

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстан Республикасының Ғылым
Академиясының Алматыдағы
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университетінің

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
al-Farabi Kazakh National University

SERIES

PHYSICO-MATHEMATICAL

1 (341)

JANUARY – MARCH 2022

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия физика и информационные технологии» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор:

МҰТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан) Н=5

Редакция алқасы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жаңабайұлы (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан) Н=3

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша) Н=23

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

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

ЖҮСПОВ 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

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) Н=26

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

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

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, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=12

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы.*

Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

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

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимкаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан) Н=5

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, (заместитель главного редактора), доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, университет Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=3

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша) Н=23

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

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=26

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

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

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

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

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

«Известия НАН РК. Серия физика-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (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 **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика и информационные коммуникационные технологии.*

В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

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

Editor in chief:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan) H=5

Editorial board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H=7

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, (Deputy Editor-in-Chief), doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan) H=3

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland) H=23

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

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H=2

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=26

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

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

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, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=12

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

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

Series physico-mathematical.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (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. 16906-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *series physics and information technology.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

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

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

ФИЗИКА

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 341 (2022), 117–123

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.123>

УДК 539.17: 539.141/.142

Г.Б. Абдраманова, О. Имамбек*, А.М. Надир, М.Б. Мырзабаева

Казахский национальный университет имени аль Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: onlas@mail.ru

**УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ПРОТОНОВ НА ЯДРЕ ${}^3\text{He}$
ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ**

Аннотация. В работе на основе дифракционной теории многократного рассеяния Глаубера исследовано упругое рассеяние протонов на ядре ${}^3\text{He}$ при промежуточных энергиях. Основное состояние ядра ${}^3\text{He}$ описано простейшей волновой функцией гауссоидного типа, которая хорошо воспроизводит среднеквадратичный радиус данного ядра. Разработанная в работе схема расчета позволяет выделить вклады в сечение от однократного, двукратного и трехкратного рассеяния. Каждый из них является доминирующим при определенных переданных импульсах. Результаты расчетов сравниваются с данными эксперимента при двух энергиях налетающего протона: 600 и 715 МэВ и хорошо воспроизводит их. Удовлетворительно описывается как абсолютная величина сечения, так и положение дифракционного минимума. Разработанная схема расчета и найденные параметры элементарной нуклон-нуклонной амплитуды являются важными, так как они могут быть использованы при анализе более сложных процессов.

Ключевые слова: дифракционная теория Глаубера, кластерная структура легких ядер, адрон-нуклонная элементарная амплитуда, дифференциальное сечение, структура ядра ${}^3\text{He}$, оператор рассеяния.

Г.Б. Абдраманова, О. Имамбек*, Ә.М. Нәдір, М.Б. Мырзабаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: onlas@mail.ru

**АРАЛЫҚ ЭНЕРГИЯЛАРДАҒЫ ПРОТОНДАРДЫҢ ${}^3\text{He}$ ЯДРОСЫНАН
СЕРПІМДІ ШАШЫРАУЫ**

Аннотация. Глаубердің көпретті дифракциялық шашырау теориясының негізінде, аралық энергиялардағы протондардың ${}^3\text{He}$ ядросынан серпімді шашырауы зерттелді. ${}^3\text{He}$ ядросының негізгі күйі берілген ядроның квадраттық радиусын жақсы анықтайтын Гаусс типті қарапайым толқындық функциямен сипатталады. Бұл жұмыстағы жүзеге асырылған есептеу схемасы көлденең қимадағы бір-, екі- және үшреттік шашыраулардың үлестерді жеке бөліп қарауға мүмкіндік береді. Олардың әрқайсысы белгілі бір берілген импульстарда басым болады. Есептеудің нәтижелері түскен протонның энергиясының екі мәніндегі тәжірибелік мәліметтермен салыстырылады: 600 және 715 МэВ және олармен жақсы сәйкестікте. Көлденең қиманың абсолютті мәні де, дифракциялық минимумның орны да қанағаттанарлықтай дәрежеде сипатталған. Жасалған есептеу схемасы және элементар нуклон-нуклон амплитудасының табылған параметрлері маңызды, өйткені оларды күрделі процестерді талдауда қолдануға болады.

Түйін сөздер: Глаубердің дифракциялық теориясы; жеңіл ядроларының кластерлік құрылымы; адрон-нуклондық элементар амплитудасы; дифференциалды қима; ${}^3\text{He}$ ядро құрылымы, шашырау операторы.

G.B. Abdramanova, O. Imambek*, F.B. Belisarova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: onlas@mail.ru

ELASTIC PROTON SCATTERING BY ^3He NUCLEI AT INTERMEDIATE ENERGIES

Abstract. Based on Glauber's diffraction theory of multiple scattering, the elastic scattering of protons on the ^3He nucleus at intermediate energies was studied. The ground state of the ^3He nucleus is described by the simplest wave function of the Gaussian type, which reproduces well the rms radius of the given nucleus. The calculation scheme developed in this work makes it possible to separate the contributions to the cross section from single, double, and triple scattering. Each of them is dominant at certain transmitted impulses. The calculation results are compared with the experimental data at two incident proton energies: 600 and 715 MeV and reproduce them well. Both the absolute value of the cross section and the position of the diffraction minimum are satisfactorily described. The developed calculation scheme and the found parameters of the elementary nucleon-nucleon amplitude are important, since they can be used in the analysis of more complex processes.

Key words: Glauber's diffraction theory, cluster structure of light nuclei, hadron-nucleon elementary amplitude, differential section, ^3He nucleus structure, scattering operator.

