

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

2022 • 4

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Б А С Р Е Д А К Т О Р:

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 оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

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

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

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

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

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

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

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

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

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрділұлы, 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

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

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

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

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

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

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

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 Тлексабул 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

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

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

ЩЕПЕТКИН 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

МАЛЫН 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 ветеринарной медицины 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 Hernando, 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 Нурғали Жабағевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

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

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

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

EDITOR IN CHIEF:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str., Almaty.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES

OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.174>

Volume 4, 95-107

МРНТИ 29.15.03; 29.15.19

УДК 539.141

**А.Д. Дүйсенбай^{1*}, В.С. Василевский², В.О. Курмангалиева¹,
Н. Калжигитов¹, Е.М. Ақжігітова¹**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан;

²Украина ҰҒА Н.Н. Боголюбов атындағы теориялық физика институты,
Киев, Украина.

E-mail: duisenbay.aknur@gmail.com

ҮШКЛАСТЕРЛІК МИКРОСКОПИЯЛЫҚ ҮЛГІДЕГІ 9Be МЕН 9В АЙНАЛЫҚ ЯДРОЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

Аннотация. ⁹Be мен ⁹B ядроларының үшкластерлік континуумдағы резонансты күйлерінің спектрлері үшкластерлік микроскопиялық үлгі көмегімен анықталған. Бұл үлгі үшкластерлік континуумды дұрыс сипаттауын қамтамасыз ететін гиперсфералық гармоникаларды қолданады. ⁹Be мен ⁹B айналық ядроларында сәйкесінше, $\alpha + \alpha + n$ және $\alpha + \alpha + p$ басым үшкластерлік құрылымдар ескеріледі. Қолданылып отырған әдіс осы ядролардағы резонансты күйлердің параметрлерін есептеу үшін және олардың табиғатын зерттеу үшін таңдап алынған.

Есептеулер нуклон-нуклондық Миннесота потенциалы және модифицирленген Хасегава-Нагата потенциалы арқылы жүргізілді. Резонансты күйлердің параметрлері Миннесота және модифицирленген Хасегава Нагата потенциалдары арқылы анықталған. ⁹Be мен ⁹B айналық ядроларындағы резонансты күйлердің E энергиясы мен Γ кеңдігіне кулондық өзара әрекеттесудің әсері жете қарастырылды. Кулондық өзара әрекеттесудің эффектісін сандық бағалау үшін бұрылыс пен ығысуды анықтайтын екі параметр енгізілді, себебі айналық ядролардың сәйкес резонансты күйлері E – Γ жазықтығында көрініс береді. Бұл параметрлерді пайдалана отырып, кулондық өзара әрекеттесудің әлсіз, орташа, күшті эффектілері бар резонансты күйлер анықталды. Кулондық күшке байланысты резонансты күйлер қозғалысының әр түрлі сценарийлері зерттелген. Үшкластерлік ең басым сценарий ⁹Be ядросының сәйкес резонансты күйінің орнынақатысты ⁹B ядросының энергиясының да, кеңдігінің де ұлғаюы болып табылады. Бұл сценарий ⁹Be мен ⁹B ядроларының

үшкластерлік континуумында болатынбарлық резонансты күйлер үшін бақыланды.

Түйін сөздер: үшкластерлік үлгі, айналық ядролар, кулондық өзара әрекеттесу.

**А.Д. Дуйсенбай^{1*}, В.С. Василевский², В.О. Курмангалиева¹,
Н. Калжигитов¹, Е.М. Акжигитова¹**

¹Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Қазақстан;

²Институт теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины,
Киев, Украина.

E-mail: duisenbay.aknur@gmail.com

СТРУКТУРА ЗЕРКАЛЬНЫХ ЯДЕР ⁹Be И ⁹B В МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ ТРЕХ-КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Аннотация. Спектры резонансных состояний в трехчастичном континууме ядер ⁹Be и ⁹B были определены с помощью микроскопической трехкластерной модели. Эта модель использует гиперсферические гармоники, которые обеспечивают корректное описание трехкластерного континуума. В зеркальных ядрах ⁹Be и ⁹B учитываются доминирующие трехкластерные конфигурации $\alpha + n$ және $\alpha + \alpha + p$ соответственно. Используемый метод позволяет вычислять параметры резонансных состояний и исследовать их природу в этих ядрах. Расчеты проведены с нуклон-нуклонным потенциалом Миннесоты и модифицированным потенциалом Хасегавы-Нагаты. Детально исследовано влияние кулоновского взаимодействия на энергию E и ширину Γ резонансных состояний в зеркальных ядрах ⁹Be и ⁹B. Для количественной оценки эффектов кулоновских взаимодействий введены два параметра, которые определяют вращение и смещение, поскольку энергия и ширина соответствующих резонансных состояний зеркальных ядер отображаются на $E - \Gamma$ плоскости. С помощью этих параметров были найдены резонансные состояния с сильными, малыми и средними эффектами кулоновского взаимодействия. Были исследованы различные сценарии движения резонансных состояний за счет кулоновских сил. Преобладающий сценарий для трехкластерных систем – это когда и энергия, и ширина ядра ⁹B увеличиваются относительно положения соответствующего резонансного состояния в ядре ⁹Be. Этот сценарий наблюдается для всех резонансных состояний, находящихся в трехкластерном континууме ядер ⁹Be и ⁹B.

Ключевые слова: трехкластерная модель, зеркальные ядра, кулоновское взаимодействие.

**A.D. Duisenbay^{1*}, V.S. Vasilevsky², V.O. Kurmangaliyeva¹, N. Kalzhigitov¹,
E.M. Akzhigitova¹**

¹Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan;

²Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kiev, Ukraine.

E-mail: duisenbay.aknur@gmail.com

STRUCTURE OF MIRROR NUCLEI ⁹Be AND ⁹B IN MICROSCOPIC THREE-CLUSTER MODEL

Abstract. The spectra of resonance states in a three-particle continuum of ⁹Be and ⁹B are determined by using a three-cluster microscopic model. This model employs hyperspherical harmonics, which provide one with a correct description of the three-cluster continuum. In the mirror nuclei ⁹Be and ⁹B, the dominant three-cluster configurations $\alpha + \alpha + n$ and $\alpha + \alpha + p$ are taken into account, respectively. The employed method allowed us to calculate parameters of resonance states and to study their nature. Calculations are performed with the Minnesota and modified Hasegawa-Nagata nucleon-nucleon potentials. The influence of the Coulomb interaction on the energy E and the width Γ of resonance states is investigated in detail in mirror nuclei ⁹Be and ⁹B. For a quantitative assessment of the effects of Coulomb interactions, two parameters are introduced which determine the rotation and displacement, since the energy and width of the corresponding resonance states of mirror nuclei are displayed on the $E - \Gamma$ plane. Using these parameters, resonance states with strong, weak and medium effects of the Coulomb interaction are found. Various scenarios of the motion of resonance states due to Coulomb forces are also investigated. It is shown that the dominant scenario for three-cluster systems is when both the energy and the width of resonance states in the ⁹B nucleus are increased relatively to the position of the corresponding resonance state in the ⁹Be nucleus. This scenario is observed for all resonance states in a three-cluster continuum of ⁹Be and ⁹B.

