. Mechanical properties are fundamental descriptors of a material's behavior and performance under various forces and conditions, and they encompass a broad spectrum of attributes. Among these, hardness signifies a material's resistance to localized deformation, typically indentation or scratching. It's a crucial property for applications where surface durability is paramount, such as tooling or wear-resistant coatings. Harder materials can withstand abrasive environments better and retain their shape and functionality longer. Wear resistance, closely related to hardness, characterizes a material's ability to endure repeated mechanical abrasion without significant degradation. Materials with high wear resistance are sought after in applications with moving parts or where prolonged friction is involved, like engine components or conveyor systems. Beyond these, other mechanical properties include tensile strength, indicating the material's resistance to being pulled apart; compressive strength, its ability to withstand compression; and modulus of elasticity, which describes its stiffness or

rigidity. Ductility and toughness, on the other hand, speak to a material's ability to deform without breaking and absorb energy, respectively. The balance and interplay of these properties are critical. For instance, while increasing hardness often results in a material becoming more brittle, the challenge lies in achieving a combination where the material remains tough yet hard. These properties are not just inherent to the base material but can be significantly influenced by factors such as composition, microstructure, heat treatments, and any introduced defects or inclusions. In the realm of coatings and composites, the synergy between multiple phases, their distribution, and interface characteristics profoundly impact these mechanical properties, offering a tailored performance spectrum for diverse applications (Pradhan, 2014).

Thermal properties of materials elucidate their behavior when exposed to varying temperature conditions or when heat is applied or extracted. Central to these properties is the thermal conductivity, which signifies a material's ability to conduct heat. Metals, for instance, typically have high thermal conductivity, making them excellent conductors of heat, while insulating materials, such as certain polymers or ceramics, possess low thermal conductivity, inhibiting heat transfer. Another vital property is the coefficient of thermal expansion (CTE), which defines the rate at which a material expands or contracts with temperature changes. Materials with mismatched CTEs can experience stresses when joined together and subjected to temperature fluctuations. Heat capacity is a measure of the energy required to raise the temperature of a material by a specific amount and is crucial in applications where temperature stability is required. Thermal diffusivity combines the effects of conductivity and heat capacity, reflecting the speed at which temperature changes spread through a material. For materials exposed to high temperatures, their thermal stability and resistance to degradation, often termed as thermal degradation resistance, become critical. Materials might also undergo phase transitions, like melting or crystallization, at specific temperatures, which are characterized by their melting or crystallization points. In composite materials, the thermal properties often result from a combination of the individual components' thermal behaviors. For instance, embedding particles with high thermal conductivity into a polymer matrix can enhance the composite's overall thermal conduction capability. Understanding and controlling these thermal properties is vital in applications ranging from electronics, where heat dissipation is essential, to aerospace, where materials might face extreme temperature variations (Ma et al., 2014; Moridi et al., 2014).

Corrosion resistance is a material's inherent or acquired ability to withstand the damaging effects of corrosive environments, most commonly the electrochemical attack by moisture, oxygen, or other oxidizing agents. Corrosion often results in the degradation of metal surfaces, leading to reduced structural integrity, compromised aesthetics, and in some cases, malfunction of mechanical or electronic systems. Several factors influence corrosion resistance, including the chemical composition of the material, its microstructure, and environmental conditions. Certain metals, such as stainless steel, owe their corrosion resistance to a passive oxide layer that

forms on their surface, which acts as a protective barrier against further oxidation. Aluminum, for instance, forms a protective aluminum oxide layer in the presence of oxygen, giving it substantial resistance to corrosion. In contrast, iron rusts when exposed to moisture and oxygen, a process that can be mitigated by alloying it with other elements like chromium or coating it with protective layers. External coatings, paints, or treatments can also enhance corrosion resistance. For example, zinc galvanization provides steel with a sacrificial layer, as zinc corrodes preferentially, protecting the underlying steel. Besides metals, polymers and ceramics can also display corrosion resistance, especially against chemicals that might corrode metals. Factors like pH levels, temperature, salinity, and presence of aggressive ions can speed up or slow down corrosion rates. Ultimately, ensuring corrosion resistance is of paramount importance in industries such as maritime, automotive, infrastructure, and many others, where the longevity and safety of materials and structures are at stake. Understanding and enhancing corrosion resistance not only prolongs the life of materials but also contributes to economic savings and environmental safety (Laad, 2022).

Electrical properties of materials encompass a broad spectrum of characteristics that define their behavior in the presence of electric fields or when subjected to electrical stimuli. One of the most fundamental properties is electrical conductivity, which measures a material's ability to conduct electric current. Metals, with their sea of free-moving electrons, typically exhibit high conductivity, making them the material of choice for most electrical conductors. In contrast, insulators, such as ceramics or certain polymers, prevent the flow of electricity due to their lack of free charge carriers, making them valuable in applications where electrical isolation is essential. Semiconductors, like silicon or gallium arsenide, occupy an intermediate position, with their conductivity being tunable by impurities, temperature, or external voltages. Another vital property is dielectric constant, which characterizes a material's ability to store electrical energy when subjected to an electric field, crucial in capacitors. Materials with high dielectric constants can store more energy than those with low values. Related to this is dielectric strength, a measure of how much electric field a material can withstand without breaking down or getting electrically shorted. Resistivity, the inverse of conductivity, defines how strongly a material opposes the flow of electric current. Other essential electrical properties include piezoelectricity, where materials generate a voltage under mechanical stress, and ferroelectricity, where materials have switchable electrical polarization. In composite materials, the electrical properties can be tailored by combining conductive and insulating phases, resulting in functionalities like electrical percolation or tunable dielectric behavior. These properties are pivotal in a multitude of applications, from electronics and telecommunications to sensors and energy storage devices. As technological advancements continue, the nuanced understanding and manipulation of these electrical properties become increasingly central to innovation (Nguyen-Tri et al., 2018).

Barrier properties of materials refer to their ability to restrict or prevent the

passage of various agents, such as gases, liquids, or even specific molecules. These properties are crucial in numerous applications, especially in packaging, where materials must prevent the ingress or egress of moisture, oxygen, or other gases to protect and prolong the shelf-life of packaged products. For instance, certain polymers are excellent moisture barriers but might be permeable to gases like oxygen or carbon dioxide. Conversely, another polymer might effectively block gases but be less effective against moisture. The molecular structure, crystallinity, and density of a material play a vital role in determining its barrier properties. Imperfections or voids within the material can act as pathways, reducing its effectiveness as a barrier. Multi-layered materials or laminates are often used to combine the barrier properties of several materials, achieving a composite that can resist a broader spectrum of agents. Nanocomposites, wherein nanoparticles are embedded within a matrix, have garnered attention for potentially enhanced barrier properties, as the dispersed particles create a tortuous path, hindering the migration of molecules through the material. In the realm of coatings, barrier properties can also mean protection against ultraviolet radiation, chemicals, or even microbial penetration. The ability to engineer and optimize these properties is paramount in industries ranging from food and pharmaceutical packaging to electronics, where barrier materials protect sensitive components from environmental factors. Thus, understanding and harnessing barrier properties hold significant implications for product preservation, safety, and overall performance (Pripisnov et al., 2018).

Advantages and Challenges. Enhanced multifunctionality in materials and coatings refers to the integration of multiple, often disparate, properties and functionalities within a single material system. This concept has emerged as a focal point in materials science and engineering, especially with the advent of nanotechnology and advanced composite materials. Traditional materials were often designed with a primary function in mind, be it mechanical strength, electrical conductivity, or thermal insulation. However, modern demands, spurred by technological advances and evolving industrial needs, increasingly require materials to perform multiple roles simultaneously. For instance, a structural material might be expected not only to bear mechanical loads but also to conduct electricity, provide thermal insulation, and even offer self-healing capabilities. This paradigm shift towards multifunctionality often leverages the synergistic combination of different material phases, nanostructures, or engineered interfaces. A classic example is the development of conductive polymers that merge the mechanical flexibility of polymers with the electrical properties of metals or semiconductors. Another illustration would be hybrid materials that combine organic and inorganic components to achieve properties like simultaneous optical transparency and electrical conductivity. Advanced composites, embedding sensors within structural materials, or coatings offering both self-cleaning and antimicrobial properties are further instances. By achieving enhanced multifunctionality, materials can meet the complexities of modern applications, reduce system weight by eliminating the need for separate components for each function, and open pathways for innovative

solutions in sectors as diverse as aerospace, electronics, healthcare, and energy (Sarkar et al., 2009).

