

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

2025 • 2



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV 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) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Aygazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

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. KZ31VPY00111215 issued 31. 01. 2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Құантай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабиатындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

Бүркітбаев Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арслан Зайнуталлаұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

«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.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі 31.01.2025 ж. берген № KZ31VPY00111215 Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САИГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Кунтай Агвазыевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

БҮРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жаббагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

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 №**KZ31VPY0011215** о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **31.01.2025**

Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

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

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

PHYSICS

A.A. Gazizova, D.M. Nasirova, V.O. Kurmangaliyeva, Sh.I. Khamraev DISTRIBUTION OF PRESSURE AND TEMPERATURE IN NEUTRON STARS: NUMERICAL ANALYSIS.....	11
A. Dalelkhankyzy, G. Baimbetova, N. Koilyk, S. Toktarbay, A. Beisebayeva QUASISPIN FORMALISM OF INTERACTION BETWEEN BOSONS AND ITS APPLICATION IN NUCLEAR THEORY.....	22
N.K. Zhusupova, V.N. Zhumabekova, A.A. Zhadyranova DETERMINATION OF ANTINEUTRON-NUCLEAR SCATTERING AMPLITUDE.....	34
V. Mukamedenkyzy, B. Akberdiyev INVESTIGATION OF CONCENTRATION FIELDS IN BINARY GAS MIXTURES IN THE PRESENCE OF CONVECTIVE FLOWS.....	46
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S.Sittykova, D. Kadyrova SEARCHING FOR INNER-EARTH ASTEROIDS.....	62
G.B. Suliyeva, M.A. Makukov, E.G. Mychelkin TWO TYPES OF SCALAR BACKGROUND VISUALIZATION.....	79
U.A. Ualikhanova, A.M. Konys, A.B. Altaibayeva, Zh.M. Beisekeyeva DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF $f(R,T) = R + \beta T^m$ COSMOLOGY.....	94
Zh.S. Umbetova, U.U. Abdizhalilova DYNAMICS OF THE EVOLUTION OF ANISOTROPIC COMPACT STARS IN $f(\tau)$ TELEPARALLEL GRAVITY.....	105
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyuk DESTRUCTION OF SMALL BODIES COMPOSED OF SILICATES BY THERMAL STRESSES.THERMAL EMISSION OF DISRUPTION PRODUCTS.....	121
S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.V. Reva, L. Aktay, V.Y. Kim STUDIES OF THE MRK 766 GALAXY IN THE OPTICAL RANGE.....	138

CHEMISTRY

D.T. Altynbekova, B.K. Massalimova, B.E. Begenova, A. Darmenbayeva, M.D. Akanova SYNTHESIS AND STUDY OF PROTON CONDUCTIVITY OF NANOCOMPOSITES BASED ON COMPLEX OXIDES (LaNbO ₄) AND ALLOYS (NiCoOx, CuCoOx, NiCuOx).....	152
--	-----

D.Zh. Amantayeva, M.A. Dyusebayeva, B.K. Kopzhassarov, A.E. Berganayeva, G.E. Berganayeva PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ULMUS PUMILA LEAVE.....	164
A. Assanov, S.A. Mameshova, G.S. Tatykhanova, T.A. Savitskaya CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN CLAYS AND STUDY OF THEIR HYDRODISPERSIVE PROPERTIES.....	182
G.S. Akhmetova, U.B. Issayeva, K.D. Praliyev, M.T. Omyrzakov, T.M. Seilkhanov TECHNOLOGY OF PRODUCING 1-(2-ETHOXYETHYL)-4- ADAMANTANECARBONYLOXY-PIPERIDINE HYDROCHLORIDE AND STUDY OF ITS CYTOTOXICITY.....	206
G.Zh. Baisalova, G.K. Token, B.B. Torsykbaeva, A.D. Dukenbayeva, N. Rakhmetova STUDYING THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PHRAGMITES COMMUNIS PLANT BY GAS CHROMATOGRAPHY–MASS–SPECTROMETRY.....	218
A. Yedilova, Z. Inelova, N. Kurbatova, B. Turalin PHYTOCHEMICAL STUDY OF MEDICINAL PLANT - HUMULUS LUPULUS L., FOR THE PURPOSE OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....	229
A. Kuandykova, B. Taimasov, E. Potapova, B. Zhakipbayev, N. Zhanikulov STUDY OF THE MICROSTRUCTURE OF CLINKERS OBTAINED FROM METALLURGICAL SLAG.....	242
X.A. Leontyeva, G.M. Khussurova, D.S. Puzikova, A.N. Nefedov, M. Zhurynov PERFORMANCE AND APPLICATION OF ORGANIC CORROSION INHIBITORS IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY OF THE CIS COUNTRIES. REVIEW.....	258
L.K. Orazzhanova, Zh.S. Kassymova, Zh.Zh. Nurtazina, D.K. Asserzhanov, K.K. Kabdulkarimova SYNTHESIS AND APPLICATION OF IRON NANOPARTICLES FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CHLORELLA VULGARIS.....	275
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova SOLID CARBON DIOXIDE ADSORBENT BASED ON ALKALI METAL CARBONATES WITH PROMOTER ADDITIVES.....	291