Key words: three-cluster model, mirror nuclei, Coulomb interaction.

Кіріспе. Үшкластерлік континуумда болатын кулондық күштердің резонанстық күйлер кеңдігі мен энергиясына әсерін зерттеу – бұл жұмыстың басты мақсаты. Бұл зерттеулер үшін айналық ядролар ең таптырмас нысандар болып табылады. Егер біз көпкластерлі үлгіні тек нуклон-нуклондық әрекеттесуден пайда болатын кластераралық әрекеттесулердіекі айналық ядроларда бірдей болатындай етіп алсақ, онда байланыс және резонансты күйлердің қатыстық орны мен олардың кеңдігі толығымен протонның кулондық әрекеттесуімен анықталады. Мысалы, ⁹Be және ⁹B айналық ядроларын қарастырайық. Оларды үшкластерлік құрылым ретінде сәйкесінше $\alpha + \alpha + n$ және $\alpha + \alpha + p$ ала аламыз. Бұл ядролардың бақыланып отыратын көптеген қасиеттерін дұрыс сипаттауды қамтамасыз ету үшін, осындай үшкластерлік құрылымыбар клас-

терлік үлгілер (Varga et al., 1995), (Csótó, 2000), (Vasilevsky et al., 2017, b) жұмыстарында көрсетілген. ${}^8\text{Li}$ ядросындағы кулондық әсерлесу тек альфа-бөлшектің тритонмен әрекеттесуіне ғана әсер етеді. ${}^8\text{B}$ айналық ядросындағы кулондықәрекеттесуші мынадай барлық кластер жұптарындағы әсерлі тартылысты бәсеңдетеді: $\alpha + {}^3\text{He}$, $\alpha + p$ және ${}^3\text{He} + p$. Сонымен қатар, Паули принципі, құрама жүйенің толық антисимметризациясын дұрыс есептей отырып, үш бөлшекті кулондық әсерлесуді тудырады.

Мұндай мәселе бірнеше рет (Wildermuth et al., 1961), (Humblet et al., 1967), (Everling, 1970), (Aoyama et al., 1997), (Aoyama et al., 1998), (Myo et al., 2014), (Ito, 2016), (Nakao et al., 2017), (Nakao et al., 2018) әдебиеттерінде зерттелген еді. Көбінесе бұл басылымдарда байланыс күйлеріне көңіл бөлінген және кулондық өзара әрекеттесудің резонансты күйге әсері қарастырылған. Бұл мәселеге арналған (Webb et al., 2019), (Wang et al., 2019) жаңа басылымдар да бар. ${}^{11}\text{Li}$ мен ${}^{11}\text{O}$ айналық ядроларының құрылымы тәжірибе жүзінде (Webb et al., 2019) жұмысында және Гамовтың қосарланған арналар тәсілі аясында (Wang et al., 2017) зерттелді. Бұл тәсіл аясында ${}^{11}\text{Li}$ мен ${}^{11}\text{O}$ айналық ядролары инертті ядросы бар үш бөлшекті жүйе және сәйкесінше, екі валентті нейтрондар мен протондар ретінде қарастырылған.

Материалдар мен әдістер. Айналық ядролардың ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ жұбына талдаулар жасалынды. Бұл ядроларүшкластерлік микроскопиялық үлгі аясында қарастырылды. Мұндай ядролардың барлығы үшін басым болатын үшкластерлік құрылымдар таңдап алынды. Кесте 1-де айналық ядролардың жұбы мен олардың басым үшкластерлік арналары ұсынылған. Жұбы L және R әріптерімен белгіленген. Кесте 1-де қолданылған микроскопиялық үлгі мен есептеу көзі, сонымен қатар, $= Z_R - Z_L$ зарядтар айырымы көрсетілген.

Кесте 1– Зерттеу үшін ядролар тізімі, үшкластерлік басым конфигурациялар, қолданылған микроскопиялық үлгі мен сілтемелер

L-ядро	R-ядро		Сілтеме	Үлгі
${}^9\text{Be} = \alpha + \alpha + n$	${}^9\text{B} = \alpha + \alpha + p$	1	(Vasilevsky et al., 2001), (Vasilevsky et al., 2017, a)	ГГБАУ

Үшкластерлік жүйелердегі резонансты күйлерге кулондық өзара әрекеттесуін зерттеу үшін, Кесте 1-де көрсетілгендей екі микроскопиялық үлгі қолданылды. Ол резонансты топтар әдісінің модификациясын көрсетеді. Бұл әдіс жеңіл атом ядроларының үшкластерлік құрылымын зерттеу үшін арналған және кластераралық қозғалыс динамикасын сипаттау үшін квадратты интегралданатын негізді қолданады. Берілген үлгі (Гиперсфералық гармоникалық базалы алгебралық үлгі – ГГБАУ) кластерлердің қатыстық қозғалысын зерттеу үшін гиперсфералық гармониканы қолданады және үшкластерлік континуумдағы үрдістерді зерттеу үшін (Vasilevsky et al., 2001) жұмысында ойлап табылды.

Резонансты күйлер екі параметрмен сипатталады: E энергия мен Г кеңдігі.

S-матрицасының полюсі болып табылатын резонанстың күйі $E-i\Gamma/2$ комплексті шамамен анықталады. Осылайша, резонансты күй параметрлерін екі өлшемді кеңістікте қарастырған жөн. E мен Γ жазықтығы алынды. Бұл жазықтықта кулондық күштердің резонансты күйге әсерін екі амалмен сипаттауға болады: айналу мен ығысу. Сондықтан θ_c кулондық бұрылу бұрышы енгізіледі

$$\theta_c = \arctan \left[\frac{\Gamma(R) - \Gamma(L)}{E(R) - E(L)} \right] \quad (1)$$

және R_c кулондық ығысу

$$R_c = \sqrt{[E(R) - E(L)]^2 + [\Gamma(R) - \Gamma(L)]^2} \quad (2)$$

Бұл қатынастар айналық ядролардың резонансты күйлерін бірдей J толық бұрыштық моментпен және бірдей π жұптылығымен байланыстырады. Сонымен қатар, олар L ядросындағы байланыс күй үшін және R ядросындағы резонансты күй үшін, сонымен қатар, осы ядролардағы екі байланыс күйлері үшін қолданылады. Соңғы жағдайда бұл қатынастар тривиалды шешімді береді: $\theta_c = 0$ және $R_c = E(R) - E(L)$.

θ_c кулондық бұрылу бұрышы (Vasilevsky et al., 2017, a) жұмысында енгізілген және ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ ядроларындағы кулондық күштердің әсерін зерттеуде қолданылған.