Tailoring properties based on requirements represents a profound shift in the materials science paradigm, moving from a one-size-fits-all approach to a bespoke design methodology where materials are engineered to fit precise application needs. Traditionally, materials were chosen based on their inherent properties and adapted as best as possible to fit various applications. However, as technology has advanced, the demand for materials with specific, sometimes highly niche, characteristics has grown. This shift recognizes that modern applications, whether in aerospace, biomedicine, electronics, or energy storage, often have nuanced needs that generic materials cannot optimally fulfill. Enter the era of tailored materials: using advanced synthesis, processing techniques, and a deep understanding of structure-property relationships, scientists and engineers can now design materials from the molecular or nanoscale upwards to exhibit desired behaviors. For example, if an application requires a lightweight material with high strength and thermal stability, a composite material might be engineered with carbon fibers embedded within a polymer matrix. In the realm of electronics, semiconductor properties can be finely tuned by manipulating doping levels, crystal structures, or nanostructuring to achieve desired electrical or optical behaviors. Biomedical implants might require materials that are not only biocompatible but also possess specific mechanical properties, degradation rates, or drug release profiles, leading to the design of specialized polymers or bioceramics. This move towards bespoke materials design allows for more efficient, durable, and optimized solutions, paving the way for innovations that push the boundaries of what's possible across myriad sectors.

Achieving a uniform distribution of phases in composite materials is a critical yet challenging aspect of material design and synthesis (Smith et al., 2020). Uniformity in phase distribution ensures consistent material properties, leading to reliable performance across the entirety of the material. However, several challenges impede the attainment of such homogeneity. First, the intrinsic differences in the physical and chemical properties of the constituent phases, such as density, surface energy, and chemical compatibility, can lead to phase segregation during synthesis or processing. For instance, during melt processing of polymer blends, differences in viscosity between the polymers can result in one phase dominating the continuous matrix, leading to a non-uniform distribution. Second, processing conditions, including temperature, shear rate, and cooling rate, can influence phase distribution. Rapid cooling might trap one phase within another, while slow cooling might allow phases to segregate. Third, interfacial interactions between phases play a crucial role. Insufficient adhesion or interaction between phases can cause one phase to agglomerate, forming clusters rather than a uniform dispersion. Achieving the right interfacial chemistry, often through the use of compatibilizers or surfactants, is essential for uniform distribution. Fourth, the size and shape of the dispersed phase particles can influence distribution. Nano-sized fillers, for example, have a higher tendency to agglomerate due to their high surface area, requiring

specialized dispersion techniques. Lastly, external factors such as gravitational settling during processing or storage can result in phase separation, especially in materials with significant density differences between phases. Addressing these challenges requires a deep understanding of material science, synthesis methods, and processing conditions, underpinned by an emphasis on characterization techniques that can accurately assess phase distribution (Vanerio et al., 2021).

Emerging Trends and Future Prospects. Nanocomposite coatings represent a significant advancement in the realm of protective and functional surfaces, leveraging the unique properties exhibited by materials at the nanoscale. These coatings incorporate nanoparticles—tiny particulates with dimensions typically less than 100 nanometers—into a matrix material. The integration of these nanoparticles imparts enhanced or even entirely new properties to the composite as compared to the base material alone. One of the primary benefits of nanocomposite coatings is the significant surface area provided by the nanoparticles, which can lead to stronger interactions with surrounding environments or improved mechanical interlocking within the coating. For example, the addition of nanoscale silica particles to a polymer coating can drastically enhance its hardness and wear resistance without significantly compromising its flexibility. Similarly, embedding metallic nanoparticles, such as silver or zinc oxide, can confer antimicrobial properties, making the resulting coatings valuable in healthcare or food packaging applications. Beyond that, the integration of carbon-based nanomaterials, like carbon nanotubes or graphene, can impart electrical conductivity to otherwise insulating coatings, opening doors to applications in flexible electronics or sensors. Furthermore, the tunable optical properties of certain nanoparticles allow for coatings with adjustable transparency or specific light-filtering characteristics. However, challenges persist in ensuring uniform dispersion of nanoparticles within the matrix, preventing agglomeration, and achieving consistent properties across large surface areas. Despite these challenges, nanocomposite coatings stand at the forefront of material innovations, bridging the gap between the atomic/molecular scale and macroscopic applications, and promise to revolutionize a vast array of industries by providing multifunctional surfaces with tailored properties (Xiang et al., 2017).

Self-healing coatings are at the cutting edge of materials innovation, reflecting a remarkable convergence of nature-inspired design and advanced materials science. These coatings possess the inherent capability to recover and repair themselves after being subjected to minor damages, such as scratches, cracks, or wear. The principle underlying these coatings often takes cues from biological systems, like human skin, which can heal after injury. There are various mechanisms through which self-healing can be achieved. One prevalent approach involves the encapsulation of healing agents, such as monomers or reactive compounds, within micro- or nano-capsules embedded in the coating. When damage occurs, these capsules rupture, releasing the healing agent which then reacts, either with the surrounding matrix or with a catalyst, to seal the damage. Another approach is based on reversible chemical

bonds, wherein the polymer chains in the coating can reform bonds after they are broken, effectively "healing" on a molecular level. Yet another strategy employs shape memory alloys or polymers that can revert to a predetermined shape when subjected to specific stimuli, thereby healing mechanical damages. The potential of self-healing coatings is vast: they can significantly extend the lifespan of materials, reduce maintenance costs, and provide sustained protection against environmental factors like corrosion, wear, or UV radiation. However, challenges remain, particularly in ensuring the longevity of the self-healing function, optimizing the healing response speed, and scaling up the technology for widespread industrial applications. Regardless, the promise of materials that mimic the resilience and adaptability of living organisms positions self-healing coatings as a transformative advancement in the world of materials science (Xin-Yuan Dong et al., 2021).

Smart and responsive coatings represent a groundbreaking leap in material technology, signifying coatings that can dynamically react to environmental stimuli or changes in their surroundings. Unlike traditional passive coatings that have a static behavior once applied, these intelligent coatings can alter their properties or functionalities based on external triggers such as temperature, pH, humidity, electrical or magnetic fields, and even specific chemical agents. For instance, thermochromic coatings can change their color in response to temperature fluctuations, offering potential applications in temperature sensing or mood rings. Similarly, pH-sensitive coatings, often utilized in drug delivery systems, can release their contents when the local environment becomes either acidic or alkaline. Another compelling category includes electro-responsive coatings that can alter their optical properties, adhesion strength, or permeability when subjected to an electric field, paving the way for applications in smart windows or dynamically tunable adhesives. On a similar note, magnetic field-responsive coatings have the capability to change their alignment, stiffness, or even color based on magnetic stimuli. Additionally, there are moisture-responsive coatings that swell or change their properties when exposed to humidity, and these have seen applications ranging from humidity sensors to "breathable" protective layers. At the heart of these smart coatings lies a deep understanding of material chemistry, nanotechnology, and molecular design, allowing for the creation of systems that can bridge the gap between passive materials and active, adaptive functionalities. While the potential of these coatings is vast and transformative, challenges persist in enhancing their sensitivity, repeatability, durability, and scalability for real-world applications. Still, the promise of surfaces that can dynamically interact with and adapt to their surroundings positions smart and responsive coatings at the forefront of future material innovations (Yin et al., 2018).

Green and sustainable fabrication methods have become increasingly central in the modern manufacturing landscape, emphasizing the production of materials and products with minimal environmental impact. These methods prioritize the efficient use of resources, minimize waste, and often incorporate renewable or biodegradable materials. At the core of this approach is the desire to reduce the carbon footprint,

decrease energy consumption, and eliminate or minimize the use of toxic solvents and reagents. For instance, the use of supercritical fluids, like supercritical CO₂, as solvents in material synthesis offers a cleaner alternative to traditional organic solvents, and the product can be easily recovered by simply depressurizing the system. Water-based synthesis and processing are another avenue, sidestepping the environmental and health issues associated with organic solvents. Green synthesis routes also consider the source of raw materials, favoring bio-based or recycled precursors over petrochemical derivatives. The shift towards using biopolymers, derived from renewable resources like starch, cellulose, or chitin, is also an emblematic representation of this movement. Electrospinning and electrospraying are examples of techniques that can be adapted to use green solvents and produce nano or micro-scale structures without harmful by-products. Furthermore, the rise of additive manufacturing or 3D printing has enabled more efficient material usage by building structures layer by layer, drastically reducing waste associated with traditional subtractive manufacturing techniques. However, while these sustainable methods present a promising step towards an eco-friendly future, challenges remain in scaling up these processes, ensuring product performance meets or exceeds that of traditionally-produced counterparts, and developing robust recycling or degradation pathways. Nevertheless, as societal emphasis on sustainability grows, green and sustainable fabrication methods are poised to become the standard, reflecting a holistic approach that balances performance, cost, and environmental stewardship (Youjuan et al., 2023).

