

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

EDITOR IN CHIEF:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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>

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 Алеся - 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://cdfe.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://cdfe.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 $A_{NC} = \sqrt{S_f} C$ 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

$$V_{S_{5/2}} = 49.95 \text{ M}\varepsilon\text{B}, \quad \alpha_{S_{5/2}} = 0.088 \Phi\text{M}^{-2}. \quad (2)$$

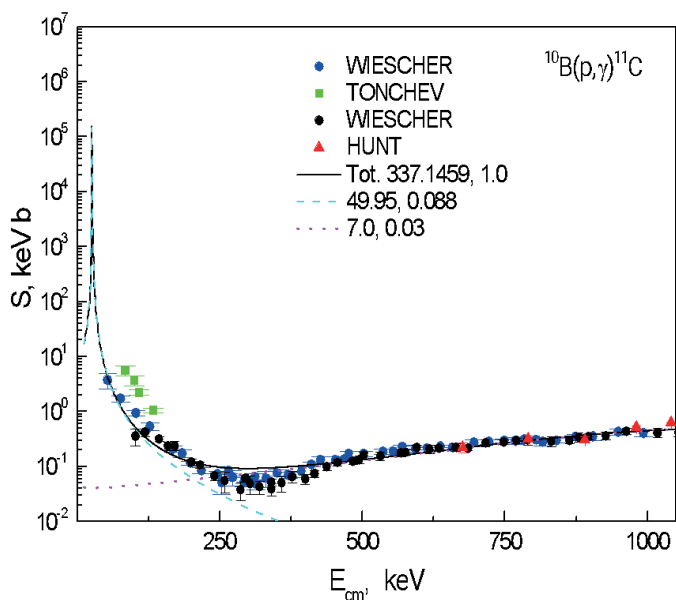
It contains FS (Dubovichenko, 2015a) and, as will be seen below, it almost correctly reproduces the behavior of the total cross sections for radiative $p^{10}\text{B}$ capture (Wiescher, 1983; Tonchev, 2003) at the lowest energies. The parameters of such a

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.

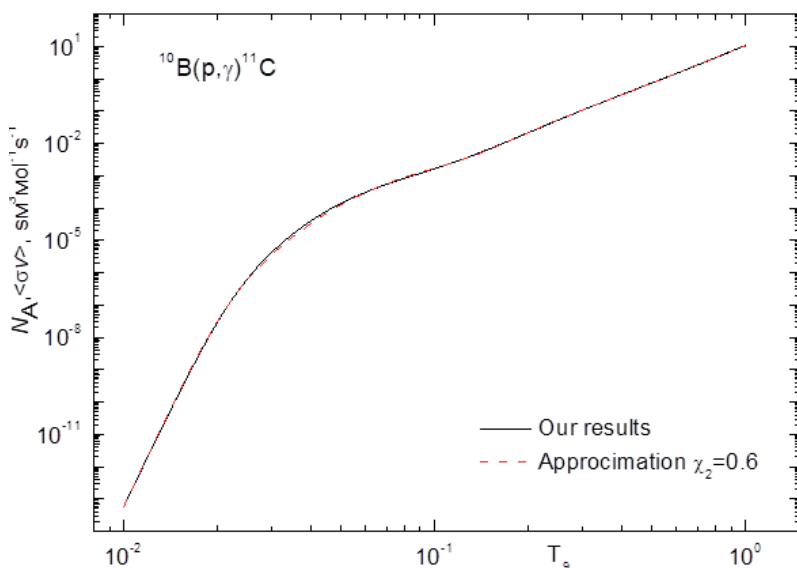


Figure 2. Rate of radiative $p^{10}\text{B}$ capture on the GS.

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).

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 Нухраметова ҚАЗІРГІ ЗАМАН ТАЛАБЫНА СӘЙКЕС «АВТОКӨЛІК ЖӨНЕ АВТОКӨЛІК ШАРШУШЫЛЫҒЫ» МАМАНДЫҒЫНА ФИЗИКА КУРСЫН ОҚЫТУ.....	41
С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин ¹⁰ B РАДИЯЛЫҚ ПРОТОНДЫ ТҮСІРУ ҚАРҚЫМЫ.....	59
А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова ЖЫЛУ ТАСЫМАЛДАҒЫШ РЕТІНДЕ НАНОСҰЙЫҚТЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЛАРЫНДАҒЫ ЖЫЛУ АЛМАСУДЫ ҚАРҚЫНДАТУ.....	69
Ф.Д. Наметкулова, Е.А. Оспанбеков, А.К. Сугирбекова ФИЗИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ ПРАКТИКУМЫНЫҢ МАЗМҰНДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	80
Б.Д. Оразов, Г.Б. Исаева БОЛАШАҚ ФИЗИКА МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ "МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА" КУРСЫН ОҚЫТУ БАРЫСЫНДА КӘСІБИ ДАЙЫНДЫҒЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	93
Н.А. Сандибаева, Н. Ж. Ахметова, Ж.С.Байымбетова. ФИЗИКАНЫҢ ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ ЖАҒДАЙЫНДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ДАМУ.....	102
Серік А., Құспанов Ж., Идрисов Н., Бисенова М., Даулбаев Ч. ӘР ТҮРЛІ ҚҰРАМ МЕН ҚҰРЫЛЫМНАН ТҰРАТЫН БІР ӨЛШЕМДІ ТАЛШЫҚТАРДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	114
В. М. Терещенко ПЛАНЕТАЛАРЫ БАР, 5 G-ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ СПЕКТРЛЕРІНДЕГІ АБСОЛЮТТІ ЭНЕРГИЯНЫҢ ТАРАЛУЫ.....	127

ХИМИЯ

А. Асанов, С.А. Мамешева, А.А. Асанов СУ РЕСУРСТАРЫН САҚТАУДА ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН САЗДЫ ГИДРОДИСПЕРСИЯНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	136
Г. Асылбекова, М. Сатаев, Ш. Кошкарбаева, И. Перминова, П.А. Абдуразова 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 $^{10}\text{В}$	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. Мамешева, А.А. Асанов ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИСПЕРСИИ ГЛИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	136
Г. Асылбекова, М. Сатаев, Ш. Кошкарбаева, И. Перминова, П. Абдуразова КОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ: КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ И ПРИМЕНЕНИЙ.....	148
Н. Дузбаева, М. Ибраева, К. Кабдысальым, Ж. Мукажанова, А. Adhikari КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЯ HYSSOPUS CUSPIDATUS.....	169
Г. Тилеуов, А. Копжасарова, Б. Бекбауов, Г.И. Исаев , Ш.К. Шапалов ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕСТНЫХ МЕРГЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ.....	179

**CONTENTS
PHYSICAL**

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

CHEMISTRY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

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

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

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

Подписано в печать 12.12.2023.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.