(1) мен (2) формулалары айырманы қолданған жөн екендігін көрсетеді

$$\begin{aligned} \Delta E &= E(R) - E(L) = R_c \cos \theta_c \\ \Delta \Gamma &= \Gamma(R) - \Gamma(L) = R_c \sin \theta_c \end{aligned} \quad (3)$$

Сәйкесінше x осі мен y осі тәрізді. Екі ерекшелік те оң немесе теріс болуы мүмкін. E мен Γ параметрлерінің терминдерінде келесі төрт болжамдық сценарий қарастырылды:

C1 Екі параметр де оң, сондықтан кулондық өзара әрекеттесу R ядросындағы резонансты күйдің кеңдігі мен энергиясын үлкейтеді.

C2 E параметрі оң және Γ теріс, R ядросындағы резонансты күйдің энергиясы көп, бірақ оның кеңдігі L ядросына қарағанда аз.

C3 E параметрі теріс және Γ оң, кулондық өзара әрекеттесу R ядросындағы резонансты күйдің энергиясын төмендетеді, бірақ оның кеңдігін кеңейтеді.

C4 Екі параметр де теріс, бұл кулондық өзара әрекеттесу R ядросындағы резонансты күйдің кеңдігі мен энергиясын азайтатындығын білдіреді.

Бірінші және екінші сценарийде кулондық өзара әрекеттесу R ядросындағы резонансты күйдің энергиясын ұлғайтады, ал үшінші мен төртінші сценарий кулондық өзара әрекеттесу салдарынан энергияның азайатындығын болжайды.

${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ резонансты күйлерінің спектрі ГГБАУ аясында (Vasilevsky et al., 2017, a), (Nesterov et al., 2014) жұмыстарынан алынған.

Бұл әдіс ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ ядроларындағы резонансты күйлердің табиғаты мен

параметрлерін зерттеу үшін таңдап алынған, себебі бұл ядролардың барлық резонансты күйлері үшкластерлік континууммен бекітілген, және бұл әдіс үшкластерлік үздіксіз спектр күйі үшін тиісті шекаралық шарттарын жүзеге асырады. Үшкластерлік жүйені сипаттау үшін мынадай үшкластерлік толқындық функция құрастырылды (Vasilevsky et al., 2017, a)

$$\Psi_{JM_J} = \sum_{L,S} \hat{A} \left\{ \left[\left[\Phi_1(A_1, s_1) \Phi_2(A_2, s_2) \right] \Phi_3(A_3, s_3) \right]_S f_{L,S}^{(J)}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \right\}_{JM_J} \quad (4)$$

Көп денелі Шредингер теңдеуін шешу барысында, кластераралық толқындық функция $f_{L,S}^{(J)}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ мен байланыс күйінің спектрін немесе үздіксіз спектр күйінің S-матрицасын анықтау керек. Якоби векторлары \mathbf{x} пен \mathbf{y} кластерлердің өзара орналасуын анықтайды. $\Phi_\alpha(A_\alpha, s_\alpha)$ ($\alpha=1, 2, 3$) толқындық функциялары A_α нуклондардан s_α спиннен тұратын кластердің ішкі қозғалысын сипаттайды және бекітілген болады. $\Phi_\alpha(A_\alpha, s_\alpha)$ толқындық функциясының бекітілген түрімен байланысқан адиабаттылық әдістің негізгі болжамы болып табылады. Бұл резонансты топтар әдісі ретінде қарастырылды және мұндағы толқындық функция көп бөлшек есебін үш дене есебіне локальды емес және энергиядан тәуелді потенциал арқылы алып келетін проектор операторы болып табылады (Vasilevsky et al., 2017, a). Амплитудалар үшін интегралдық-дифференциалдық теңдеулердің екі өлшемді шексіз жүйесін шығаруға болады

$$f_{L,S}^{(J)}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{l_1, l_2} f_{l_1, l_2; L, S}^{(J)}(x, y) \left\{ Y_{l_1}(\hat{\mathbf{x}}) Y_{l_2}(\hat{\mathbf{y}}) \right\}_{LM_L} \quad (5)$$

Ал, бұл теңдеулер жүйесін жеңілдету үшін гиперсфералық координаталардың енгізілуі қажет

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \theta, & y &= \rho \sin \theta, \\ \Omega &= \{ \theta, \hat{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{y}} \} \end{aligned} \quad (6)$$

Сонымен қатар, ортонормаланған гиперсфералық гармониканың толық жиынтығы да құрылуы керек

$$Y_{K, l_1, l_2, LM_L}(\Omega) = \chi_{K, l_1, l_2}(\theta) \left\{ Y_{l_1}(\hat{\mathbf{x}}) Y_{l_2}(\hat{\mathbf{y}}) \right\}_{LM_L} \quad (7)$$

Онда (1) толқындық функциясы былай өрнектеледі

$$\Psi_{JM_J} = \hat{A} \left\{ \sum_{c=\{K, l_1, l_2, L, S\}} \left[\left[\left[\Phi_1(A_1, s_1) \Phi_2(A_2, s_2) \right] \Phi_3(A_3, s_3) \right]_S Y_{K, l_1, l_2, L}(\Omega) \right]_{JM_J} \Psi_{K, l_1, l_2, L, S}(\rho) \right\} \quad (8)$$

мұндағы $\Psi_{K, l_1, l_2, L, S}(\rho)$ толқындық функцияның гиперрадиалды құраушылары интегралдық-дифференциалдық теңдеулердің шексіз жүйесіне бағынады,

сонымен қатар, мұндай теңдеулер жүйесінің сандық шешімін жеңілдетудің соңғы қадамы ретінде $\{\psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho)\}$ гиперрадиалды амплитудалардың алты өлшемді кеңістіктегі осциллятор функцияларының гиперрадиалды бөліктері негізінде жіктелуі алынған

$$\psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho) = \sum_{n_\rho} C_{n_\rho, K, l_1, l_2; L, S}(b) R_{n_\rho, K}(\rho, b). \quad (9)$$

$R_{n_\rho, K}(\rho, b)$ осциллятор функциясы, ал b осциллятор ұзындығы болып табылады

$$R_{n_\rho, K}(\rho, b) = (-1)^{n_\rho} N_{n_\rho, K} r^K \exp\left\{-\frac{1}{2}r^2\right\} L_{n_\rho}^{K+3}(r^2),$$

$$r = \rho / b, \quad N_{n_\rho, K} = b^{-3} \sqrt{\frac{2\Gamma(n_\rho + 1)}{\Gamma(n_\rho + K + 3)}}, \quad (10)$$

Ψ_{JM_J} Осцилляторлардың базис бойынша жіктелуі интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесін жіктеу коэффициенттері үшін арналған сызықты алгебралық теңдеулер жүйесіне алып келеді

$$\sum_{n_\rho, c} \left\{ \left\langle n_\rho, c \left| \hat{H} \right| \tilde{n}_\rho, \tilde{c} \right\rangle - E \langle n_\rho, c | \tilde{n}_\rho, \tilde{c} \rangle \right\} C_{n_\rho, \tilde{c}} = 0, \quad (11)$$

Мұндағы c көпше саны $c = \{K, l_1, l_2, L, S\}$ гиперсфералық базис каналын білдіреді. Бұл жүйе байланыс күйлері үшін де, үздіксіз спектр үшін де маңызды болып келеді, ал байланыс күйлерінің спектрін алу үшін редукцияланған теңдеулер жүйесінің диагоналдандыру үрдісін қоладана аламыз. Сонымен қатар, (11) теңдеуіндегі жіктеу коэффициенттеріне сәйкес шекаралық шарттарды жүзеге асыратын болсақ, онда толқындық функциялар мен шашырау матрицасының элементтерін таба аламыз (Vasilevsky et al., 2017, a).