Conclusion

In conclusion, the realm of composite coatings has witnessed exponential advancements over recent decades, bridging innovative scientific research and practical real-world applications. With a foundation in multi-material synergy, these coatings have transformed how we approach wear resistance, corrosion protection, thermal management, and myriad other challenges, ushering in a new age of tailored material solutions. Notably, as we've delved into green and sustainable fabrication methods, there's a clear indication that the future of coatings is not just about performance enhancement, but also about ethical and environmental responsibility. The trend towards sustainability, combined with the application of nanotechnology and smart, responsive features, paints a promising picture of coatings that are more adaptive, longer-lasting, and environmentally friendly. Looking ahead, the emphasis will likely shift towards even more customized solutions, leveraging artificial intelligence for material design, exploring bio-derived and bio-inspired materials, and achieving a circular economy where coatings can be recycled or degraded without harm. The integration of multifunctionality, where coatings can perform multiple roles simultaneously, from self-healing to sensing, will also be at the forefront of research and development. While challenges persist, the convergence of technology, science, and sustainability offers an optimistic outlook for the next generation of composite coatings, poised to meet the nuanced demands of a rapidly evolving world.

REFERENCES

- Ang A.S.M., Berndt C.C. (2014). A Review of Testing Methods for Thermal Spray Coatings, *INTERNATIONAL MATERIALS REVIEWS*. — Vol.59. — Pp.179–223. — <https://doi.org/10.1179/1743280414Y.0000000029> (in Eng.).
- Ashokkumar M., Thirumalaikumarasamy D., Thirumal P., Barathiraja R. (2021). Influences of Mechanical, Corrosion, erosion and tribological performance of cold sprayed Coatings A review, *MATERIALS TODAY: PROCEEDINGS*. — Vol. 46. — Pp. 7581–7587. — <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.664> (in Eng.).
- Chen Q., Zhao L., Li C., Shi G. (2007). Electrochemical fabrication of a memory device based on conducting polymer nanocomposites, *THE JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C*. — Vol. 111. — Pp. 18392–18396. (in Eng.).
- Chen W., Chang L., Ren S.B., He Z.C., Huang G.B., Liu X.H. (2020). Direct Z-scheme 1D/2D WO₂.72/ZnIn₂S₄ hybrid photocatalysts with highly-efficient visible-light-driven photodegradation towards tetracycline hydrochloride removal, *JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS*. — V. 384. — DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121308 (in Eng.).
- De Lima-Neto P., Correia A.N., Colares R.P., Araujo W.S. (2007). - Corrosion study of electrodeposited Zn and Zn-Co coatings in chloride medium, *JOURNAL OF THE BRAZILIAN CHEMICAL SOCIETY*. — Vol.18(6). — Pp.1164–1175. — <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000600010> (in Eng.).
- Deepaka J.R., Bupesh Rajaa K.V., Gobi Saravanan Kaliaraj (2019). Mechanical and corrosion behavior of Cu, Cr, Ni and Zn electroplating on corten A588 steel for scope for betterment in ambient construction applications, *RESULTS IN PHYSICS*. — Vol. 14. — Pp.1–10. — <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.102437> (in Eng.).
- Dong D., Chen X. H., Xiao W. T., Yang G. B., Zhang P.Y. (2009). Preparation and properties of electroless Ni-P-SiO₂ composite coatings, *APPLIED SURFACE SCIENCE*. — Vol. 255. — Pp. 7051–7055. (in Eng.).
- Gonzalez R., Ashrafzadeh H., Lopera A., Mertiny P., McDonald A. (2016). A review of thermal spray metallization of polymer-based structures, *J THERM SPRAY TECHNOL*. — Vol.25. — Pp. 897–919. — <https://doi.org/10.1007/s11666-016-0415-7> (in Eng.).
- Hasani B.M., Hedayatmofidi H., Zarebidaki A. (2021). Effect of Friction Stir Process on the Microstructure and Corrosion Behavior of AZ91 Mg Alloy, *MATERIALS CHEMISTRY AND PHYSICS*. — Vol. 267. — 124672. — <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.124672> (in Eng.).
- Huh J.H., Kim S.H., Chu J.H., Kim S.Y., Kim J.H., Kwon S.Y. (2014). Enhancement of seawater corrosion resistance in copper using acetone – derived graphene coating, *NANOSCALE*. — Vol. 8. — Pp. 4379–4386. — <https://doi.org/10.1039/C3NR05997A> (in Eng.).
- Ibrahim A., Berndt C. (2007). - Fatigue and deformation of HVOF sprayed WC–Co coatings and hard chrome plating, *MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING: A*. — Vol. 456. — Pp. 114–119. — <https://doi.org/10.1016/j.msea.2006.12.030> (in Eng.).
- Ivanov I., Dimitrov D. (2021). Layer-by-Layer Assembly in Composite Coatings, *JOURNAL OF LAYERED MATERIALS*. — Vol. 14(4). — Pp. 250–260. (in Russ.).
- Laad M., Ghule B. (2022). Fabrication Techniques of Superhydrophobic Coatings: A Comprehensive Review, *REVIEW*. — Vol.11. — Pp.1–19. — <https://doi.org/10.1002/pssa.202200109> (in Eng.).
- Li Q., Hou P., Shang S. (2022). Accurate 3D thermal stress analysis of thermal barrier coatings, *INTERNATIONAL JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCES*. — Vol.217. — <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2021.107024> (in Eng.).
- Li Y.J., Luo X.T., Li C.J. (2017) Dependency of deposition behavior, microstructure and properties of cold sprayed Cu on morphology and porosity of the powder, *SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY*. — Vol. 328. — Pp. 304–312. — <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.070> (in Eng.).
- Lukina N.F., Dement'eva L.A., Serezhnikov A.A., Kotova E.V., Senatorova O.G., Sidel'nikov V.V., Kutsevich K.E. (2011). Adhesive prepregs and composite materials on their basis, *RUSSIAN JOURNAL OF GENERAL CHEMISTRY*. — Vol. 81. — Pp. 1022–1024. (in Eng.).

Ma C., Wu F., Ning Y., Xia F., Liu Y. (2014). - Effect of heat treatment on structures and corrosion characteristics of electroless Ni-PSiC nanocomposite coatings, CERAMICS INTERNATIONAL. — Vol. 40. — Pp. 9279–9284. — <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.01.150> (in Eng.).

Moridi A., Hassani-Gangaraj S. M., Guagliano M., Dao M. (2014). Cold spray coating: review of material systems and future perspectives, SURFACE ENGINEERING. — Vol. 30. — Pp. 369–395. — <https://doi.org/10.1179/1743294414Y.0000000270> (in Eng.).

Nguyen-Tri P., Carriere T.A.N., Xuan C.N. (2018). - Nanocomposite Coatings: Preparation, Characterization, Properties, and Applications, INTERNATIONAL JOURNAL OF CORROSION, Vol.19, Pp. 1-20. <https://doi.org/10.1155/2018/4749501> (in Eng.).

Oreshko E.I., Utkin D.A., Erasov V.S., Lyakhov A.A. (2020). - Methods of measurement of hardness of materials (review), ТРУДЫ ВИАМ. — Vol. 1 (85). — Pp. 101–117. — DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-1-101-117 (in Russ.).

Poza P., Garrido-Maneiro M.A. (2022).- Cold-sprayed coatings: Microstructure, mechanical properties, and wear behavior, PROGRESS IN MATERIALS SCIENCE. — Vol.123. — <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2021.100839> (in Eng.).

Pradhan A. K. Das S. (2014). - Pulse Reverse Electrodeposition of Cu-SiC Nanocomposite Coating: Effects of Surfactants and Deposition Parameters, METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A: Physical Metallurgy and Materials Science. — Vol. 45. — Pp. 5708–5720. — DOI:10.1007/s11661-014-2511-y (in Eng.).

Pripisnov Ya.A., Grishinal O.I. (2018). Modern methods of mechanical processing of composite materials (review), ТРУДЫ ВИАМ. — Vol.10 (70). — Pp. 53–61. — DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-10-53-61 (in Russ.).

Sarkar D.K., Farzaneh M. (2009). Superhydrophobic coatings with reduced ice adhesion, JOURNAL OF ADHESION SCIENCE AND TECHNOLOGY. — Vol. 23. — Pp. 1215–1237. — <https://doi.org/10.1163/156856109X433964> (in Eng.).

Smith G.M., Gildersleeve E.J., Luo X.T., Luzin V., Sampath S. (2020). On the surface and system performance of thermally sprayed carbide coatings produced under controlled residual stresses, SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY. — Vol.387. — <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125536> (in Eng.).