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А.А. Ғазизова, Д.М. Насирова, В.О. Құрманғалиева, Ш.И. Хамраев. НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ҚЫСЫМ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ТАРАЛУЫНА САНДЫҚ ТАЛДАУ.....	11
А. Дәлелханқызы, Г. Баймбетова, Н. Қойлық, С. Тоқтарбай, А. Бейсебаева БОЗОНДАР АРАСЫНДАҒЫ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУДІҢ КВОЗИСПИНДІК ФОРМАЛИЗМІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЯДРОЛЫҚ ТЕОРИЯДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛУЫ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова АНТИНЕЙТРОНДАРДЫҢ ЯДРОДАН ШАШЫРАУ АМПЛИТУДАСЫН АНЫҚТАУ.....	34
В. Мукамеденқызы, Б. Ақбердиев КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАР КЕЗІНДЕ БИНАРЛЫ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ІШКІ ЖЕР ОРБИТАСЫНДА АСТЕРОИДТАРДЫ ІЗДЕУ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин СКАЛЯРЛЫ ФОННЫҢ ЕКІ ТҮРЛІ ВИЗУАЛИЗАЦИЯСЫ.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Қоныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева $f(R, T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ТАЛДАУЫ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ АНИЗОТРОПТЫ КОМПАКТТЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк СИЛИКАТТЫ ҚҰРАМДЫ ШАҒЫН ДЕНЕЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРДЕН БҰЗЫЛУЫ. БӨЛШЕКТЕНУ НӘТИЖЕСІНДЕ ПАЙДА БОЛАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ ЖЫЛУЛЫҚ ЭМИССИЯСЫ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким MRK 766 ГАЛАКТИКАСЫН ОПТИКАЛЫҚ ДИАПАЗОНДА ЗЕРТТЕУ.....	138

ХИМИЯ

- Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова**
 КҮРДЕЛІ ОКСИДЕР (LaNbO_4) МЕН ҚҰЙМАЛАРДЫҢ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x)
 НЕГІЗІНДЕГІ НАНОКОМПОЗИТТЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ
 ПРОТОНӨТКІЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ.....152
- Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева**
 ULMUS PUMILA ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ
 ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....164
- А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая**
 ҚАЗАҚСТАН САЗДАРЫНЫҢ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ
 ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГИДРОДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....182
- Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пірәлиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов**
 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4-АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИН
 ГИДРОХЛОРИДІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЦИТОУЫТТЫЛЫҚ
 ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....206
- Г.Ж. Байсалова, Г.Қ. Төкен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова**
 ГАЗ ХРОМАТОГРАФИЯ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН PHRAGMITES
 COMMUNIS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....218
- А. Едилова, З. Инелова, Н. Күрбатова, Б. Туралин**
 ДӘРІЛІК HUMULUS LUPULUS L. ӨСІМДІГІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ
 ЗАТТАРДЫ АЛУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....229
- А. Қуандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов**
 МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ШЛАКТАРДАН АЛЫНАТЫН КЛИНКЕРЛЕРДІҢ
 МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ.....242
- К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Жұрынов**
 ТМД ЕЛДЕРІНІҢ МҰНАЙ-ХИМИЯ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ
 ОРГАНИКАЛЫҚ ИНГИБИТОРЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ ЖӘНЕ
 ҚОЛДАНЫЛУЫ. ШОЛУ.....258
- Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.Қ. Әсержанов,**
К.К. Кабдулкаримова
 CHLORELLA VULGARIS БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН АЛУ
 ҮШІН ТЕМІР НАНОБӨЛШЕКТЕРІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....275
- Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова**
 ПРОМОУТЕРЛІК ҚОСПАЛАРЫ БАР СІЛТІЛІ МЕТАЛЛ КАРБОНАТТАРЫНА
 НЕГІЗДЕЛГЕН КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТІ.....291