Гиперсфералық гармоникалар мен осцилляторлық функциялар үшін қатынастар

$$\sum_{K, l_1, l_2, LM} Y_{K, l_1, l_2, LM}(\Omega) Y_{K, l_1, l_2, LM}(\tilde{\Omega}) = \delta(\Omega - \tilde{\Omega}),$$

$$\sum_{n_\rho} R_{n_\rho, K}(\rho, b) R_{n_\rho, K}(\tilde{\rho}, b) = \delta(\rho - \tilde{\rho}),$$

мұндағы δ функция $\delta(\Omega - \tilde{\Omega})$ әрбір $\{\theta, \hat{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{y}}\} = \{\theta, \theta_x, \varphi_x, \theta_y, \varphi_y\}$ гиперсфералық бұрыштар үшін бес δ функциядан алынады.

Гиперсфералық бұрыштар үшбұрыш кеңістігіндегі орны мен пішінін анықтайды. Бұл кеңістік өзара әрекеттесеуші масса центрлерін біріктіретіндіктен, гиперсфералық гармоникалар үшбұрыштың барлық мүмкін болатын

бұрылыстары мен деформацияларын сипаттайды. Барлық гиперсфералық гармоника $Y_{K,l_1,l_2,LM}(\Omega)$ үш ткластерден тұратын үшбұрыштың бір немесе бірнеше басым пішінін алдын ала анықтайды (Vasilevsky V., 2017, a).

$\Psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho)$ және $R_{n_p,K}(\rho, b)$ функцияларына қатысты олардың радиалды қозуларды сипаттайтындығы туралы айта аламыз. Сонымен қатар, $\Psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho)$ толқындық функциялары үшкластерлік континуумдағы барлық серпімді және серпімсіз үрдістерді сипаттайды, осыған орай, S матрицасының мынадай шашырау элементтерін қамтиды:

$$\Psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho) \Rightarrow \delta_{c_0,c} \psi_c^{(-)}(k\rho, \eta_c) - S_{c_0,c} \psi_c^{(+)}(k\rho, \eta_c), \tag{12}$$

мұндағы c_0 және c сәйкесінше кіретін әрі осы мезеттегі немесе шығатын каналдарды білдіреді, жалпы алғанда олар $c = \{K, l_1, l_2; L, S\}$ бес кванттық санды құрайды (Vasilevsky et all., 2017, a).

Нәтижелер мен талқылау. Ал, енді ядроларының спектрлеріне келер болсақ, онда МХНП көмегімен алынған есептеулер нәтижелері 2, 3, 4 және 5 кестелерінде көрсетілген. Бұл жерде нәтижелер эксперименталды мәліметтермен салыстырылған (Vasilevsky et all., 2017, a). Мұндағы кейбір резонансты күйлердің энергиясы мен кендігі эксперименталды мәліметтерге жақын. Мысалы, ${}^9\text{Be}$ ядросының 5/2⁻ пен 1/2⁻ резонансты күйлерінің параметрлері және ${}^9\text{B}$ ядросының 5/2⁻, 1/2⁻ пен 5/2⁺ резонансты күйлерінің параметрлері.

Кесте 2 – Спині тақ болатын ${}^9\text{Be}$ ядросының МХНП көмегімен есептелген байланыс және резонансты күйлерінің спектрі.

J^π	ГТБ АҮ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Г (МэВ)	Е(МэВ ± кэВ)	Г(МэВ ± кэВ)
3/2 ⁻	-1.5743		-1.5735	
5/2 ⁻	0.897	2.363 · 10 ⁻⁵	0.8559 ± 1.3	0.00077 ± 0.15
1/2 ⁻	2.866	1.597	1.21 ± 120	1.080 ± 110
	2.704	2.534	4.02 ± 100	1.33 ± 360
7/2 ⁻	4.766	0.404	4.81 ± 60	1.21 ± 230
	5.365	4.384	6.37 ± 80	

Кесте 3 – Спині жұп болатын ${}^9\text{Be}$ ядросының МХНП көмегімен есептелген байланыс және резонансты күйлерінің спектрі

J^π	ГТБ АҮ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Г (МэВ)	Е(МэВ ± кэВ)	Г(МэВ ± кэВ)
1/2 ⁺	0.338	0.168	0.111 ± 7	0.217 ± 10
5/2 ⁺	2.086	0.112	1.476 ± 9	0.282 ± 11
3/2 ⁺	4.062	1.224	3.131 ± 25	0.743 ± 55
9/2 ⁺	4.913	1.272	5.19 ± 60	1.33 ± 90
7/2 ⁺	5.791	3.479		

Кесте 4 – Спині тақ болатын ${}^9\text{B}$ ядросының резонансты күйлерінің эксперименталды және теориялық спектрі.

J^π	ГТБ АҰ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Γ (МэВ)	Е(МэВ \pm кэВ)	Γ (МэВ \pm кэВ)
3/2 ⁻	0.379	$1.076 \cdot 10^{-6}$	0.277	0.00054 ± 0.21
5/2 ⁻	2.805	0.018	2.6385	0.081 ± 5
1/2 ⁻	3.398	3.428	3.11	3.130 ± 200
	3.420	3.361		
7/2 ⁻	6.779	0.896	7.25 ± 60	2.0 ± 200
	5.697	5.146	12.67040	0.4520

Кесте 5 – Спині жұп болатын ${}^9\text{B}$ ядросының резонансты күйлерінің эксперименталды және теориялық спектрі.

J^π	ГТБ АҰ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Γ (МэВ)	Е(МэВ \pm кэВ)	Γ (МэВ \pm кэВ)
1/2 ⁺	0.636	0.477	(1.9)	≈ 0.7
5/2 ⁺	3.670	0.415	3.065 ± 30	0.550 ± 40
3/2 ⁺	4.367	3.876		
9/2 ⁺	6.503	2.012		
7/2 ⁺	7.100	4.462		

Кесте 6-да ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ резонансты күйлерінің энергиясы мен кендігі көрсетілген. Олар ГТБАҰ аясында модифицирленген Хасегава Нагата потенциалы (МХНП) көмегімен (Vasilevsky et al., 2017, a) жұмысында алынған. Сонымен қатар, кесте 6-да кулондық ығысу R_c мен бұрылу бұрышы θ_c бар.