Vanerio D., Kondas J., Guagliano M., Bagherifard, S. (2021). 3D Modelling of the Deposit Profile in Cold Spray Additive Manufacturing, JOURNAL OF MANUFACTURING PROCESSES. — Vol. 67. — Pp. 521–534. — <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.05.013> (in Eng.).

Xiang Chen., Xiaojie Li., Honghao Yan., Xiaohong Wang., Xiangyu Zeng. (2017). Factors affecting explosive compaction–sintering of tungsten–copper coating on a copper surface, JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS. — Vol.729. — Pp. 1201–1208. — <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.09.278> (in Eng.).

Xin-Yuan Dong., Xiao-Tao Luo., Yi Ge., Chang-Jiu Li. (2021). Enhancing the hot-corrosion resistance of atmospheric plasma sprayed Ni-based coatings by adding a deoxidizer, MATERIALS & DESIGN. — Vol.201. — <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110154> (in Eng.).

Yin S., Jenkins R., Yan X., Lupoi R. (2018). Microstructure and Mechanical Anisotropy of Additively Manufactured Cold Spray Copper Deposits, MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING: A. — Vol. 734. — Pp.67–76. — <https://doi.org/10.1016/j.msea.2018.07.096> (in Eng.).

Youjuan Ma., Xiao Wang., Zhen Dong., Xin Hou., Tao Wang., Wenxiang Sun., Huixia Liu. (2023). Effect of particle size on the microstructure and consolidation behavior of nickel coating fabricated by laser shockwave sintering, JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH AND TECHNOLOGY. — Vol. 24. — Pp. 5404–5419. — <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.04.162> (in Eng.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 348 (2023), 169–178

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.251>

UDC 547.972

© N. Duzbayeva¹, M. Ibrayeva^{2*}, K. Kabdysalym¹, Zh. Mukazhanova¹,
A. Adhikari³, 2023

¹S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan;

²Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov,
Aktau, Kazakhstan;

³Tribhuvan University, Kritipur, Kathmandu, Nepal.

E-mail: ibrayevamanshuk@mail.ru

COMPONENT COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL OF *HYSSOPUS CUSPIDATUS* PLANTS

Duzbayeva Nurbanu — PhD student Department of Chemistry, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

E-mail: nurbanu.87@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3064-6085>;

Ibrayeva Manshuk — PhD, acting associate professor Department of Natural sciences, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov, Aktau, Kazakhstan

E-mail: ibrayevamanshuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4074-5499>;

Kabdysalym Kulaigul — Senior-lector Department of Chemistry, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

E-mail: kun_ai_gul@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3737-616X>;

Mukazhanova Zhazira — PhD, acting associate professor Department of Chemistry, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

E-mail: mukazhanovazhb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4635-8000>;

Adhikari Achyut — Dr., associate professor of Central Department of Chemistry, Tribhuvan University, Kritipur, Kathmandu, Nepal

E-mail: achyutraj05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1065-5727>.

Abstract. The article presents the quantitative content of essential oil and biological activity of the aerial part of the plant *Hyssopus cuspidatus* of the *Lamiaceae* family, growing in the Altai region. About 6000 plant species grow in our republic, of which about 700 are medicinal. Medicinal plants have been used for centuries as raw materials for the preparation of various medicines, but their phytochemical analysis is an urgent problem, since not all of their species have been systematically studied. More than 3000 species of plants containing essential oil are known, and about 1000 of them are found in the flora of our country. The essential oil from the plant *Hyssopus cuspidatus* of the *Lamiaceae* family, growing in Altai was obtained in Clevenger's apparatus. The composition of the essential oil was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and 83 components

were identified. The main lipophilic substances in the *Hyssopus cuspidatus* plant are: pinocarvone (27.06%), 1,8-cineole (10.76%) and cis-pinocarveol (9.57%). In addition, hexane extracts of the plant *Hyssopus cuspidatus* with active substances showed positive results of cytotoxic activity against the sea crab *Artemia salina* and antioxidant activity compared with butylated hydroxyanisole.

Keywords: *Lamiaceae*, *Hyssopus cuspidatus*, essential oil, gas chromatography-mass-spectrometry (GC-MS), pinocarvone, cytotoxic activity, antioxidant activity

© Н. Дузбаева¹, М. Ибраева^{2*}, К. Қабдысалым¹, Ж. Мукажанова¹,
A. Adhikari³, 2023

¹С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,
Өскемен, Қазақстан;

²Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг
университеті, Ақтау, Қазақстан;

³Трибхуван университеті, Критипур, Катандум, Непал.
E-mail: ibrayevamanshuk@mail.ru

***HYSSOPUS CUSPIDATUS* ӨСІМДІГІНІҢ ЭФИР МАЙЛАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ**

Аннотация. Мақалада Алтай өңірінде өсетін *Lamiaceae* (Еріндігүлдер) тұқымдасына жататын *Hyssopus cuspidatus* текті өсімдіктің жер үсті бөлігіндегі эфир майының сандық құрамы және оның биологиялық белсенділігі келтірілген. Республикамызда өсімдіктердің 6000–ға жуық түрі өседі, олардың 700-ге жуығы дәрілік болып келеді. Дәрілік өсімдіктер ғасырлар бойы әртүрлі дәрі-дәрмектерді жасау үшін шикізат ретінде қолданылған, бірақ бүгінгі күнге дейін олардың барлық түрлері жүйелі зерттелмегендіктен оларды фитохимиялық талдау өзекті мәселе болып табылады. Құрамында эфир майы бар өсімдіктердің 3000 астам түрі белгілі, соның ішіндегі 1000 шақтысы еліміздің флорасынан табылған. Зерттеу жұмысында көрсетілген Алтай өңірінде өсетін *Lamiaceae* тұқымдасына жататын *Hyssopus cuspidatus* текті өсімдік құрамындағы эфир майы Клеменджер қондырғысында алынды. Эфир майының құрамынан газ хроматографиялы масс-спектрометрия (ГХ-МС) әдісімен талдау жасалып, 83 компонент идентификацияланды. *Hyssopus cuspidatus* өсімдік құрамындағы негізгі липофильді заттар: пинокарвон (27.06 %), 1,8-цинеол (10.76 %) и цис-пинокарвеол (9.57 %). Сонымен қатар, әсер етуші заттары бар *Hyssopus cuspidatus* өсімдігінің гександы экстракттері *Artemia salina* теңіз шаяндарына қарсы цитотоксикалық белсенділік және бутилгидроксианизолмен салыстырғанда тотығуға қарсы белсенділіктері оң нәтиже көрсетті.

Түйін сөздер: *Lamiaceae*, *Hyssopus cuspidatus*, эфир майы, газды хроматографиялы–масс-спектрометрия (ГХ-МС), пинокарвон, цитотоксикалық белсенділік, тотығуға қарсы белсенділік

© Н. Дузбаева¹, М. Ибраева^{2*}, К. Кабдысалым¹, Ж. Мукажанова¹,
А. Adhikari³, 2023

¹Восточно-Казахстанский университет имени С.Аманжолова,
Усть-Каменогорск, Казахстан;

^{2*} Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова,
Актау, Казахстан;

³Университет Трибхувана, Критипур, Катандум, Непал.
E-mail: ibrayevamanshuk@mail.ru

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЯ *HYSSOPUS CUSPIDATUS*

Аннотация. В статье представлены количественное содержание эфирного масла и его биологическая активность в надземной части растения *Hyssopus cuspidatus* семейства Яснотковые, произрастающего в Алтайском крае. В нашей республике произрастает около 6000 видов растений, из них около 700 – лекарственные. Лекарственные растения веками использовались в качестве сырья для приготовления различных лекарственных средств, однако их фитохимический анализ является актуальной проблемой, поскольку не все их виды систематически изучены. Известно более 3000 видов растений, содержащих эфирное масло, а около 1000 из них встречаются во флоре нашей страны. Эфирное масло, содержащееся в растении *Hyssopus cuspidatus*, принадлежащем к семейству яснотковых, произрастающем на Алтае, было получено в аппарате Клевенджера. Состав эфирного масла проанализирован методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) и идентифицировано 83 компонента. Основными липофильными веществами в растении *Hyssopus cuspidatus* являются: пинокарвон (27,06 %), 1,8-цинеол (10,76 %) и цис-пинокарвеол (9,57 %). Кроме того, гексановые экстракты растения *Hyssopus cuspidatus* с активными веществами показали положительные результаты по цитотоксической активности в отношении морских крабов *Artemia salina* и антиоксидантным свойствам по сравнению с бутилгидроксианизолом.