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А.А. Газизова, Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, Ш.И. Хамраев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗДАХ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ.....	11
А. Далелханкызы, Г. Баймбетова, Н. Койлык, С. Токтарбай, А. Бейсебаева КВАЗИСПИНОВЫЙ ФОРМАЛИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БОЗОНОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЯДЕРНОЙ ТЕОРИИ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АНТИНЕЙТРОН-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ.....	34
В. Мукамеденкызы, Б. Акбердиев ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БИНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ПОИСК АСТЕРОИДОВ ВНУТРИ ЗЕМНОЙ ОРБИТЫ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин ДВА ТИПА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СКАЛЯРНОГО ФОНА.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Коныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИИ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова ДИНАМИКА ЭВОЛЮЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗД В $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ГРАВИТАЦИИ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ МАЛЫХ СИЛИКАТНЫХ ТЕЛ ТЕПЛОВЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ. ТЕПЛОВАЯ ЭМИССИЯ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЛАКТИКИ MRK 766 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (LaNbO_4) И СПЛАВОВ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x).....	152
---	-----

Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ULMUS PUMILA.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН КАЗАХСТАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пралиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОХЛОРИДА 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4- АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ЦИТОТОКСИЧНОСТИ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.К. Токен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ RHAGMITES COMMUNIS МЕТОДОМ ГАЗ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИИ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Курбатова, Б. Туралин ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ – HUMULUS LUPULUS L. С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	229
А. Куандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛИНКЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Журинов ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРАН СНГ. ОБЗОР.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.К. Асержанов, К.К. Кабдулкаримова СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ CHLORELLA VULGARIS.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ТВЁРДЫЙ АДсорбЕНТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРОМОТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ.....	291

© N.K. Zhusupova^{1*}, V.N. Zhumabekova^{1,2}, A.A. Zhadyranova³, 2025.

¹Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Almaty, Kazakhstan;

²Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan;

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: zhnaz88@gmail.com

DETERMINATION OF ANTINEUTRON-NUCLEAR SCATTERING AMPLITUDE

Zhusupova Nazym — doctoral student, department of Physics KazNPU named Abay, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: zhnaz88@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8900-0829>;

Zhumabekova Venera — PhD (Physics), senior lecturer of the department of theoretical and nuclear physics KazNU named al-Farabi, Almaty, Kazakhstan; Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: zh.venera@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7223-5373>;

Zhadyranova Aliya — PhD, senior lecturer of the department of general and theoretical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

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

Abstract. This work considers the problem of theoretical determination of the amplitude of antineutron scattering on nuclei at low energies. Based on the quantum-mechanical approach and optical-type potentials, an analysis of the interaction of an antineutron with a nucleus is carried out. Antineutrons, having no electrical charge, are a unique tool for probing nuclear matter because they penetrate deeper into the nuclear potential without the electromagnetic and Coulomb distortions inherent in charged particles. There is so little data on the antineutron nucleus that it is impossible to perform partial wave analysis of the data with sufficient accuracy. To predict the low-energy antineutron regime, it is necessary to develop a theoretical model that can also describe α_{NA} amplitude of antineutron-nuclear scattering. Most of the data on this system consists of data on antiproton-nucleus scattering and cross sections for the complete annihilation of antiprotons with energies of 10–100 MeV, and experimental data on antineutron-nucleus interactions at low energies are sparse. Expressions for scattering amplitudes are obtained within the framework of the distorted wave model, and a comparison with known experimental and theoretical data is made. The values of the scattering lengths of antineutrons in nuclei and, in particular, the imaginary parts of the scattering lengths are analyzed. The results demonstrate the influence of the nuclear structure and antineutron energy on the shape of the amplitude and the scattering cross-

section. The analysis can be useful for studies of antineutron optics and can be applied in problems of nuclear astrophysics, antimatter physics, and in planning fundamental experiments with antineutrons in the future.