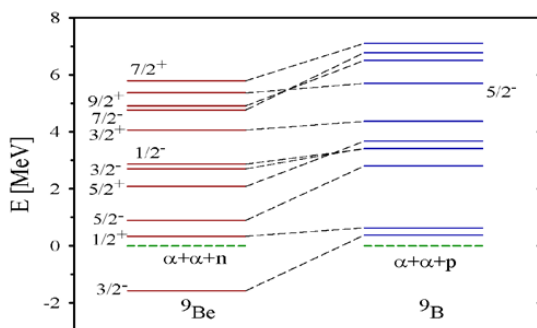
${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ ядроларындағы мүмкін болатын сценарийлер мен олардың J толық бұрыштық моменттен тәуелділігі қарастырылды.

${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ айналық ядроларындағы кулондық күштің алғашқы әсерлері Сурет 1-де көрінеді, мұнда бұл ядролардың спектрі көрсетілген. ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ ядроларындағы J толық бұрыштық моменті мен π жұптылығы бірдей деңгейлерді біріктіретін бес үзік сызықтар кулондық күштердің деңгейлерді айтарлықтай жоғары ығыстыратыны көрсетілген ($J_\pi = 3/2^-, 5/2^-, 5/2^+, 7/2^-$ және $9/2^-$), және төрт үзік сызықтар ${}^9\text{Be}$ ядросындағы сәйкес күйлермен салыстырғанда ${}^9\text{B}$ ядросындағы резонансты күйлер энергиясының деңгейі аздап ауытқитындығын ($J_\pi = 1/2^+, 3/2^-, 1/2^-$ және $3/2^+$) білдіреді.

Кесте 6–МХНП көмегімен есептелген ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ ядроларындағы байланыс және резонансты күйлердің спектрі. Е энергиясы мен Γ кендігі МэВ-пен көрсетілген.

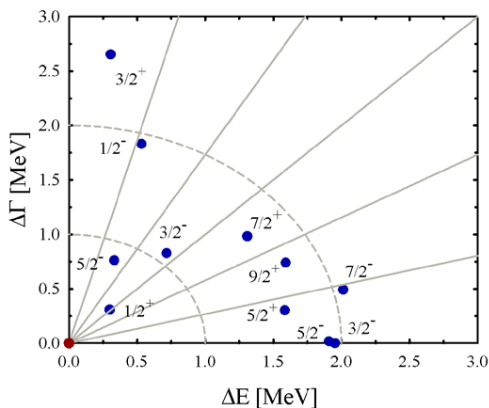
J^π	${}^9\text{Be}$		${}^9\text{B}$		Кулондық ығысу	
	Е	Γ	Е	Γ	R_c	θ_c
	-1.574	0.00	0.379		1.953	
	0.338	0.168	0.636	0.477	0.429	46.04
	0.897		2.805	0.018	1.908	0.54

	2.866	1.597	3.398	3.428	1.907	73.80
	2.086	0.112	3.670	0.415	1.613	10.83
	4.062	1.224	4.367	3.876	2.669	83.44
	2.704	2.534	3.420	3.361	1.094	49.12
	4.766	0.404	6.779	0.896	2.072	13.74
	4.913	1.272	6.503	2.012	1.754	24.96
	5.365	4.384	5.697	5.146	0.831	66.46
	5.791	3.479	7.100	4.462	1.637	36.90



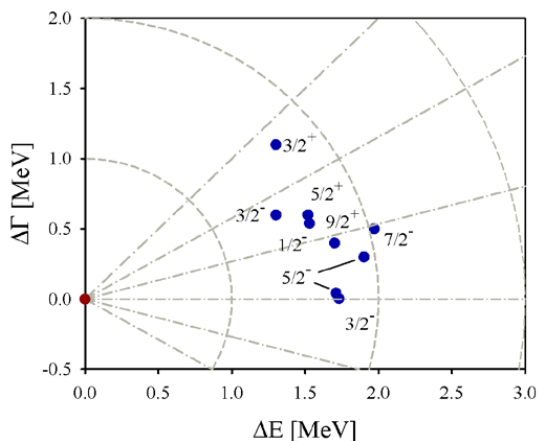
Сурет 1 – ⁹Be мен ⁹B ядроларындағы байланыс және резонансты күйлердің спектрі

Кулондық өзара әрекеттесуді Сурет 2-ден анығырақ байқауымызға болады. Бұл суреттегі доғалар (сұр қисықтар) $R_C = 1, 2$ мен 3 МэВ кулондық ығысуды білдіреді, ал сәулелер тобы (сұр тұтас сызықтар) әрбір 15 градуустағы θ_C кулондық бұрылу бұрышын білдіреді.



Сурет 2 – ⁹B ядросындағы кулондық өзара әрекеттесу салдарынан пайда болған резонансты күйлердің айналуы мен ығысуы. ⁹Be ядросындағы бұл резонансты күйлерінің аналогтары координат басына ауыстырылған

Көрініп отырғандай, резонансты күйлердің ең үлкен тобы $R_C = 2$ айналасында шоғырланған, және осы топтың біреуінен басқа барлық дерлік күйлері $\theta_C = 45^\circ$ бұрышынан төмен орналасқан.



Сурет 3 – Комплексті масштабтау әдісі арқылы алынған ${}^9\text{Be}$ ядросындағы күйге қатысты ${}^9\text{Be}$ ядросындағы резонансты кулондық ығысуы. Мәліметтер (Arai et al., 1996) жұмысынан алынған.

Осылайша, ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ айналық ядроларындағы резонансты күй параметрлеріне кулондық өзара әрекеттесудің әлсіз (энергиясы $E = 0,25 \sim 0,75$ МэВ бірінші топ), орташа (энергиясы $E = 1,25 \sim 1,8$ МэВ екінші топ) немесе күшті (энергиясы $E > 1,9$ МэВ үшінші топ) әсері болады. Бұл үш топ кулондық ығысу R_c мен кулондық бұрыш θ_c арқылы бақыланады. Сонымен қатар, бұл ядроларда бірінші сценарий орындалады, өйткені, кулондық өзара әрекеттесу ${}^9\text{Be}$ ядросындағы мәндеріне қарағанда, ${}^9\text{B}$ ядросындағы резонансты күйлерінің энергиясын да, кеңдігін де үлкейтеді.