Ключевые слова: *Lamiaceae*, *Hyssopus cuspidatus*, эфирное масло, газовая хромато-масс-спектрометрия (ГХ-МС), пинокарвон, цитотоксическая активность, антиоксидантная активность

Introduction

The land of Kazakhstan is rich in a variety of green plants necessary for human life, among which the most important for country today are medicinal plants. In addition, medicinal plants are widely used in traditional medicine (Mukhitdinov, 2009: 29). In recent years, the interest in medicinal plant forms is increasing, therefore, the study of natural molecules with high biological activity, which resists the fight against various diseases in the human body, is one of the urgent issues.

Plants belonging to the Lamiaceae family, widespread in Kazakhstan, are of great interest from a practical and theoretical point of view. The amount of flavonoids, phenolic acids, phenols, and alkaloids in the raw materials of plants belonging to the *Lamiaceae* family is relatively dominant (Komarov, 1954: 10). Flavonoid substances are known as the main component in sedative drugs (Seithan, 2022: 196 and Shomirzoeva, 2022: 6). Since the value of most of the plants has not been fully refined, it is used only to a limited extent in science and medicine. Effective use of medicinal plants is necessary to meet the needs of pharmaceutical production. Pharmacological effect of medicinal liquid is determined due to the presence of biologically active substances in its composition. The main representatives of essential oils have anti-microbial and anti-infective activity. That's why a lot of attention is being paid to the research of essential oils.

Hyssopus cuspidatus contains more essential oil than other medicinal plants. Essential oils are obtained from plant bark, flowers, fruits, leaves and roots (Kovalenko, 2019: 8). Essential oil can usually be obtained from all parts of the plant, but its quantity is not uniform. The flowers, fruits, leaves, stems of the plant contain a large amount of essential oil, and the amount of essential oil in the root is small (Fathiazad, 2011: 7).

Methods and materials

Object of research: the above-ground part of *Hyssopus cuspidatus* plant was collected in the Altai region during the flowering period in September 2020.

The essential oil contained in the plant was extracted and the composition of the essential oil was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry GC-MS method.

Extraction of essential oil from ground *Hyssopus cuspidatus* is carried out in a Clevenger apparatus. 100 g of raw material is brewed with distilled water for 1 hour. Essential oil is filtered and collected in the device. The collected crude oil was extracted with 1 ml of hexane and distilled, resulting in a clear oily layer (1.074 g).

Currently, the main methods of essential oil research are hybrid gas chromatography - mass-spectrometry (GC-MS). This method does not require preliminary separation of individual substances and comparison with data from other spectral methods. The qualitative and quantitative composition of the essential oil of the *Hyssopus cuspidatus* plant was determined on a Perkin Elmer Clarus 600 chromatography-mass spectrometer. Between 4 min and 120 min absorption time, 86 substances were absorbed and 83 of them were compared and identified with the NIST database. The results of the study showed that the majority of the released substances were represented by the group of organic acids (Table 1, Figure 1).

Biologically active substances are complex natural compounds contained in medicinal plants (alkaloids, vitamins, saponins, ether, fatty oils, glycosides) (Ozer, 2006: 10). Cytotoxicity and antioxidant activity of the essential oil extracted with hexane from *Hyssopus cuspidatus* against the sea crab *Artemia salina* was studied by the FRAP method (Fathiazad, 2011: 4).

Results and Discussion

The essential oil content of *Hyssopus cuspidatus* above ground part was determined by the chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method. The essential oil contains 83 components, which accounted for 95.94 % of the total components of the oil, its main volatile components: pinocarvone (27.06 %), 1,8-cineole (10.76 %) and cis-pinocarveol (9.57 %). They are distinguished by their antioxidant and anti-inflammatory properties useful in the treatment of various inflammatory diseases such as arthritis, asthma (Zhou, 2010:3), rheumatism, etc. (Li, 2013: 5).

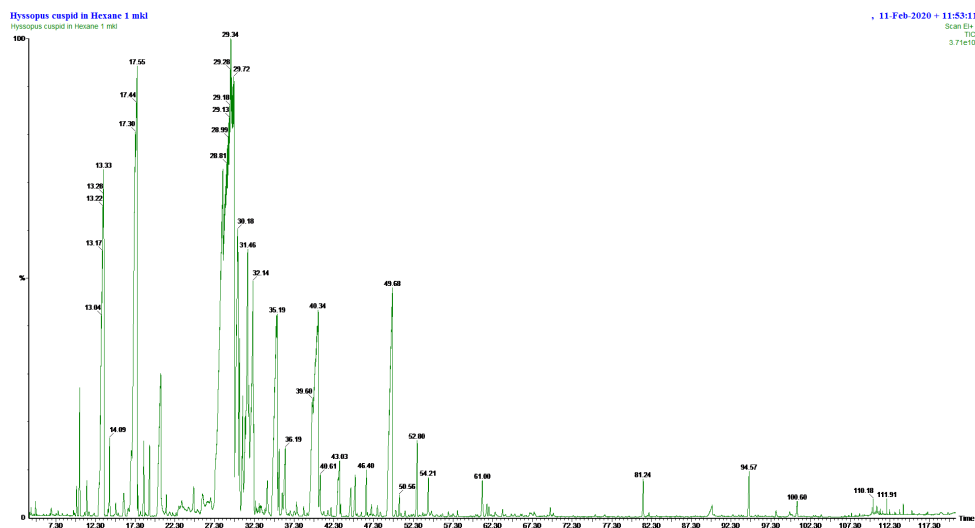


Figure 1 - Percentage of lipophilic substances in *Hyssopus cuspidatus* (%)

Table 1 – Percentage of lipophilic substances in *Hyssopus cuspidatus* (%)

No	RT	Rlit	Rcalc	Component	Match	Area %
	4.781	800±2	795	Hexanal	936	0.05
	6.744	857±3	846	cis-3-Hexen-1-ol	932	0.04
	9.929	929±2	917	a-Thujene	934	0.15
	10.332	929±7	923	α-Pinene	944	0.66
	11.209	952±2	936	Camphene	948	0.19
	11.488	956±2	941	Dehydrosabinene	942	0.03
	12.137	962±3	951	Benzaldehyde	846	0.03
	13.329	979±2	969	β-Pinene	924	6.30
	13.891	980±2	978	Amyl vinyl carbinol	752	0.04
	14.093	991±2	981	Myrcene	889	0.38
	14.852	1004±3	992	Pseudolimonen	901	0.10
	15.879	1017±2	1007	α-Terpinene	926	0.24
	16.429	1022±2	1014	o-Cymene	910	0.06
	16.844	1023±6	1019	β-Cymene	707	0.72

17.548	1032±2	1029	1.8-Cineole	917	10.76
17.636	1037±7	1030	Ocimene	932	0.09
17.959	1045±4	1034	α-Tolualdehyde	888	0.03
18.392	1049±2	1040	trans-Ocimene	943	0.38
19.119	1060±3	1049	γ-Terpinen	931	0.38
20.524	1070±4	1067	cis-Sabinenhydrate	906	2.36
21.225	1088±2	1076	Terpinolene	930	0.10
22.817	1070±4	1097	cis-Sabinenhydrate	846	0.11
23.173	1146±3	1102	Isopulegol	762	0.39
24.042	1168±3	1111	Isothujol	811	0.14
24.677	1144±1	1118	cis-β-Terpineol	788	0.29
25.135	1131±1	1123	Cosmene	829	0.06
25.788	1139±2	1130	trans-Pinocarveol	884	0.34
26.452	1142±3	1137	Camphor	812	0.25
26.805	1144±2	1141	trans-Verbenol	845	0.16
28.342	1180±4	1158	cis-Pinocarveol	773	9.57
29.343	1164±N/A	1169	Pinocarvone	813	27.06
30.183	1160±3	1178	(E)-Pinocamphone	859	3.80
30.473	1177±2	1181	p-Menth-1-en-4-ol	907	0.90
30.855	1199±N/A	1185	3,6-Dimethyloctahydro-1-benzofuran	809	0.57
31.141	1186±N/A	1188	Isocarveol	783	0.52
31.464	1193±3	1192	Mirtenal	764	2.78
31.621	1189±2	1194	a-Terpineol	885	0.76
32.135	1195±2	1199	Mirtenol	878	3.06
32.183		1200	Unknown 1		0.42
32.454	1204±N/A	1203	Verbenone	931	0.05
32.902	1192±10	1208	Dihydrocarveole	723	0.05
33.06	1229±5	1210	p-Menth-1-en-9-al	863	0.03
33.944	1229±3	1221	cis-Carveol	915	0.32
35.187	1237±3	1236	Pulegone	916	4.41
35.239	1239±3	1237	p-Cumic aldehyde	889	0.07
35.433	1239±3	1239	Cuminal	918	0.34
35.822	1297±1	1244	trans-Pinocarvyl acetate	781	0.10
36.193	1253±6	1249	Piperitone oxide	873	0.61
36.805	1254±4	1256	cis-Myrtanol	827	0.05
37.627	1272±4	1266	Perillal	907	0.09
38.511	1285±3	1277	Bornyl acetate	721	0.06
39.604	1296±3	1290	Perilla alcohol	510	1.47