Key words: neutron-antineutron oscillations, baryon number violation, antineutron-nuclear scattering, the core, antineutron

© Н.К. Жусупова¹, В.Н. Жумабекова^{1,2}, А.А. Жадыранова³, 2025.

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

E-mail: zhnaz88@gmail.com

АНТИНЕЙТРОНДАРДЫҢ ЯДРОДАН ШАШЫРАУ АМПЛИТУДАСЫН АНЫҚТАУ

Жусупова Назым — Абай атындағы ҚазҰПУ, физика кафедрасының докторанты (физика), Алматы, Қазақстан,

E-mail: zhnaz88@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8900-0829>;

Жумабекова Венера — PhD (физика), әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің теориялық және ядролық физика кафедрасының аға оқытушысы, Алматы, Қазақстан; Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: zh.venera@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7223-5373>;

Жадыранова Алия — PhD, Жалпы және теориялық физика кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

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

Аннотация. Бұл жұмыста төмен энергиялардағы антинейтрондардың ядролық шашырау амплитудасын теориялық анықтау мәселесі қарастырылған. Кванттық-механикалық тәсілмен оптикалық потенциалдар негізінде антинейтронның ядромен әрекеттесуіне талдау жасалды. Антинейтрондар электр заряды болмағандықтан, ядролық материяны зерттеудің бірегей құралы болып табылады, өйткені олар зарядталған бөлшектерге тән электромагниттік және кулондық бұрмалануларсыз ядролық потенциалға тереңірек енеді. Антинейтрон-ядро әсерлесуі туралы деректердің аздығы соншалық, мәліметтердің жартылай толқындық талдауын жеткілікті дәлдікпен жүргізу мүмкін емес. Төмен энергиялы антинейтрондық режимді болжау үшін антинейтронның ядродан шашырауын және α -шашырау амплитудасын сипаттай алатын теориялық модельді жасау қажет. Бұл жүйедегі деректердің көпшілігі антипротонның ядродан шашырауы және 10–100 МэВ энергиясы бар антипротондардың толық жойылуының көлденең қималары туралы мәліметтерден тұрады, ал төмен энергиялардағы антинейтронның ядролармен әрекеттесуі туралы тәжірибелік деректер сирек. Бұрмаланған толқын моделі шеңберіндегі шашырау амплитудаларының өрнектері алынып, белгілі эксперименттік және теориялық мәліметтермен салыстыру жүргізілді. Кешенді шашырау амплитудасын шашырау қималары, фазалық ығысулар, бұрыштық таралулар және аннигиляция параметрлері сияқты өлшенген шамалар негізінде

кайта құруға ерекше назар аударылады. Ядролардағы антинейтронның шашырау ұзындықтарының мәндеріне және, атап айтқанда, шашырау ұзындықтарының жанама бөліктеріне талдау жасалды. Ядродағы антинейтронның шашырауын сипаттау үшін Шредингер теңдеуін сандық шешу әдістері қолданылды. Нәтижелер ядро құрылымы мен антинейтрон энергиясының шашырау амплитудасы мен кимасы пішініне әсерін көрсетеді. Талдау антинейтрондық оптиканы зерттеу үшін пайдалы болуы мүмкін және оны ядролық астрофизика, антиматерия физикасы мәселелерінде және болашақта антинейтрондармен іргелі эксперименттерді жоспарлауда қолдануға болады.

Түйін сөздер: нейтрон-антинейтрондық түрленулер, барион санының бұзылуы, антинейтрон-ядролық шашырау, ядро, антинейтрон

© Н.К. Жусупова^{1*}, В.Н. Жумабекова^{1,2}, А.А. Жадыранова³, 2025.

¹Казахский Национальный педагогический университет им. Абая,
Алматы, Казахстан;

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан.