Введение. Экспериментальное и теоретическое исследование свойств легких ядер и механизмов взаимодействия с ними других частиц являются важными задачами теории атомного ядра и ядерных реакции. А именно легкие ядра представляют интерес в связи с тем, что у них не так уж много нуклонов, что облегчает их теоретическое исследование, и в то же время у них достаточно нуклонов, чтобы проявились различные аспекты ядерного взаимодействия многих тел. Основными методами исследования при этом является изучение упругого и неупругого рассеяния различных частиц. Из всех частиц на сегодняшний день наиболее полно исследовано упругое и неупругое рассеяние протонов в достаточно широком диапазоне энергии и углов. В связи с этим можно отметить большой цикл экспериментальных работ коллаборации GSI-ПИЯФ (Германия-Россия) [1-3], где из года в год очень аккуратно измерены дифференциальные сечения взаимодействия протонов со следующими ядрами: $^{3,4,6,8}\text{He}$, $^{8,9,11}\text{Li}$, $^{12,14}\text{Be}$. Одним из интересных результатов этих работ является подтверждение экзотической гало структуры некоторых исследованных ядер. Этой же научной коллаборацией недавно выполнен новый и очень важный эксперимент [4], где для ядер ^7Be и ^8B измерено дифференциальное поперечное сечение упругого рассеяния протонов на передние углы при энергии 700 МэВ.

Теоретический анализ реакции с легкими экзотическими ядрами проводится на основе различных моделей, таких как: метод связанных каналов, импульсное приближение с плоскими и искаженными волнами, релятивистское импульсное приближение, оптическая модель, теория многократного рассеяния Глаубера и т.д. Возможность применения для анализа того или иного метода зависит от многих факторов, в том числе от энергии взаимодействующих частиц, от кинематики реакции и т.д. Рассеяния частицы с энергией несколько сот МэВ на небольшие углы очень хорошо описываются теорией многократного рассеяния Глаубера [5]. Теория Глаубера является признанным и очень надежным инструментом таких исследований и в настоящее время очень успешно используется для анализа различных упругих и неупругих процессов (см., например, одну из последних работ [6]). Мы планируем в дальнейшем провести теоретический анализ результатов работы [4] в рамках теории Глаубера. В связи с этим нами ранее в работе [7] разработан математический формализм для расчетов дифференциальных сечений этой реакции. Внутреннее состояние ядра ^7Be с хорошей точностью описывается (α - τ) двухтельной волновой функцией [8], где $\tau \equiv ^3\text{He}$. В таком приближении рассеяние протона на ^7Be в рамках теории Глаубера сводится к сумме однократных рассеяний на α и ^3He кластерах и двукратному рассеянию на обоих кластерах. При этом α -частицу можно считать без структурной и параметры элементарной $\rho\alpha$ -амплитуды в Глаубер расчетах брать из других независимых экспериментов в соответствующей кинематической области. Однако, для $p^3\text{He}$ -рассеяния ситуация несколько иная, для него в настоящее время в научной литературе отсутствует параметризация элементарной амплитуды. Поэтому в разработанном нами формализме рассеяние

протона на ^3He -кластере рассматривается с явным учетом его трехнуклонной структуры. Для таких расчетов важным является вопрос о том, насколько корректно описывается свободное $p^3\text{He}$ -рассеяние в интересующей нас кинематической области с подобранными нами параметрами NN-амплитуды. Именно к этому вопросу посвящена данная работа.

Упругое рассеяние протонов на ядре ^3He при промежуточных энергиях экспериментально и теоретически исследовано в ряде работ [9-18]. В подавляющем большинстве этих работ измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния. Есть отдельные работы, где измерены поляризационные характеристики [13,15]. В теоретическом анализе этих данных обсуждаются такие вопросы, как короткодействующая корреляция между нуклонами, эффект трехчастичных сил и т.д. В работе [19] обсуждается роль приближения коммутативности профильных функции в теории Глаубера и связанной с ним необходимости учитывать временной порядок столкновений в процессах многократного рассеяния.

В данной работе в рамках теории многократного рассеяния Глаубера мы анализируем рассеяния протонов на ядре ^3He при энергиях 600 и 715 МэВ. Необходимых экспериментальных данных берем из работ [9,13]. Апробированные здесь схема расчета и найденные параметры элементарных NN-амплитуд в дальнейшем будут использованы в теоретическом анализе рассеяния протонов на ^7Be .

Материалы и методы. Элементы формализма. Дифференциальное поперечное сечение рассеяния определяется следующим выражением:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |M_i(q)|^2, \tag{1}$$

где $M_{if}(q)$ матричный элемент исследуемого процесса. Для упругого рассеяния протонов на ядре ^3He он имеет следующий вид:

$$M_{if}(\vec{q}) = \frac{1}{2} \int d\vec{r} d\vec{R}_{3\text{He}} \exp(i\vec{q}\vec{r}) \delta(\vec{R}_{3\text{He}} - \vec{R}_{3\text{He}}) \langle \Phi_{3\text{He}} | \Omega | \Phi_{3\text{He}} \rangle. \tag{2}$$

Здесь $\vec{R}_{3\text{He}}$ – координата центра масс ядра ^3He , \vec{b} – прицельный параметр, перпендикулярной к импульсу налетающей частицы, $\vec{q} = \vec{k} - \vec{k}'$ переданный в реакции θ_1 импульс, в случае упругого рассеяния $q = 2k \sin \frac{\theta}{2}$, где θ – угол рассеяния, \vec{k} и \vec{k}' – импульсы налетающей и вылетевшей частицы в с.ц.м. ($p\text{-}^3\text{He}$), $\Phi_{3\text{He}}$ – волновая функция ядра ^3He .