40.342	1287±N/A	1299	2-(4-Methylenecyclohexyl)-2-propen-1-ol	875	5.90
40.606	1296±3	1302	Perilla alcohol	922	0.24
41.032	1317±5	1307	p-Vinylguaiacol	886	0.03
41.549	1314±N/A	1314	2-(1-Formylvinyl)-5-methylcyclopentanecarbaldehyde	747	0.03
41.945	1327±4	1318	Myrtenyl acetate	911	0.05
43.031		1331	Unknown 2		0.66
43.167	1340±4	1333	Piperitenone	903	0.05
44.451	1377±15	1348	3-Allyl-2-methoxyphenol	948	0.28
45.005	1390±3	1355	α-Ionol	722	0.30
45.764	1376±2	1364	α-Copaene	928	0.03
46.399	1384±3	1371	β-Bourbonene	925	0.30
47.786	1394±3	1388	Jasmone	918	0.07
49.679	1436±N/A	1410	Perilla acetate	835	4.98
51.26	1448±4	1427	Isogermacrene D	884	0.04
52.804	1457±2	1445	t-β-Farnesene	935	0.52
54.206	1481±3	1461	Germacrene D	922	0.27
54.573	1483±3	1465	α-Curcumene	908	0.04
56.734	1509±3	1489	β-Bisabolene	869	0.03
57.317	1518±10	1496	Cadina-3,9-diene	810	0.03
57.871	1524±2	1502	β-Sesquiphellandrene	908	0.04
61.0	1568±2	1549	Palustrol	931	0.30
61.573	1576±2	1557	Espatulenol	909	0.09
61.826	1581±2	1561	Epoxy Caryophyllene	895	0.06
62.622	1695±N/A	1572	ent-Germacrene-4(15),5,10(14)-trien-1β-ol	827	0.05
63.558	1565±4	1586	Ledol	900	0.05
67.501	1660±2	1644	Neointermedeol	872	0.03
76.424	1768±5	1774	Myristic acid	899	0.03
81.244	1844±4	1845	Hexahydrofarnesyl acetone	931	0.24
81.967	1870±4	1856	Diisobutyl phthalate	768	0.03
89.932	1968±7	1972	Hexadecanoic acid	902	0.22
94.573		2046	Unknown 3		0.36
97.97	2114±5	2103	trans-Phytol	907	0.05
111.907	2700	2684	Heptacosane	933	0.03
113.976	2900	2879	n-Nonacosane	911	0.03
			Total		97.38



Figure 2 – Extraction of essential oil in the Clevenger apparatus

The essential oil with hexane extracted from *Hyssopus cuspidatus* plant was studied for its cytotoxic activity against the sea crab *Artemia salina*, the data results shown in the table 2 of different concentrations of tested samples (10 mg/ml, 5 mg/ml and 1 mg/ml) showed lethal toxicity, that is, all the larvae died. Dimethyl sulfoxide was used as a control solution (Table 2) (Suleimen, 2019: 2).

Table 2 – Cytotoxic activity of essential oil of *Hyssopus cuspidatus*

№	Number of larvae during observation		Number of larvae in the sample			% surviving larvae in control	% of surviving larvae in the sample	Mortality, A,%	Presence of neuro-toxicity, %
	Survivors	dead	Survivors	dead	para-lyzed				
1	20	0	0	24	0	96	0	96	0
2	27	1	0	20	0				
3	27	0	0	28	0				
Average	25	1	0	24	0				

The presence of cytotoxic activity in *Hyssopus cuspidatus* plant increases its potential in the treatment of various inflammatory diseases such as oncology and arthritis, asthma, rheumatism.

The antioxidant activity of the essential oil of *Hyssopus cuspidatus* was studied by the FRAP method. To 0.1 ml of test substances in the concentration range of 0.25; 0.5; 0.75; 1.0 mg/ml, 0.25 ml of 0.2 M phosphate buffer (pH = 6.6) and 0.25 ml 1 % solution of potassium hexacyanoferrate (III) are added. The reaction mixture is incubated for 20 minutes at 500 C, the reaction is stopped by adding 0.25 ml of 10 % trichloroacetic acid solution. The mixture is centrifuged for 10 minutes. (3000 rpm). The top layer of 0.5 ml is mixed with 0.5 ml of distilled water and 0.1 ml of 0.1 % FeCl₃. Optical density (OD) measurements are performed at 700 nm. The antioxidant activity (AOA) of the samples was compared with the AOA of butylated hydroxyanisole (BHA) (Xie, 2019: 1).

Table 3 – Change in optical density of solutions depending on the concentration of working solutions

№	Samples	Optical density value at concentration (mg/ml)			
		0,25	0,5	0,75	1,0
1	Butylhydroxyanisole (BHA)	1,5538	1,5628	1,6675	1,7438
2	Hyssopus cuspidatus essential oil with hexane (Hysscuspud)	0,1087	0,1738	0,2324	0,4920

The results of the experiment showed a lower antioxidant activity of *Hyssopus cuspidatus* essential oil compared to butylated hydroxyanisole as shown in Table 3. The presence of antioxidant activity in *Hyssopus cuspidatus* plant helps to reduce the level of free radicals in the body and fight against various diseases, including cancer (Yong, 2020: 1). Antioxidants are used to strengthen the immune system, treat infections and heart disease, and prevent damage to cells and tissues (Erkenova, 2017: 1).

Conclusion

Essential oil from *Hyssopus cuspidatus* was distilled in a Clevenger apparatus, 1074 g of essential oil was obtained from 100 g of raw material. The qualitative and quantitative composition of the essential oil was determined on a Perkin Elmer Clarus 600 chromatography-mass spectrometer. Contains 83 components, which make up 95.94 % of the total components of the oil. Main components with high quantity: pinocarvone (27.06 %), 1,8-cineole (10.76 %) and cis-pinocarveol (9.57 %). Cytotoxic and antioxidant activity of essential oil from *Hyssopus cuspidatus* plant was determined.

REFERENCES

- Erkenova M., Murzakhmetova M., Aralbaeva A. (2017). Study of antimicrobial and antioxidant properties of plant extracts, Scientific journal “Student”. — 1(1):3–4 [in Rus].
- Fathiazad F., Hamedeyazdan S. (2011). A review on *Hyssopus officinalis* L.: Composition and biological activities, African Journal of Pharmacy and Pharmacology, — 5(17):1959–1966. — DOI: 10.5897/AJPP11.527 [in Eng].
- Fathiazad F., Mazandarani M., Hamedeyazdan S. (2011). Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis* L. from Iran, Advanced Pharmaceutical Bulletin, — 1(2):63-67. — doi: 10.5681/apb.2011.009 [in Eng].
- Komarov V. (1954). Flora of the USSR, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow 21:451 – 461 [in Rus].
- Kovalenko N.A., Akhramovich, Supichenko G.N., Sachivko T.V., Bosak V.N. (2019). Antibacterial activity T.I. of essential oils of *Hyssopus officinalis*, Chemistry of plant raw materials, — 1:191-199. — DOI: 10.14258/jcprm.2019014083 [in Rus].
- Li H., Zhao N., Yang K., Liu Z., Wang Q. (2013). Chemical composition and toxicities of the essential oil derived from *Hyssopus cuspidatus* flowering aerial parts against *Sitophilus zeamais* and *Heterodera avenae*, Journal of Medicinal Plants Research, — 7(7):343–348. — <https://doi.org/10.5897/JMPR12.475> [in Eng].
- Mukhitdinov N. (2009). Bioresources in Kazakhstan. Educational tool. — Almaty, — 295 [in Kaz].
- Ozer H., Sokmen M., Gulluce M., Adiguzel A., Kilic H., Sahin F., Sokmen A., Baris O. (2006). In vitro Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oils and Methanol Extracts of *Hyssopus officinalis* L. ssp. *Angustifolius*, Italian Journal of Food, — 1(18):73-83 [in Eng].