Комплексті скейлинг әдісі (КСӘ) ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ айналық ядроларындағы резонансты күйлердің кеңдігі мен энергиясын анықтау үшін (Arai et al., 1996) жұмысында қолданылған. Резонансты күйлердің параметрлері Миннесота потенциалы арқылы анықталған. ГГБАУ мен КСӘ нәтижелерінің салыстырылуы (Nesterov et al., 2014) жұмысында толығырақ сипатталған. Мұнда КСӘ нәтижелері, осы әдіс арқылы байқалған кулондық өзара әрекеттесудің эффектін анық көру үшін $E - \Gamma$ жазықтығында көрсетілген. Бұл нәтижелер Сурет 3-те келтірілген. Барлық резонансты күйлер $R_c = 1,25$ пен $R_c = 2,0$ МэВ арасында орналасқан, бұл нәтижелер Сурет 2-де көрсетілген ГГБАУ нәтижелерімен сәйкес келеді. Алайда, ГГБАУ әдісіндегі бірінші топ нәтижелеріне қарағанда, КСӘ әдісінде эффекттері әлсіз болатын кулондық әрекеттесудің ($R_c \approx 1$ МэВ) резонансты күйлер жоқ. КСӘ әдісінде кулондық ығысу бұрыштары $\theta_c 45^\circ$ - тан аспайды, бұл ГГБАУ әдісіндегі θ_c шамасына қарағанда аз. КСӘ мен ГГБАУ нәтижелерінің айырмашылығы резонансты күйлерді анықтаудың әдістерінің әр түрлі болуына және барлық тәсілдерде қолданылған ішінара түрлі нуклон-нуклондық потенциалдарға да байланысты.

Қорытынды. ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ айналық ядроларындағы резонансты күйлердің энергиясы мен кеңдігіне кулондық өзара әрекеттесудің әсері қарастырылды.

Бұл ядролардың үшкласерлік континуумдағы резонансты күйлері талданды және олар үшкласерлік микроскопиялық үлгі аясында алынған. Сонымен қатар, гиперсфералық гармоникалық базалы алгебралық үлгіясында клас-терлердің қатыстық қозғалысын зерттеу үшін гиперсфералық гармоника қолданылды. Кулондық әрекеттесудің эффектісін дұрыс зерттеу үшін, резонансты күйлердің $E - \Gamma$ жазықтығындағы энергия мен кендігі параметрлерінің орналасуына байланысты бұрылыс пен ығысуды анықтайтын екі параметр енгізілді. Кулондық ығысу резонансты күйлерге қарағанда байланыс күйлерінде үлкен екендігі көрсетілген, себебі, байланыс күйлері резонансты күйлерден ықшамдылау болып келеді. Ал, өте тар резонансты күйлер үшін кулондық ығысу байланыс күйлерінің ығысуына жуықтайды. Бұл тар резонансты күйлерді ықшамды нысандар ретінде қарастыруға болатындығын көрсетеді. Мұндай тар резонансты күйлер ${}^9\text{Be}$ мен ${}^9\text{B}$ үшкласерлік континуумда Хойл аналогының күйлері болып табылады (Vasilevsky et al., 2018). Сонымен қатар, резонансты күйлер қозғалысының бәрнеше сценарийлерін қарастырдық. Бұл кулондық күш әсерінен орын алған және ең доминантты сценарий ретінде екі айналық ядроның резонансты күйлерінің орынына байланысты энергиясының да, кендігінің де ұлғаюы алынған. Мұндай сценарий үшкласерлік континуумдағы резонансты күйлерде байқалды.

Алғыс. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (2021-2023) (грант №AP09259876).

Information about the authors:

Duisenbay A.D. – PhD student, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, researcher, phone number: +7-747-840-72-47, duisenbay.aknur@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4707-9812>;

Vasilevsky V.S. – dr.ph.-m.sc., Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, 14-b Metrolohichna str. Kyiv, 03143, Ukraine, leading researcher, phone number: +38-044-526.53.62, vsvasilevsky@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0417-5978>;

Kurmangalieva V.O. – cand.ph.-m.sc., docent, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, researcher, phone number: +7-707-397-06-38, venera_bagg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8046-8508>;

Kalzhigitov N.K. – PhD student, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, phone number: +7-708-160-90-80, knurto@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2598-3176>;

Akzhigitova E.M. – PhD student, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, researcher, phone number: +7-747-616-78-71, kzo1994@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8544-1248>.

REFERENCES:

- Arai K., Ogawa Y., Suzuki Y. and Varga K. (1996) Structure of the mirror nuclei ${}^9\text{Be}$ and ${}^9\text{B}$ in a microscopic cluster model, *Phys. Rev. C*. 54:132–146. DOI:10.1103/physrevc.54.132 (in Eng.).
- Aoyama S., Kato K. and Ikeda K. (1997) Resonant structures in the mirror nuclei ${}^{10}\text{N}$ and ${}^{10}\text{Li}$, *Phys. Lett. B*. 414:13-17. DOI:10.1016/S0370-2693(97)01158-1 (in Eng.).
- Aoyama S., Kato K. and Ikeda K. (1998) The mechanism of the anomalous energy shift between s-states in mirror nuclei with a halo structure, *Prog. Theor. Phys.* 99:623-634. DOI:10.1143/PTP.99.623 (in Eng.).
- Csótó A. (2000) Low-lying continuum structures in ${}^8\text{B}$ and ${}^8\text{Li}$ in a microscopic model, *Phys. Rev. C*. 61(2).024311. DOI:10.1103/PhysRevC.61.024311 (in Eng.).
- Everling F. (1970) Systematics of Coulomb-energy differences of excited mirror nuclei, *Nucl. Phys. A*. 144:539-544. DOI: 10.1016/0375-9474(70)90343-X (in Eng.).
- Humblet J. and Lebon G. (1967) Perturbation of resonance states and energy shift in mirror nuclei, *Nucl. Phys. A*. 96:593-604. DOI: 10.1016/0375-9474(67)90607-0 (in Eng.).
- Ito M. (2016) Cluster Thomas-Ehrman shift in ${}^{10}\text{Be}$ - ${}^{10}\text{C}$, *EPJ Conf.* 117.06014. DOI:10.1051/epjconf/201611706014 (in Eng.).
- Myo T. and Kato K. (2014) Mirror symmetry breaking in He isotopes and their mirror nuclei, *Prog. Theor. Exp. Phys.* 8.083D01. DOI:10.1093/ptep/ptu112 (in Eng.).
- Nakao M., Umehara H., Ebata S. and Ito M. (2018) Cluster Thomas-Ehrman effect in mirror nuclei, *Phys.Rev. C*. 98(5).054318. DOI:10.1103/PhysRevC.98.054318 (in Eng.).
- Nakao M., Umehara H., Sonoda S., Ebata S. and Ito M. (2017) Cluster structure and Coulomb shift in two-center mirror systems, *EPJ Conf.* 163.00040. DOI:10.1051/epjconf/201716300040 (in Eng.).
- Nesterov A.V., Vasilevsky V.S. and Kovalenko T.P. (2014) Nature of resonance states in the ${}^9\text{Be}$ and ${}^9\text{B}$ mirror nuclei, *Phys. At. Nucl.* 77(5):555–568. DOI: 10.1134/S1063778814050081 (in Eng.).
- Varga K., Suzuki Y. and Tanihata I. (1995) Microscopic multicluster description of the ${}^7\text{Li}$ - ${}^7\text{Be}$, ${}^8\text{Li}$ - ${}^8\text{B}$ and ${}^9\text{Li}$ - ${}^9\text{C}$ mirror nuclei. *Nucl. Phys. A*, 588:157-160. DOI: 10.1016/0375-9474(95)00116-1 (in Eng.).
- Vasilevsky V.S., Kato K. and Takibayev N. (2017) Formation and decay of resonance states in ${}^9\text{Be}$ and ${}^9\text{B}$ nuclei: microscopic three-cluster model investigations, *Phys.Rev.C*. 96(3).034322. DOI: 10.1103/PhysRevC.96.034322.
- Vasilevsky V.S., Kato K. and Takibayev N. (2018) Systematic investigation of the Hoyle-analog states in light nuclei, *Phys. Rev. C*. 98(2).024325. DOI:10.1103/PhysRevC.98.024325 (in Eng.).
- Vasilevsky V., Nesterov A.V., Arickx F. and Broeckhove J. (2001) Algebraic model for scattering in three-s-cluster systems. I. Theoretical background, *Phys. Rev. C*. 63(3).034606. DOI: 10.1103/PhysRevC.63.034607 (in Eng.).
- Vasilevsky V.S., Takibayev N. and Duisenbay A.D. (2017) Microscopic description of ${}^8\text{Li}$ and ${}^8\text{B}$ nuclei within three-cluster model, *Ukr. J. Phys.* 62(6):461-472. DOI:10.15407/ujpe62.06.0461 (in Eng.).
- Wang S.M., Michel N., Nazarewicz W. and Xu F.R. (2017) Structure and decays of nuclear three-body systems: the Gamow coupled-channel method in Jacobi coordinates, *Phys. Rev.C*. 96(4).044307. DOI:10.1103/PhysRevC.96.044307 (in Eng.).
- Wang S.M., Nazarewicz W., Charity R.J. and Sobotka L.G.(2019) Structure and decay of the extremely proton-rich nuclei ${}^{11,12}\text{O}$, *Phys. Rev. C*.99(5).054302. DOI:10.1103/PhysRevC.99.054302 (in Eng.).
- Webb T.B., Wang S.M., Brown K.W., Charity R.J., Elson J.M., Barney J., Cerizza G., Chajecki Z., Estee J., Hoff D.E.M., Kuvín S.A., Lynch W.G., Manfredi J., McNeel D., Morfouace P., Nazarewicz W., Pruitt C.D., Santamaria C., Smith J., Sobotka L.G., Sweany S., Tsang C.Y., Tsang M.B., Wuosmaa A.H., Zhang Y. and Zhu K. (2019) First observation of unbound ${}^{11}\text{O}$, the mirror of the halo nucleus ${}^{11}\text{Li}$, *Phys. Rev. Lett.* 122 (12).12250. DOI:10.1103/PhysRevLett.122.122501 (in Eng.).
- Wildermuth K. and Tang Y.C. (1961) Study of nuclear structure from Coulomb energy differences of mirror levels, *Phys. Rev. Lett.* 6:17-19. DOI: 10.1103/PhysRevLett.6.17 (in Eng.).

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Н.А. Балакирев, М.В. Новиков, Т.В. Реусова, О.А. Стрепетова,
Е.А. Орлова, Д.А. Баймуканов**
РЕСЕЙ ФЕДЕРАЦИЯСЫНДАҒЫ БҰЛҒЫН ТЕРІЛЕРІН ДАЙЫНДАУ
МЕН САТУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНЫҢ МОНИТОРИНГІ.....5
- Ж. Жеңіс, А.А. Құдайберген, А.К. Нурлыбекова, Юнь Цзян Фэн,
М.А. Дюсебаева**
LIGULARIA SIBIRICA -НЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....18
- І.Ж. Қарабаева, Р.К. Сыдыкбекова, К.Н. Годерич**
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТҰЗДЫ ТОПЫРАҒЫНАН ЦЕЛЛЮЛОЗА
ЫДЫРАТУШЫ БАКТЕРИЯЛАРДЫ БӨЛІП АЛУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....29
- С.С. Манукян**
ЕКІ ЖАҚТЫ ПРЕСТЕУ АРҚЫЛЫ ӨНДІРІЛГЕН ГОЛЛАНДИЯЛЫҚ
ІРІМШІКТІҢ ПІСУІ КЕЗІНДЕГІ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ
ПРОЦЕСТЕРДІҢ БАРЫСЫ.....41
- А.Ә. Төреханов, Б. Садық, Б.Қ. Насырханова, А.Ш. Сарсембаева**
СУАРМАЛЫ ЖАЙЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ МЕН ПАЙДАЛАНУДЫҢ
ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ.....51

ФИЗИКА

- Е.Ж. Бегалиев, А.Ж. Сейтмуратов, А.Қ. Қозыбай, Г.Б. Исаева**
ФИЗИКА КУРСЫНДА ЗАМАНАУИ ЭЛЕКТРОНДЫҚ
ОҚУ ҚҰРАЛДАРЫН ҚОЛДАНУ.....61
- А. Демесинова, А.Б. Манапбаева, Н.Ш. Алимгазинова, А.Ж. Наурзбаева,
М.Т. Кызгарина**
SV CENTAURI ҚОС ЖҰЛДЫЗ ЖҮЙЕСІНІҢ ЭВОЛЮЦИЯЛЫҚ
МОДЕЛІ.....82
- А.Д. Дүйсенбай, В.С. Василевский, В.О. Курмангалиева, Н. Калжигитов,
Е.М. Ақжігітова**
ҮШКЛАСТЕРЛІК МИКРОСКОПИЯЛЫҚ ҮЛГІДЕГІ ${}^9\text{Be}$
МЕН ${}^9\text{B}$ АЙНАЛЫҚ ЯДРОЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ.....95

**С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, Ч.Т. Омаров, А.С. Ткаченко,
Д.М. Зазулин, Р.Р. Валиуллин, Р. Кокумбаева, С.З. Нурахметова**
АСТРОФИЗИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯЛАРДАҒЫ ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ ЖӘНЕ ${}^2\text{H}(p,\gamma)$
РЕАКЦИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ЖАҢА НӘТИЖЕЛЕРІ.....108

С.Н. Мукашева, О.И. Соколова
ЕКІ ОРТА ЕНДІК ОБСЕРВАТОРИЯСЫНЫҢ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША
ГЕОМАГНИТТІК АУЫТҚУ ЖӘНЕ ОНЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ
ӨЗГЕРІСТЕРІ.....126

М.М. Нуризинова, Ш.Ж. Раманкулов, М.К. Скаков
ТРИБОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ФИЗИК СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУ
ҚҰЗЫРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ
ОЗЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН БАҒАЛАУ.....136