Глауберовский оператор многократного рассеяния в (2), с учетом трехнуклонной структуры ядра ^3He , имеет вид

$$\Omega_\tau = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 - \omega_1\omega_2 - \omega_1\omega_3 - \omega_2\omega_3 + \omega_1\omega_2\omega_3, \tag{3}$$

где ω_j – функция «профиля» для j -го нуклона, которая определяется следующим образом:

$$\omega_j(\vec{b}) = \frac{1}{2\pi i k} \int d^2\vec{q} \exp(-i\vec{q}\vec{b}) - \vec{q}_j f_{pj}(q). \tag{4}$$

Здесь \vec{b}_j – двумерные (в плоскости перпендикулярной к импульсу налетающей частицы) координаты нуклонов ядра мишени. Элементарная амплитуда протон-нуклонного взаимодействия $f_{pj}(q)$ параметризуется гауссоидой в следующем стандартном виде [5]:

$$f_{pN}(q) = \frac{k\sigma_{pN}}{4\pi} i + \gamma_p \exp\left(-\frac{\delta_{pN}}{2} q^2\right), \tag{5}$$

где σ_{pN} – полное сечение рассеяния протона с нуклонами, δ_{pN} – параметр наклона конуса рассеяния, γ_{pN} – отношение действительной к мнимой части амплитуд элементарного pN – рассеяния. Значения σ_{pN} и γ_{pN} фиксированы, а δ_{pN} обычно подбирают из наилучшего описания независимых экспериментальных данных по свободному pN -рассеянию.

Мы в своих расчетах основное состояние ядра ^3He описываем следующей волновой функцией, взятой из работ [14,16]

$$\Phi_{3\text{He}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3) = \frac{3^{3/4} \alpha^3}{\pi^{3/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \alpha^2 (\vec{r}_1^2 + \vec{r}_2^2 + \vec{r}_3^2)\right).$$

Здесь параметр α определен из условия $\langle r^2 \rangle = \frac{1}{3\alpha}$, где $\langle r^2 \rangle$, среднеквадратичный радиус ядра. Найденное значение $\alpha = 0.343 \text{ фм}^{-1}$. Данная функция в соответствии с рисунком 1, в относительных координатах Якоби (\vec{a}, \vec{b}) имеет вид:

$$\Phi_{\text{ЗНе}}(\vec{a}, \vec{b}) = \frac{3^{3/4} \alpha^3}{\pi^{3/2}} \exp\left[-\alpha^2 \frac{a^2 + b^2}{4}\right] \quad (6)$$

Она нормирована условием $\int_{-\infty}^{\infty} \Phi_{\text{ЗНе}}(\vec{a}, \vec{b})^2 d\vec{a} d\vec{b} = 1$

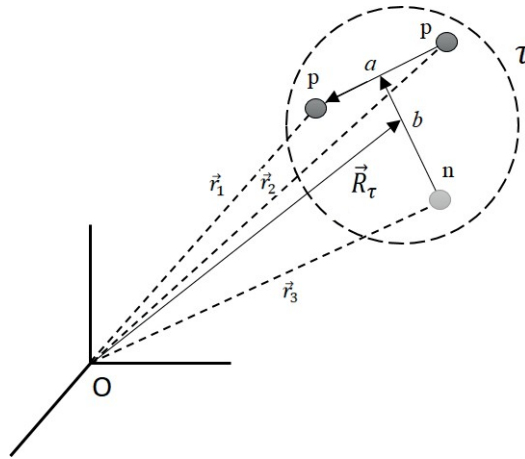


Рисунок 1. Одночастичные и Якоби координаты ядра ${}^3\text{He}$

Тогда матричный элемент (2) после интегрирования по $d\vec{R}_{\text{ЗНе}}$ с учетом $\delta(\vec{R}_{\text{ЗНе}})$ имеет следующий вид

$$M_{if}(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int \Phi_{\text{ЗНе}}(\vec{a}, \vec{b})^2 \Omega_{\tau} \cdot \exp(i\vec{q}\vec{R}) d\vec{a} d\vec{b} d\vec{R} = \int \Phi_{\text{ЗНе}}(\vec{a}, \vec{b})^2 F(\vec{q}) d\vec{a} d\vec{b} \quad (7)$$

где

$$F(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int \Omega_{\tau} \cdot \exp(i\vec{q}\vec{R}) d\vec{R} \quad (8)$$

При заданном виде оператора многократного рассеяния (3) и профильной функции (4), в выражении (8) интеграл по $d\vec{R}$ берется аналитически.

Для однократного рассеяния имеем

$$F_j(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int e^{i\vec{q}\vec{R}} \frac{1}{2\pi i k_j} \int e^{-i\vec{q}\vec{R}} (\vec{R}-\vec{R}_j) f_j(\vec{q}_j) d\vec{R}_j d\vec{R} \quad (9)$$

В этом выражении интеграл не только по $d\vec{R}$, но и по $d\vec{R}_j$ берется аналитически и в результате для $F_j(q)$ имеем

$$F_j(\vec{q}) = \frac{k}{k_j} f_j(\vec{q}) e^{i\vec{q}\vec{R}_j} \quad (10)$$

Здесь $\vec{R}_j = \alpha_j \vec{a} + \beta_j \vec{b}$, где в соответствии с рис.1 имеем $\alpha_1 = 1/2$, $\alpha_2 = -1/2$, $\alpha_3 = 0$, $\beta_1 = 1/3$, $\beta_2 = 1/3$, $\beta_3 = -2/3$.