- Seithan A. (2022). Methods of obtaining extracts from medicinal plants, — 196 [in Kaz].
- Shomirzoeva O, Li J. Numonov S. Atolikshoeva S. Aisa H. (2020). Chemical components of *Hyssopus cuspidatus* Boriss: isolation and identification, characterization by HPLC-DAD-ESI-HRMS/MS, antioxidant activity and antimicrobial activity. *Nat Prod Res.*; — 34(4):534–540. — <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1488710> [in Eng].
- Suleimen E., Sisengalieva G., Adilkhanova A., Dudkin R., Gorovoi P., Iskakova Zh. (2019). Composition and Biological Activity of Essential Oil from *Artemisia keiskeana*, *Chem. Nat. Comp.*, — 55:154-156. — <https://doi.org/10.1007/s10600-019-02641-7> [in Eng].
- Xie K., He X., Chen K., Chen J., Sakao K., Hou D. (2019). Antioxidant properties of a traditional vine tea, *Ampelopsis grossedentata*, *Antioxidants*, — 8:295. — <https://doi.org/10.3390/antiox8080295> [in Eng].
- Yong Yang L., Asyakina K., Babich O., Dyshlyuk L., Sukhikh S., Popov A., Kostyushina N. (2020). Study of physico-chemical properties and biological activity of extracts from dried callus biomass, suspension cells and root cultures in vitro, *Equipment and technology of food production*, — 50(3):7–8 [in Rus].
- Zhou X., Hai-Yan G., Tun-Hai X., Tian S. (2010). Physicochemical evaluation and essential oil composition analysis of *Hyssopus cuspidatus* Boriss from Xinjiang, China, *Pharmacogn Magazine*, — 6(24):278–281. — <https://doi.org/10.4103/0973-1296.71790> [in Eng].

UDC 541.13

© **G. Tileuov^{1*}, A. Kopzhassarova¹, B. Bekbauov¹, G.I. Issayev²,
SH.K. Shapalov¹, 2023**

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan;

²Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,
Turkistan, Kazakhstan.

E-mail: gamidulla_nca@mail.ru

INVESTIGATION OF PHYSICO-CHEMICAL FEATURES LOCAL MARLS FOR OBTAINING SORBENTS

Tileuov Gamidulla — postdoctoral student. M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: gamidulla_nca@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4823-2489>;

Kopzhassarova Assylzat — PhD, senior lecturer. M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: Asyl_k@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6014-4773>;

Bekbauov Baglan — teacher. M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: Bahal61@inbox.ru;

G.I.Issayev — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

E-mail: gani.isayev@ayu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5120-8387>;

SH.K. Shapalov — Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

E-mail: shermahan_1984@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3015-5965>.

Abstract. This article discusses the process of obtaining sorbents for the purification of sulfur dioxide based on marls. The chemical and mineralogical composition of local marls determined with the methods of scanning electron microscopy (SEM) and IR spectral analysis is given. It has been established that marls mainly consist of calcium carbonates and aluminate, which are actively sorbing components of acid gases. During the research, it was revealed that by mixing marl, a sorbent can be obtained, which is characterized by a high degree of purification, and also does not require expensive materials. The developed sorbent can be used in the purification of industrial waste acid gases.

Keywords: marl, gas, sulfur dioxide, suspension, sorbent

© Г. Тилеуов^{1*}, А. Копжасарова¹, Б. Бекбауов¹, Ғ.И. Исаев²,
Ш.К. Шапалов¹, 2023

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан;

²Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Түркістан, Қазақстан.

E-mail: gamidulla_nca@mail.ru

ЖЕРГІЛІКТІ МЕРГЕЛЬДЕРДЕН СОРБЕНТТЕРДІ АЛУ ҮШІН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Тилеуов Гамидулла — постдокторант. М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан

E-mail: gamidulla_nca@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4823-2489>;

Копжасарова Асылзат — PhD, аға оқытушы. М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан
университеті, Шымкент, Қазақстан

E-mail: Asyl_k@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6014-4773>;

Бекбауов Баглан — оқытушы. М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан

E-mail: Baha161@inbox.ru;

Ғ.И.Исаев — техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Қожа Ахмет Ясауи атындағы
Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

E-mail: gani.isayev@ayu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5120-8387>;

Ш.К. Шапалов — М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Шымкент қ.
E-mail: shermahan_1984@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3015-5965>.

Аннотация. Бұл мақалада мергель негізіндегі күкірт диоксидін тазарту үшін сорбенттерді алу процесі қарастырылады. Растрлық электронды микроскопия (РЭМ) және ИК спектрлік талдау әдістерімен анықталған жергілікті мергельдердің химиялық және минералогиялық құрамы келтірілген. Мергельдер негізінен қышқыл газдардың белсенді сорбер компоненттері болып табылатын кальций мен алюминий карбонаттарынан тұратыны анықталды. Зерттеу барысында мергельді араластыру арқылы тазартудың жоғары деңгейімен сипатталатын сорбент алуға болатындығы, сонымен қатар қымбат материалдарды қажет етпейтіні анықталды. Өндірілген сорбентті өнеркәсіптік қалдық қышқыл газдарды тазартуда қолдануға болады.

Түйін сөздер: мергель, газ, күкірт диоксиді, суспензия, сорбент

© Г. Тилеуов^{1*}, А. Копжасарова¹, Б. Бекбауов¹, Г.И. Исаев²,
Ш.К. Шапалов¹, 2023

¹М. Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан;

²Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда
Ясави, Туркестан, Казахстан.
E-mail: gamidulla_nca@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕСТНЫХ МЕРГЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ

Тилеуов Гамидулла — постдокторант. Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

E-mail: gamidulla_nca@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-4823-2489>;

Копжасарова Асылзат — PhD, старший преподаватель. Южно-Казахстанский университет
имени М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

E-mail: Asyl_k@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6014-4773>;

Бекбауов Баглан — преподаватель. Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

E-mail: Bahal61@inbox.ru;

Г.И.Исаев — кандидат технических наук, доцент Международного казахско-турецкого
университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

E-mail: gani.isayev@ayu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5120-8387>;

Ш.К. Шапалов — Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Республика
Казахстан, г. Шымкент

E-mail: shermahan_1984@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3015-5965>.

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс получения сорбентов для очистки диоксида серы на основе мергелей. Приведен химический и минералогический состав местных мергелей, определенные с методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) и ИК-спектральный анализ. Установлено, что мергели в основном состоит из карбонатов кальция и алюмината, которые являются активно сорбирующими компонентами кислых газов. В ходе исследований выявлено, что смешением мергели можно получить сорбент, который характеризуется высокой степенью очистки, также не требует дорогостоящих материалов. Разработанного сорбента можно использовать при очистке промышленных отходящих кислых газов.

Ключевые слова: мергель, газ, диоксид серы, суспензия, сорбент

Introduction

Sulfur dioxide is the most common impurity in multicomponent process and waste gases. This is due to the fact that sulfur is one of the most common chemical elements and is found in large quantities in almost all types of mineral raw materials. This is especially true for industries with high consumption rates of gas flows or emissions. Such industries include thermal power plants, metallurgical workshops, hydrocarbon processing, soda production, etc.

Currently, various methods of cleaning gases from sulfur dioxide are used: absorption; adsorption; catalytic. One of the most common methods is the absorption method, which is characterized by simplicity of execution and a relatively low present value.

Both methods of physical absorption of gases and chemisorption methods of gas absorption have found application in industry. Thus, during chemisorption, water, aqueous solutions and suspensions of salts of alkaline and alkaline earth metals are used as absorbents. Lime, magnetic, zinc and ammonia methods are known.

Marl is an affordable and cheap natural mineral, up to 70 % of its composition contains limestone (CaCO_3) and is widespread in large quantities in the Aral Sea region. Marl belongs to sedimentary rocks of mixed origin, to the clay-carbonate group of rocks (Khaibulina, 1986).

The color is varied and depends on the color of the clay admixture. The rock is dense, often layered. It consists of a mixture of calcite and clay (clay 30–50 %) This is a calcareous-clay rock, in which clay particles are cemented with carbonate material. The distribution of clay and carbonate matter in marl is most often uniform. Usually, marl is understood as a rock in which the CaCO_3 content ranges from 25–30 %. With a high content of CaCO_3 , the rock is called marl limestone, and with a lower content – clay marl. These types of rocks connect marl, on the one hand, with limestone, on the other – with clays (Pryadko, 1992).

At the same time, on the territory of the Kyzyl-Orda region, in the Kazalinsky district, carbonate-clay rocks, which are of great practical importance not only in the construction industry, but also in the chemical industry, are common at the Baykhozinskoye deposit. Marl is a sedimentary clay – carbonate rock, including carbonate (calcite, dolomite) and clay (kaolinite, montmorillonite, hydrosludes) parts with admixtures of quartz, feldspar. Depending on the ratio of the carbonate and clay parts, a continuous series is possible: clay, clay marl, marl, calcareous marl, clay limestone, limestone. Marls containing 75–80 % CaCO_3 are called cement marls or "naturals".