E-mail: zhnaz88@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АНТИНЕЙТРОН-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ

Жусупова Назым — докторант (физики), кафедра физики КазНПУ имени Абая, Алматы, Казахстан,
E-mail: zhnaz88@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8900-0829>;

Жумабекова Венера — PhD (физики), старший преподаватель кафедры теоретической и ядерной физики КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан,

E-mail: zh.venera@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7223-5373>;

Жадыранова Алия — PhD, старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1153-3438;

Аннотация. В работе рассматривается задача теоретического определения амплитуды рассеяния антинейтронов на ядрах при низких энергиях. На основе квантово-механического подхода и потенциалов оптического типа проведён анализ взаимодействия антинейтрона с ядром. Антинейтроны, не обладая электрическим зарядом, являются уникальным инструментом для зондирования ядерной материи, поскольку они проникают глубже в ядерный потенциал без электромагнитных и кулоновских искажений, присущих заряженным частицам. Данные по антинейтрон-ядру настолько мало, что невозможно выполнить частичный волновой анализ данных с достаточной точностью. Для прогноза режима антинейтронов низкой энергии необходимо разработать теоретическую модель, которая также может описывать амплитуды антинейтрон-ядерного рассеяния. Большая часть данных об этой системе состоит из данных об



антипротон-ядерных рассеяниях и сечениях полной аннигиляции антипротонов с энергией 10–100 МэВ. Получены выражения для амплитуд рассеяния в рамках модели искажённых волн, а также выполнено сравнение с известными экспериментальными и теоретическими данными. Особое внимание уделяется реконструкции комплексной амплитуды рассеяния на основе измеряемых величин — сечений рассеяния, фазовых сдвигов, угловых распределений и параметров аннигиляции. Проанализированы значения длин рассеяния антинейтронов в ядрах и, в частности, мнимые части длин рассеяния. Для описания рассеяния антинейтрона на ядре были использованы методики численного решения уравнения Шрёдингера. Результаты демонстрируют влияние ядерной структуры и энергии антинейтрона на форму амплитуды и сечение рассеяния. Проведённый анализ может быть полезен для исследований антинейтронной оптики и могут быть применимы в задачах ядерной астрофизики, физики антивещества, а также при планировании фундаментальных экспериментов с антинейтронами в будущем.

Ключевые слова: нейтрон-антинейтронные осцилляции, нарушение барионного числа, антинейтрон-ядерное рассеяние, ядро, антинейтрон

Kіріспе. Нейтрондардың антинейтрондарға түрленуін бақылау элементар бөлшектер физикасы мен космология үшін іргелі маңызы бар зерттеу болып табылады. n - $\bar{n}$ түрленуін бақылау барион санының (B) екі бірлікке бұзылатынын көрсетеді (Sakharov, 1967; Kuzmin, 1970; Arnold, 2013; Babu, 2013; Canetti, 2013; Herrero-Garcia, 2014; Berezhiani, 2016; Grojean, 2018; Berezhiani, 2021; Girmohanta and Shrock, 2019; Girmohanta and Shrock, 2020; Girmohanta and Shrock, 2020). Бұл ғаламдағы бариондық асимметрияны түсінуге мүмкіндік береді. Антинейтрон – бұл нейтронның антибөлшегі. Ол $\bar{n}$ түрінде белгіленеді. Ол бір анти-жоғары және екі анти-төмен кварктардан құралады, сондықтан массасы бойынша нейтронға тең және бариондық саны бойынша қарама-қарсы болады (нейтрон үшін $B = 1$ және антинейтрон үшін $B = -1$). Антинейтрон электрлік бейтарап бөлшек және массасы нейтрон массасымен бірдей ($m_n = m_{\bar{n}} = 939,56$ МэВ/ c^2). Оның магнит моменті шамасы жағынан нейтронның магнит моментіне тең, бірақ қарама-қарсы болады.

Антинейтрондарды тікелей бақылау өте қиын, өйткені олардың таза электрлік зарядтары жоқ. Тәжірибелерде антинейтрондар қарапайым заттардың ядрада жұтылуы кезіндегі жойылған өнімдерімен тіркеледі. Антинейтрон ең алғаш 1956 жылы Брюс Корк, Глен Р. Ламбертсон, Орест Пиччиони және Уильям А. Венцель тобымен ашылған (Gabathulera and Pavlopoulos for the CPLEAR Collaboration, 2004). Олардың қондырғыларында антинейтрондар Беватрон үдеткішінде антипротондардың соқтығысуы кезіндегі заряд алмасуының нәтижесінде пайда болған. Олар екі әртүрлі детекторларды қарастырды: қорғасыннан жасалған черенков есептегіші, антинейтрон аннигиляциясын анықтауға арналған әйнек пен сұйық сцинтиллятор (Cork and Lambertson, 1956). Элементар бөлшектер физикасында электрлік бейтарап бөлшектердің түрленуі таңқаларлық емес. Нейтрон және антинейтрон сияқты бейтарап бариондардың бір біріне түрленуі