Для двукратного рассеяния после интегрирования по $d\vec{R}$ и по одному из переданных импульсов $d\vec{q}_i$ имеем

$$F_{ij}(\vec{q}) = \frac{k}{2\pi i k_i k_j} \int e^{i\vec{q}_i \vec{R}_i} e^{i\vec{q}_j \vec{R}_j - \vec{q}_i \vec{R}_i} f_i(\vec{q}_i - \vec{q}_i) f_j(\vec{q}_j) d\vec{R}_j \quad (11)$$

Для параметризации элементарной амплитуды в виде (5) и этот интеграл по $d\vec{R}_j$ берется аналитически. Его значение мы здесь не приводим из-за громоздкости. Аналогично для трехкратного рассеяния имеем

$$F_{ij}(\vec{q}) = -\frac{k}{4\pi^2 k_i k_j k_v} \int \int e^{i\vec{q}_i \vec{R}_i} e^{i\vec{q}_j (\vec{R}_j - \vec{R}_v)} e^{i\vec{q}_j (\vec{R}_j - \vec{R}_v)} f_v(\vec{q}_i - \vec{q}_i - \vec{q}_j) f_i(\vec{q}_i) f_j(\vec{q}_j) d\vec{R}_i d\vec{R}_j \quad (12)$$

Этот интеграл с амплитудой (5) также берется аналитически, однако его с хорошей точностью можно вычислять приближенно, вынося эти амплитуды $f(q)$ из-под знака интеграла при эффективном значении аргумента, которое в данном случае равно $q/3$. В этом приближении имеем

$$F_{ijv}^{(1)}(\vec{q}) = -\frac{4\pi}{k_i k_j k_v} f_{i3}^{(1)}(\vec{q}) f_{j3}^{(1)}(\vec{q}) f_{v3}^{(1)}(\vec{q}) e^{i\vec{q}\cdot\vec{\rho}} \delta(\rho - \rho) \delta(\rho - \rho) \quad (13)$$

С найденными амплитудами (10)-(13) матричные элементы (7) для разных кратностей рассеяния вычисляются легко и имеют следующие структуры

$$\begin{aligned} M_{fi}^{(0)}(q) &= C_j e^{-\lambda_j q^2} \\ M_f^{(ij)}(q) &= C_{ij} e^{-\lambda_{ij} q^2} \\ M_f^{(ijv)}(q) &= C_{ijv} e^{-\lambda_{ijv} q^2} \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь коэффициенты C_j , C_{ij} , C_{ijv} , λ_j , λ_{ij} , λ_{ijv} определяются через параметры элементарной NN-амплитуды (5) и волновой функции (6). Мы этих коэффициентов здесь не приводим из-за их громоздкости. С найденными матричными элементами угловая зависимость дифференциального сечения вычисляются по формуле (1). Дифференциальное сечение в зависимости от квадрата переданного импульса определяется следующим образом

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{\pi}{k^2} |M_{if}(q)|^2 \quad (15)$$

Результаты и их обсуждения. В этой работе нами рассчитаны дифференциальное сечение упругого рассеяния протонов на ядре ${}^3\text{He}$ в зависимости от квадрата переданного импульса при двух энергиях налетающего протона, при 600 и 715 МэВ. Соответствующие этим расчетам экспериментальные данные взяты из работы [9,13]. На рисунках 1 и 2 приведены наши расчеты и их сравнения с экспериментальными данными. В своих расчетах мы определили вклады в сечение от однократного (пунктирная линия), двукратного (точка-пунктир) и трехкратного (мелкие точки) рассеяния и суммарный вклад всех кратностей (сплошная линия). Как видно из рисунков, при малых переданных импульсах, до $-t < 0.2 \text{ (GeV/c)}^2$, что соответствует углам рассеяния $\theta < 30^\circ$, преобладает однократное рассеяние.

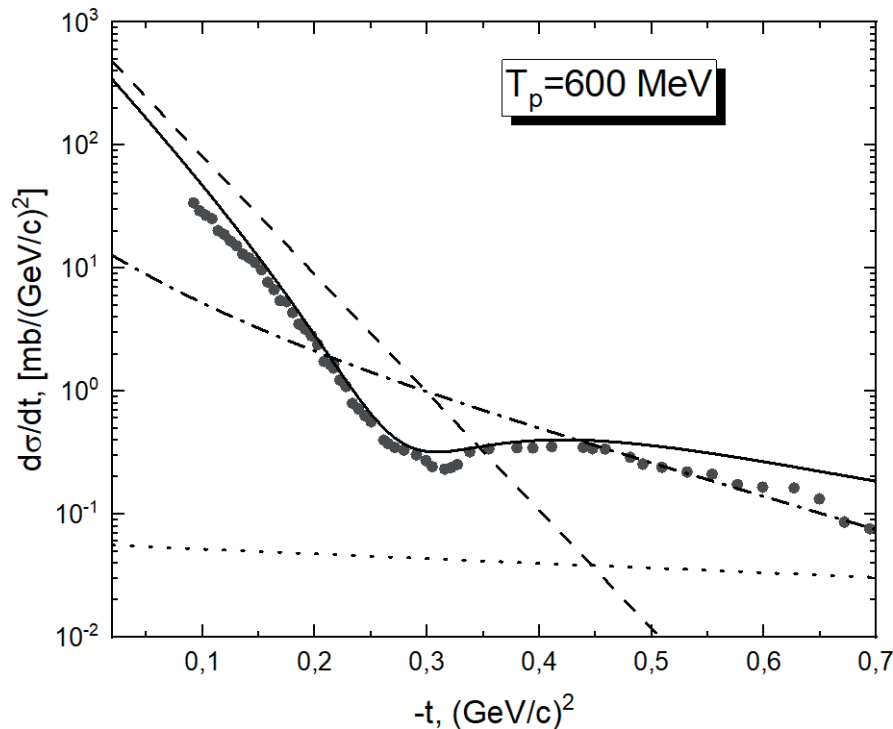


Рисунок 2. Дифференциальное сечение упругого рассеяния протонов на ядре ${}^3\text{He}$ при энергии протонов 600 МэВ. Пунктир – однократное рассеяние, точка-пунктир – двукратное рассеяние, мелкие точки – трехкратное рассеяние, сплошная линия – суммарное сечение. Экспериментальные точки из [9].