Results and discussion

Experimental physico-chemical and analytical research methods were chosen to conduct research on the study of the characteristics of local marls for the production of sorbents: electron microscopy, IR spectroscopy, elemental analysis and X-ray phase analysis.

To determine the possibility of using the slags of local marls of the Kazalinsky district, Baizhinskoe when obtaining sorbents, we investigated the chemical and mineralogical composition of marl samples using modern physico-chemical analysis methods.

The microstructure and elemental composition of marl and fly ash were studied using an electron microscope "Scanning electron microscope JSM-6490I V" (Jeol, Japan). The results of the analysis are presented in Table 1 and Figure 1.

Table 1-Chemical composition of marl from the Baykhozinsky deposit

Element	Weight %	Atomic %	Oxides	In terms of oxides , the mass %
<i>Marl</i>				
C	14.07	22.67	-	-
O	48.53	58.68	-	-
Mg	0.45	0.36	MgO	0.59
Al	1.06	0.76	Al ₂ O ₃	0.80
Si	1.56	1.07	SiO ₂	3.33
S	0.24	0.14	SO ₃	0.59
K	0.20	0.10	K ₂ O	0.24
Ca	32.92	15.89	CaO	46.05
Fe	0.98	0.34	FeO	1.26

It follows from Table 1 that the content of the useful component in marl is Ca – 32.92 %, C – 14.07 %, O – 48.53 %, which is quite sufficient for use as a sorbent for the purification of sulfur dioxide.

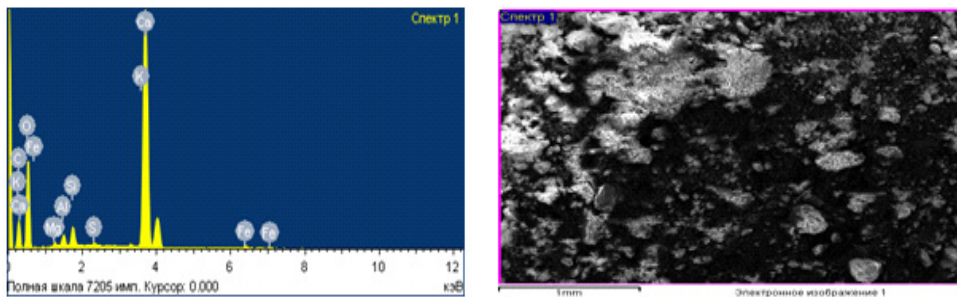


Figure 1. Microstructure and elemental composition of the marl sample

Studies of the mineralogical composition of the studied samples were carried out on the DRONE - 3 device. The obtained results of X-ray phase analysis are shown in Figures 2.

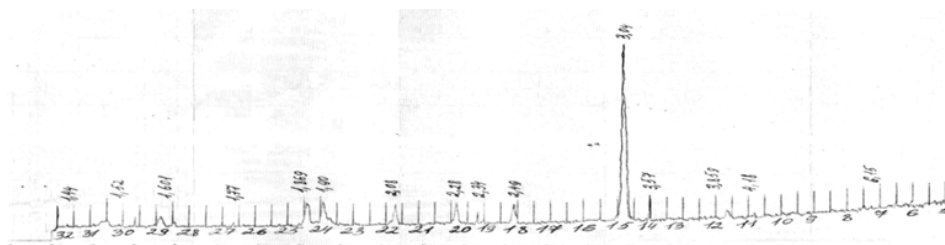


Figure 2. Radiograph of the marl sample

It follows from Figure 2 that the radiograph is characterized by intense diffraction maxima c-d equal to: 3.04; 2.28; 2.08; 1.869 A⁰ characteristic of the calcite phase. There are less intense peaks with d equal to 4.18; 3,859; 3.57 A⁰ corresponding to

the kaolinite phase. There are low intensity diffraction maxima characteristic of the sodium feldspar phase with d equal to 2.41; 1.90; 1.77 Å.

Radiograph of marl intense diffraction maxima of calcite and kaolinite phases. Unlike the first sample, non-intense peaks of anorthite (calcium feldspar) with d equal to 3,809; 2,097; 1,926; 1,626; Å corresponding to calcium ferrite are observed.

The process of obtaining suspensions based on local marls is carried out as follows. The ratio of solid and liquid substances is 1:2, that is, 30g of local marl and 60 ml of dist are selected. the water is loaded into the reactor. The mixture is thermostated at a temperature of 20–80° C for 25 minutes. The result is a suspension for the production of sorbents. Table 2 shows the chemical characteristics of the suspension obtained by decomposing distilled water marl.

Table 2. Chemical characteristics of suspensions

Experience	Marl, mg	Dist.water, ml	Temperature, C°	Density, g/l	Viscosity, μ	pH value
1	30	60	20°	1,185	2,95	9,095
2	30	60	40°	1,145	3,12	9,103
3	30	60	60°	1,139	3,26	9,111
4	30	60	80°	1,123	3,52	9,378

It follows from Table 2 that with an increase in temperature in the process, an increase in the density, pH of the medium and the viscosity of the resulting suspension is observed. After the end of the experimental work, the degree of clarification of suspensions was recalculated. Figure 3 shows a graph of the change in the dependence of the degree of lightening on time.

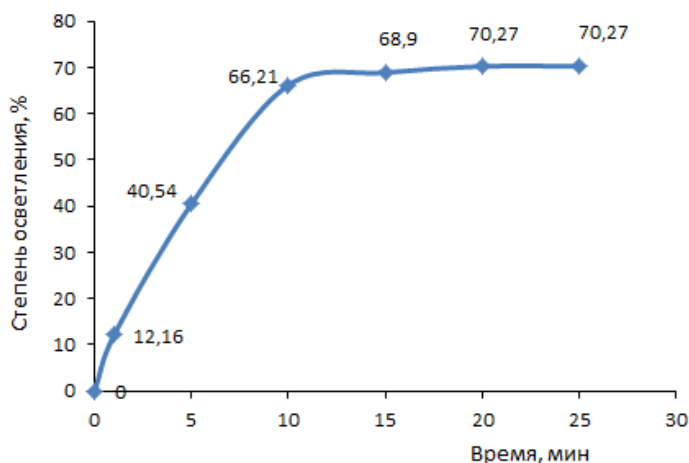


Figure 3- Graph of the change in the dependence of the degree of lightening on time

Conclusions

The chemical and mineralogical composition of local marls has been studied using modern physics and chemical analysis methods. By mixing the main components, it is possible to obtain a sorbent that is characterized by a high degree of purification. It has been established that marls mainly consist of calcium carbonates, metasilicate, aluminate and calcium ferrite, which are actively sorbing components of acid gases. As the electron microscope analyses show, the main elemental component of marl samples is calcium and oxygen, which make up 32.92 and 48.53 %, respectively. The table also shows that the elemental composition of ash mainly consists of oxygen, silicon, carbon, aluminum, iron and calcium, which make up 47,88; 17,50; 12,85; 9,97; 3,37; 42,67 accordingly.

REFERENCES

- Khaibulina N.E. (1986). Complex use of raw materials in industry.- Chelyabinsk: South Ural Book Publishing House, — 1986.
- Pryadko A.L., Alekseeva T.V. (1992). Application of biotesting for hygienic assessment of toxicity of thermal power plant slag //Hygiene and sanitation. — 1992. — No. 3. — Pp.69–70.
- Ravich B.M., Okladnikov V.P., Lygach V.N. et al. (1988). Complex use of raw materials and waste. — M.: Chemistry, —1988.
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P., Merts A.V. (1985). Impurity elements in fossil coals /Ed. by D.A. Mineev. — L.: Nauka, — 1985. —239 p.
- Arbuzov S.I., Rikhvanov L.P., Volostnov A.V., Ershov V.V., etc. (2001). Comprehensive geochemical assessment of coal and carbon-bearing rocks of the Chalpan Bay coal deposit site: Research Report. — Tomsk, —2001. — 206 p.
- Terekhova V.A. (2003). Biotesting as a method for determining the hazard class of waste // Ecology and industry of Russia. — 2003. — No. 12. — Pp.27–29.
- Schiffner K.S. (2002). Guide to the selection of equipment for air pollution control. – Boca Raton, Florida: CRC Press, — 2002. — 223 p.
- Gas characteristics: Summary / B.S. Davydkiy, M.G. Ladygichev. – M.: Teploenergetik, — 2002. – 640 p.
- Usmanova R.R., Zaikov G.E. (2015). Purification of industrial gas emissions. – Oakville: Apple Academic Press, Inc. — 2015. – 363 p.

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 Нұрахметова ҚАЗІРГІ ЗАМАН ТАЛАБЫНА СӘЙКЕС «АВТОКӨЛІК ЖӘНЕ 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 NYSSOPUS 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.