М. Скаков, Н. Кантай, М. Нуризинова, Б. Туякбаев, М. Баяндинова
КРЕМНИЙ ОКСИДІ МЕН ДИАБАЗ ҰНТАҒЫНЫҢ ГАЗОТЕРМИЯЛЫҚ
ТОЗАҢДАУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН ПОЛИМЕР (АЖМПЭ) ЖАБЫННЫҢ
КРИСТАЛДАНУ ДӘРЕЖЕСІНЕ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ
ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІ.....153

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Н.А. Балакирев, М.В. Новиков, Т.В. Реусова, О.А. Стрепетова,
Е.А. Орлова, Д.А. Баймуканов**
МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВКИ
И РЕАЛИЗАЦИИ ШКУРОК СОБОЛЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....5
- Ж. Женис, А.А. Кудайберген, А.К. Нурлыбекова, Юнь Цзян Фэн,
М.А. Дюсебаева**
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА *LIGULARIA SIBIRICA*....18
- І.Ж. Қарабаева, Р.К. Сыдыкбекова, К.Н. Тодерич**
ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ
ИЗ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ КАЗАХСТАНА.....29
- С.С. Манукян**
ТЕЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СОЗРЕВАНИИ
ГОЛЛАНДСКОГО СЫРА, ВЫРАБОТАННОГО ДВУХСТОРОННИМ
ПРЕССОВАНИЕМ.....41
- А.А. Тореханов, Б. Садык, Б.К. Насырханова, А.Ш. Сарсембаева**
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОРОШАЕМЫХ ПАСТБИЩ.....51

ФИЗИКА

- Е.Ж. Бегалиев, А.Ж. Сейтмуратов, А.К. Козыбай, Г.Б. Исаева**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ В КУРСЕ ФИЗИКИ.....61
- А. Демесинова, А.Б. Манапбаева, Н.Ш. Алимгазинова, А.Ж. Наурызбаева,
М.Т. Кызгарина**
МОДЕЛЬ ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДНОЙ СИСТЕМЫ SV CENTAURI.....82
- А.Д. Дуйсенбай, В.С. Василевский, В.О. Курмангалиева, Н. Калжигитов,
Е.М. Акжигитова**
СТРУКТУРА ЗЕРКАЛЬНЫХ ЯДЕР ${}^9\text{Be}$ И ${}^9\text{B}$ В МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ
ТРЕХ-КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ.....95

**С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, Ч.Т. Омаров, А.С. Ткаченко,
Д.М. Зазулин^{2*}, Р.Р. Валиуллин¹, Р. Кокумбаева¹, С.З. Нурахметова²**
НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ СКОРОСТЕЙ ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ И ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$
РЕАКЦИЙ ПРИ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ЭНЕРГИЯХ.....108

С.Н. Мукашева , О.И. Соколова
ГЕОМАГНИТНОЕ СКЛОНЕНИЕ И ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННО-
ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДВУХ СРЕДНЕШИРОТНЫХ
ОБСЕРВАТОРИЙ.....126

М.М. Нуризинова, Ш.Ж. Раманкулов, М.К. Скаков
ОЦЕНКА ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ-ФИЗИКОВ
В ОБЛАСТИ ТРИБОЛОГИИ.....136

М. Скаков, Н. Кантай, М. Нуризинова, Б. Туякбаев, М. Баяндинова
ВЛИЯНИЕ ОКСИДА КРЕМНИЯ И ПОРОШКА ДИАБАЗА НА СТЕПЕНЬ
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ХИМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОКРЫТИЯ
ПОЛИМЕРОМ (СВМПЭ), ПОЛУЧЕННЫМ МЕТОДОМ
ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ.....153

CONTENTS

BIOTECHNOLOGY

- N.A. Balakirev, M.V. Novikov, T.V. Reusova, O.A. Strepetova, E.A. Orlova, D.A. Baimukanov**
MONITORING CURRENT STATE OF OBTAINING AND SALE OF SABLE SKINS IN RUSSIA.....5
- J. Jenis, A.A. Kudaibergen, A.K. Nurlybekova, Yun Jiang Feng, M.A. Dyusebaeva**
INVESTIGATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF LIGULARIA SIBIRICA.....18
- I. Karabaeva, R. Sydykbekova, K. Toderich**
RESEARCH OF CELLULOLYTIC BACTERIA ISOLATED FROM SALINE SOILS OF KAZAKHSTAN.....29
- S. Manukyan**
THE FLOW OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES DURING THE MATURATION OF DUTCH CHEESE PRODUCED BY TWO-SIDED PRESSING.....41
- A. Torekhanov, B. Sadyk, B. Masyrkhanova, A. Sarsembaeva**
MODERN APPROACHES TO THE CREATION AND USE OF IRRIGATED PASTURES.....51

PHYSICAL SCIENCES

- E.Zh. Begaliev, A.Zh. Seytmuratov, A.K. Kozybai, G.B. Isaeva**
USE OF MODERN ELECTRONIC EDUCATIONAL TOOLS IN THE PHYSICS COURSE.....61
- A. Demesinova, A.B. Manapbayeva, N.Sh. Alimgazinova, A.Zh. Naurzbayeva, M.T. Kyzgarina**
EVOLUTIONARY MODEL OF SV CENTAURI DOUBLE STAR SYSTEM.....82
- A.D. Duisenbay, V.S. Vasilevsky, V.O. Kurmangaliyeva, N. Kalzhigitov, E.M. Akzhigitova**
STRUCTURE OF MIRROR NUCLEI ${}^9\text{Be}$ AND ${}^9\text{B}$ IN MICROSCOPIC THREE-CLUSTER MODEL.....95

S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, Ch.T. Omarov, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin, R.R. Valiullin, R. Kokumbaeva, S.Z. Nurakhmetova NEW RESULTS FOR ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ AND ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$ REACTION RATES AT ASTROPHYSICAL ENERGIES.....	108
S. Mukasheva, O. Sokolova GEOMAGNETIC DECLINATION AND ITS SPATIO-TIME CHANGES TO THE DATA OF TWO MID-LATITUDE OBSERVATORIES.....	126
M. Nurizinova, Sh. Sherzod Ramankulov, M. Skakov EVALUATION OF ADVANCED TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF RESEARCH COMPETENCE OF PHYSICS STUDENTS IN THE FIELD OF TRIBOLOGY.....	136
M.K. Skakov, N. Kantay, M. Nurizinova, B. Tuyakbayev, M. Bayandinova INFLUENCE OF SILICON OXIDE AND DIABASE POWDERS ON THE DEGREE OF CRYSTALLIZATION AND CHEMICAL STRUCTURE OF A POLYMER (UHMWPE) COATING PRODUCED BY THE METHOD OF GAS THERMAL SPRAYING.....	153

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*
Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 12.12.2022.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

10,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.