Вклад однократного и двукратного рассеяния становится сравнимым в районе $t = 0.3 \text{ (GeV/c)}^2$. При дальнейшем росте переданного импульса двукратное рассеяние преобладает над однократным рассеянием. Вклад трехкратного рассеяния в этом районе на полутора порядка меньше и становится ощутимым только при $t = 0.6-0.7 \text{ (GeV/c)}^2$. Теоретические расчеты хорошо воспроизводят абсолютную величину сечения и положение дифракционных минимумов во всем диапазоне переданных импульсов. Имеет место небольшое завышение экспериментальных данных при квадрате переданного импульса $0.6-0.7 \text{ (GeV/c)}^2$. Это может быть связано с выносом элементарной амплитуды NN-взаимодействия из-под знака интеграла в выражении (12). Это завышение не будет играть существенной роли при анализе рассеяния протонов на ${}^7\text{Be}$, так как само значение сечения очень маленькая по сравнению с сечением при малых углах рассеяния. Наши расчеты были проведены при следующих значениях параметров элементарных NN-амплитуд

Таблица 1. Параметры элементарных NN амплитуд

$T_p, \text{ МэВ}$	$\sigma_{pp}, \text{ фМ}^2$	γ_{pp}	$\delta_{pp}, \text{ фМ}^2$	$\sigma_{pn}, \text{ фМ}^2$	γ_{pn}	$\delta_{pn}, \text{ фМ}^2$
600	3.7	-0.48	2.5	3.6	-0.36	2.95
715	4.43	-0.30	3.082	3.77	-0.38	3.082

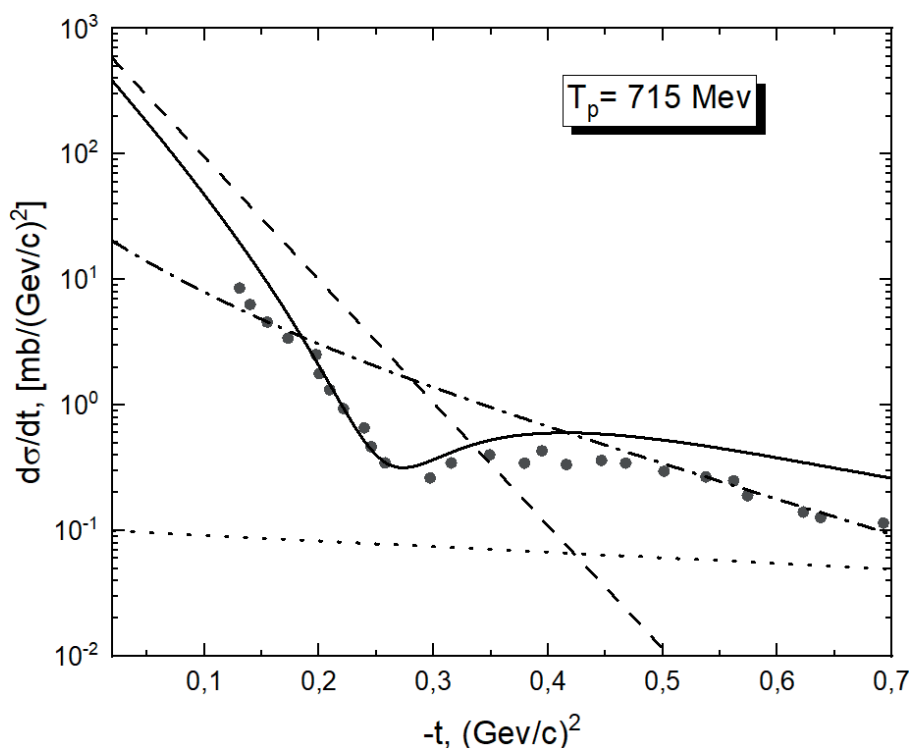


Рисунок 3. То же самое, что на рис.1 при энергии 715 МэВ. Экспериментальные точки из [13]

Заключение. В данной работе на основе дифракционной теории Глаубера многократного рассеяния исследовано упругое рассеяние протонов промежуточных энергии на ядре ${}^3\text{He}$. Основное состояние ядра ${}^3\text{He}$ описано волновой функцией гауссоидного типа, которая хорошо воспроизводит среднеквадратичный радиус ядра. Рассчитанное сечение сравнивается с экспериментальными данными при двух энергиях: 600 и 715 МэВ, и хорошо воспроизводит их. Оценен вклад рассеяния различных кратностей в сечение в зависимости от квадрата переданных импульсов. Апробированная при указанных энергиях схема расчета является всеобщим и может быть использовано для анализа данных и при других промежуточных энергиях. Найденные из наилучшего описания экспериментальных данных параметры элементарных нуклон-нуклонных амплитуд хорошо согласуются с данными других авторов. Результаты данной работы являются важными, так как они могут быть использованы при анализе более сложных процессов, в частности при анализе рассеяния протонов на ядре ${}^7\text{Be}$, где ${}^3\text{He}$ входит в структуру ${}^7\text{Be}$ как подсистема.

Данная работа выполнена при поддержке гранта AP08855589 «Исследование взаимодействия адронов с легкими экзотическими ядрами в рамках теории Глаубера» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Information about the authors:

Abdramanova G.B. – PhD student of the Department of Theoretical and Nuclear Physics of Al-Farabi Kazakh National University. E-mail: gulbanua1995@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4722-141X>;

Imambek O. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Acting Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics of Al-Farabi Kazakh National University. Experience of scientific and pedagogical work over 40 years. Has 3 textbooks recommended by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan for universities and more than 100 scientific papers published in rating journals. E-mail: onlas@mail.ru ; <https://orcid.org/0000-0001-9207-7192>;

Nadir A.M. – Student of Master degree of the Department of Theoretical and Nuclear Physics of Al-Farabi Kazakh National University. E-mail: asema.nadir@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0890-3234>;

Myrzabekova M.B. – Student of Master degree of the Department of Theoretical and Nuclear Physics of Al-Farabi Kazakh National University. E-mail: myrzabaevamadina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3751-0592>.

REFERENCES

- [1] Neumaier S.R., Alkhazov G.D., Andronenko M.N. et al. (2002) Small-angle proton elastic scattering from the neutron-rich isotopes ${}^6\text{He}$ and ${}^8\text{He}$, and from ${}^4\text{He}$, at 0.7 GeV in inverse kinematics. *Nuclear Physics A*, 712:247–268. DOI: 10.1016/S0375-9474(02)01274-5.
- [2] Dobrovolsky A.V., Alkhazov G.D., Andronenko M.N. et al. (2006) Study of the nuclear matter distribution in neutron-rich Li isotopes. *Nuclear Physics A*, 766:1–24. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2005.11.016>.
- [3] Ilieva S., Aksouh F., Alkhazov G.D. et al. (2012) Nuclear-matter density distribution in the neutron-rich nuclei ${}^{12,14}\text{Be}$ from proton elastic scattering in inverse. *Nuclear Physics A*, 875:8–28. DOI: 10.1016/j.nuclphysa.2019.05.012.
- [4] Dobrovolsky A.V., Korolev G.A., Inglessi A.G. et al. (2019) Nuclear-matter distribution in the proton-rich nuclei ${}^7\text{Be}$ and ${}^8\text{B}$ from intermediate energy proton elastic scattering in inverse kinematics. *Nuclear Physics A*, 989: 40-58. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2019.05.012>.
- [5] Glauber R.J. (1959) in *Lecture in Theoretical Physics*, ed. by W.E. Brittin, L.G. Dunham. Interscien., New York, 1:315.
- [6] Hatakeyama S., Horiuchi W. (2019) Complete Glauber calculations for proton-nucleus inelastic cross sections. *Nuclear Physics A*, 985:20-37. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2019.02.004>.
- [7] Abdramanova G.B., Imambek O., Belisarova F.B. (2021) Mathematical formalism for calculations of the elastic $p^7\text{Be}$ scattering cross section in the framework of Glauber theory. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan physico-mathematical series*, 5:339:111–118. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.90> (in Russ.).
- [8] Dubovichenko S.B (2011) *Thermonuclear processes of the Universe*. Almaty, Fessenkov V.G. Astrophysical Institute “NCSRT” NSA RK, 402. ISBN 978-601-278-331-5 (in Russ.).
- [9] Fain J., Garde J., Lefort A., Meritet L., Pauty J.F., Peynet G., Querrou M., Vazeille F. (1976) Experimental results on elastic scattering of protons on the light nuclei ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$ and ${}^4\text{He}$ at 600 MeV. *Nuclear Physics A*, 262:413-432 DOI: 10.1016/0375-9474(76)90507-8.
- [10] Frascaria R., Legrand D., Comparat V., Morlet M., Marty N., Willis A. (1976) Intermediate energy proton elastic scattering on ${}^3\text{He}$ and ${}^3\text{H}$ and its connection with the n-n spin-isospin dependent amplitudes. *Nuclear Physics A*, 264:445 – 454 DOI:10.1016/0375-9474(76)90415-2.
- [11] Alkhazov G.D., Belostotsky S.L., Damaskinsky E.A., Yu.V. Dotsenko, O.A. Domchenkov, Kuropatkin N.P., Legrand D., Nikulin V.N., Prokof'ev O.E., Shuvaev M.A., VOLKOV S.S. (1979) p - ${}^3\text{He}$ elastic scattering at 1 GeV. *Physics Letters*, 85B:1 DOI: 10.1016/0370-2693(79)90773-1.
- [12] Landau R.H., Paez M.J. (1984) Antisymmetry and spin effects in p - ${}^3\text{He}$ scattering. *Physics Letters*, 142B:4 [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(84\)91189-4](https://doi.org/10.1016/0370-2693(84)91189-4).
- [13] Hasell D.K., Bracco A., Gubler H.P., Lee W.P., van Oers W.T.H. et al. (1986) Elastic scattering of polarized protons from ${}^3\text{He}$ at intermediate energies. *Physical Review C*, 34:1 DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.34.236>.
- [14] Hassan M.A., Hassan S.S.A. (1991) Effects of short-range correlations and three-body force on proton- ${}^3\text{He}$ scattering at high energy. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*, 17:1177-1187. <https://doi.org/10.1088/0954-3899/17/8/007>.
- [15] Hausser O., Larson B., Alford W.P., Chan C., Delheij P.P.J., Henderson R.S. et al. (1995) Elastic scattering of polarized protons from polarized ${}^3\text{He}$. *Physics Letters B*, 343:36-40 [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(94\)01434-E](https://doi.org/10.1016/0370-2693(94)01434-E).
- [16] Hassan M.A., Salama T.N.E, Awd-Allah H.E.A. (2015) Proton-three-nucleon nuclei elastic scattering: three-body force effect. *Indian Journal of Physics*, 89(12):1287–1295. DOI: 10.1007/s12648-015-0711-y.
- [17] Hassan M.A., Salama T.N.E. (2015) $p^3\text{He}$ elastic scattering at 0.6–1 GeV: some short-range effects. *Indian Journal of Physics*, 89:829-834 89 DOI: 10.1007/s12648-015-0647-2.
- [18] Hassan M.A., Salama T.N.E, Hassan Z.S., Ismael A.M. (2019) Time-ordering effect in proton–nucleus elastic scattering. *Indian Journal of Physics*, 93:1069–1080. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12648-018-01368-5>.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА

Ж.С. Абдимуратов, В.И. Дмитриченко, М.А. Джетписов, Е.Н. Жагыпаров АДАПТАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕЛЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.	6
Ж.С. Авкурова, Б.К. Абдураимова, С. Гнатюк, Л.М. Кыдыралина МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ АРТ-АТАК И ИДЕНТИФИКАЦИИ НАРУШИТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КИБЕРПРОСТРАНСТВЕ.	17
Т.С. Байшоланов, Ж.М. Алимжанова, Н. Байшолан, К.Е. Кубаев, К.С. Байшоланова ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ШИФРОВ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ШИФРТЕКСТОВ.....	26
Ж.С. Есенгалиева, К.Н. Касылкасова, А.О. Касылкасова АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ, СОЗДАННЫХ СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ БОРЬБЫ С COVID-19.....	34
Ж.С. Иксебаева, К. Жетписов, Ж.М. Муратова РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.	43
В.А. Лахно, Б.С. Ахметов, М.Б. Ыдырышбаева, Ш. Сагындыкова ПРИМЕНЕНИЕ СЕТИ БАЙЕСА СО СКРЫТЫМИ ВЕРШИНАМИ В СЕКТОРАЛЬНЫХ СППР ДЛЯ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ.	50
О.Ж. Мамырбаев, Д.О. Оралбекова, К. Алимхан, М. Othman, Б. Жумажанов ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОЙ РЕЧИ.....	58
А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, С.В. Павлов, Г.Б. Абдикеримова ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРОВ.....	69
Ж.М. Ташенова, Э.Н. Нурлыбаева, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова МЕТОДЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ШИФРОВАНИЯ В ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЕ.....	77
О.А. Усатова, А.Ш. Баракова АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ВЕБ-РЕСУРСОВ.	88
Г.С. Ыбыгаева, Н.Ф. Хайрова, К.Ж. Мухсина, Б.Ж. Жумажанов ОБЗОР ПРОБЛЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ОНТОЛОГИЙ.	96
К.С. Чезимбаева, М.Ж. Батырова ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА СЕТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ (IOT) ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УМНОГО ДОМА.	107

ФИЗИКА

Г.Б. Абдраманова, О. Имамбек, А.М. Надир, М.Б. Мырзабаева УПРУГОЕ РАССЕЙЯНИЕ ПРОТОНОВ НА ЯДРЕ ${}^3\text{He}$ ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ.....	117
А.Е. Амантаева, Г.Р. Сүбебекова, А.Т. Агишев, С.А. Хохлов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТАКЛИЗМИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРИОДА V1239 HERCULES.....	124
Т.Н. Исмагамбетова, М.Т. Габдуллин, Т.С. Рамазанов СТРУКТУРНЫЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ПЛОТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ.	131

МАЗМҰНЫ

ИНФОРМАТИКА

Ж.С. Абдимуратов, В.И. Дмитриченко, М.А. Джетписов, Е.Н. Жагыпаров ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ КЕЗІНДЕ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСЫН БЕЙІМДЕУ	6
Ж.С. Авкурова, Б.К. Абдураимова, Б. Гнатюк, Л.М. Қыдыралина АРТ-ШАБУЫЛДАРДЫ ЕРТЕ АНЫҚТАУҒА ЖӘНЕ КИБЕРКЕҢІСТІКТЕГІ ҚАУІПСІЗДІК БҰЗУШЫЛАРЫН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ПАРАМЕТРЛЕР МОДЕЛІ	17
Т.С. Байшоланов, Ж.М. Алимжанова, Н. Байшолан, К.Е. Кубаев, К.С. Байшоланова ШИФРМӘТІНДІ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ШИФРЛАРДЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ	26
Ж.С. Есенғалиева, К.Н. Касылқасова, А.О. Касылқасова COVID-19-БЕН КҮРЕСУ ҮШІН АРНАЙЫ ЖАСАЛҒАН МЕДИЦИНАЛЫҚ ҚОСЫМШАЛАРДЫ ТАЛДАУ	34
Ж.С. Иксебаева, К. Жетписов, Ж.М. Муратова ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰЖАТТАМАНЫ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ ТЕКСЕРУДІҢ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ МОДЕЛІН ӨЗІРЛЕУ	43
В.А. Лахно, Б.С. Ахметов, М.Б. Ыдырышбаева, Ш. Сагындыкова КИБЕРҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН СЕКТОРАЛДЫ ШҚҚЖ - ДЕ ЖАСЫРЫН ТӨБЕЛЕРІ БАР БАЙЕС ЖЕЛІСІН ҚОЛДАНУ	50
О.Ж. Мамырбаев, Д.О. Оралбекова, Қ. Әлімхан, М. Othman, Б. Жумажанов ҚАЗАҚША СӨЙЛЕУДІ ТАҢУ ҮШІН ГИБРИДТІ ИНТЕГРАЛДЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ	58
А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, С.В. Павлов, Г.Б. Абдикеримова СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІНІҢ БИОМЕДИЦИНАЛЫҚ КЕСКІНДЕРІН СҮЗГІЛЕРДІ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ӨНДЕУ ТИІМДІЛІГІ	69
Ж.М. Ташенова, Э.Н. Нурлыбаева, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова БҰЛТТЫҚ ЖҮЙЕДЕГІ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ ШИФРЛАУ ӘДІСТЕРІ	77
О.А. Усатова, А.Ш. Баракова ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ВЕБ-РЕСУРСТАРДЫ ҚОРҒАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ	88
Г.С. Ыбығтаева, Н.Ф. Хайрова, К.Ж. Мухсина, Б.Ж. Жумажанов ЛИНГВИСТИКАЛЫҚ ОНТОЛОГИЯНЫ ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУ МӘСЕЛЕЛЕРІНЕ ШОЛУ	96
К.С. Чезимбаева, М.Ж. Батырова АҚЫЛДЫ ҮЙДІ МОДЕЛЬДЕУ ҮШІН ДЕРЕКТЕР ЖЕЛІСІНЕ (IOT) ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ	107

ФИЗИКА

Г.Б. Абдраманова, О. Имамбек, Ә.М. Нәдір, М.Б. Мырзабаева АРАЛЫҚ ЭНЕРГИЯЛАРДАҒЫ ПРОТОНДАРДЫҢ ^3He ЯДРОСЫНАН СЕРПІМДІ ШАШЫРАУЫ	117
А.Е. Амангаева, Г.Р. Сүбебекова, А.Т. Агишев, С.А. Хохлов АРАЛЫҚ ПЕРИОДАҒЫ V 1239 HERCULES КАТАКЛИЗМАЛЫҚ АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗЫНЫҢ ІРГЕЛІ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ	124
Т.Н. Исмагамбетова, М.Т. Габдуллин, Т.С. Рамазанов ЕКІ КОМПОНЕНТТІ ТЫҒЫЗ СУТЕГІ ПЛАЗМАСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ	131

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE

Zh.S. Abdimuratov, V.I. Dmitrichenko, M.A. Jetpisov, Y.N. Zhagyparov ADAPTATION OF ELECTRIC MOTOR RELAY PROTECTION WHEN DESIGNING DIGITAL SUBSTATIONS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	6
Zh. Avkurova, B. Abduraimova, S. Gnatyuk, L.M. Kydyralina MODEL OF PARAMETERS FOR EARLY DETECTION OF APT ATTACKS AND IDENTIFICATION OF SECURITY INTRUDERS IN CYBERSPACE.	17
T.S. Baisholanov, Zh.M. Alimzhanova, N. Baisholan, K.E. Kubayev, K.S. Baisholanova EVALUATION OF THE STRENGTH OF CRYPTOGRAPHIC CIPHERS USING CIPHERTEXT ANALYSIS.	26
Zh. Yessengaliyeva, K. Kassylkassova, A. Kassylkassova ANALYSIS OF MEDICAL APPLICATIONS DESIGNED SPECIFICALLY TO COMBAT COVID-19.	34
Zh.S. Ixebayeva, K. Jetpisov, Zh.M. Muratova DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MODEL FOR AUTOMATIC VERIFICATION OF TECHNICAL DOCUMENTATION.	43
V.A. Lakhno, B.S. Akhmetov, M.B. Ydyryshbayeva, Sh. Sagyndykova APPLICATION OF A BAYESIAN NETWORK WITH HIDDEN VERTICES IN SECTORAL DSS FOR CYBERSECURITY TASKS.	50
O.Zh. Mamyrbayev, D.O. Oralbekova, K. Alimhan, M. Othman, B. Zhumazhanov APPLICATION OF HYBRID END TO END MODELS FOR KAZAKH SPEECH RECOGNITION.	58
A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov, S.V. Pavlov, G.B. Abdikerimova EFFICIENCY OF PROCESSING BIOMEDICAL IMAGES OF BREAST CANCER USING FILTERS.	69
Zh. Tashenova, E. Nurlybaeva, Zh. Abdugulova, Sh. Amanzholova CLOUD SECURITY AND ENCRYPTION METHODS.	77
O.A. Ussatova, A.Sh. Barakova ANALYSIS OF MODERN WEB RESOURCE PROTECTION SYSTEMS.	88
G.S. Ybytayeva, N.F. Khairova, K.Zh. Mukhsina, B.Zh. Zhumazhanov PROBLEMS OF USING AND FORMING LINGUISTIC ONTOLOGIES: AN OVERVIEW	96
K.S. Chezimbayeva, M.Z. Batyrova STUDYING THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE DATA NETWORK (IOT) FOR SIMULATION OF A SMART HOME.	107

PHYSICS

G.B. Abdramanova, O. Imambek, F.B. Belisarova

ELASTIC PROTON SCATTERING BY ^3He NUCLEI AT INTERMEDIATE ENERGIES.117

A.E. Amantayeva, G.R. Subebekova, A.T. Agishev, S.A. Khokhlov

DETERMINATION OF THE FUNDAMENTAL PARAMETERS OF CATAclysmic
VARIABLE PERIOD GAP STAR V1239 HERCULES.124

T.N. Ismagambetova, M.T. Gabdullin, T.S. Ramazanov

STRUCTURAL AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF A TWO-COMPONENT
DENSE HYDROGEN PLASMA.131

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 described work 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 Cross Check originality detection service <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 сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 10.03.2022.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.