әбден мүмкін. Бейтарап мезондар (K^0 , B^0 , $\bar{K}^0$, $\bar{B}^0$) және бейтарап фермиондар осцилляциясы (ν_μ -дан ν_τ -ға дейін) (Gabathulera and Pavlopoulosb for the CPLEAR Collaboration, 2004; Cork and Lambertson, 1956; Aubert et al. (BABAR Collaboration, 2001) жұмыстарындағы тәжірибелерде анықталған.

Ядролардың басым көпшілігі үшін антинуклондық әрекеттесу үшін потенциалды модельдің бір түрін пайдалану қажет. Олардың ішінде күшті аннигиляциясы бар модель және ядролық беттік диффузияның қарапайым бір параметрлі моделі ядролық потенциалдың өте үлкен жанама бөлігіне ие және өте қарапайым геометриялық интерпретацияға ие нәтижелер береді. Ядроның бетінде антинейтрондардың жойылу ықтималдығы жоғары болғандықтан ол ядроның ішіндегі толқындық функцияны іс жүзінде «жояды», сондықтан алынатын нәтижелер негізінен ядроның шеткі бөлігіне сезімтал болады. Ядролық потенциалдың нақты бөлігі ядроның шеткі бөлігіне сәйкес келетін таза $A^{1/3}$ -тәуелділікке ие. Бұл модель бойынша шашырау ұзындықтары: $Rea_0^S = (1,54 \pm 0,03) \cdot A^{0,311 \pm 0,05}$ Фм және $Ima_0^S = (1,00 \pm 0,04)$ Фм (Shufan Lu, 2023).

Материалдар мен әдістер. Шағылысу кезінде айна ортасының ішінен өтетін екі нейтронның әртүрлі уақытын есептеу үшін нейтрондық оптика теориясын қолданамыз. Мұндай уақыт кешігуін локализацияланбаған (демек, физикалық емес) жазық толқындар үшін бағалауға болмайтынын ескерейік және есептеу толқындық пакеттер арқылы жасалуы керек. Міне, біз осы идеяны ұсынамыз. Сәуле тек екі толқын арқылы пайда болған, оның толқындық векторлары бағыты бойынша аздап ерекшеленеді, ал шамалары бірдей. Толқындық пакетті толқын компоненттерінің осындай жұптарының таралуынан тұрады деп қарастыруға болады. Біз толқындық функцияның басқа бағыттағы әрекетін елемейміз және жай ғана айна бетіне параллель болу үшін таңдалған x осі бойынша тәуелділікке назар аударамыз.

$$\bar{\psi}_x = e^{-ik_x x} + e^{-i(k_x + \Delta k_x)x} \quad (1)$$

Айна бетінде фазалық ығысулар жоқ

$$\psi_x = e^{-ik_x x} + e^{-i(k_x + \Delta k_x)x} \quad (2)$$

сондықтан осы толқындық функция суперпозициясымен байланысты ықтималдылық

$$\begin{aligned} I = \psi_x^* \psi_x &= [e^{ik_x x} + e^{i(k_x + \Delta k_x)x}] [e^{-ik_x x} + e^{-i(k_x + \Delta k_x)x}] \\ &= 2 + e^{-i\Delta k_x x} + e^{i\Delta k_x x} \\ &= 2(1 + \cos \Delta k_x x) \end{aligned} \quad (3)$$

x_0 нүктелерінде максималды болып табылады, мұндағы

$$\Delta k_x x_0 = 2\pi\nu \quad (4)$$

Алайда нейтрондық оптика теориясынан (Shufan Lu, 2023), толық шағылу кезінде k_x және $k_x + \Delta k_x$ импульстары аздап әртүрлі шағылған сәулелер сәйкесінше ϕ және $\phi + \Delta\phi$ қосымша фазалық ығысуларға ие болады

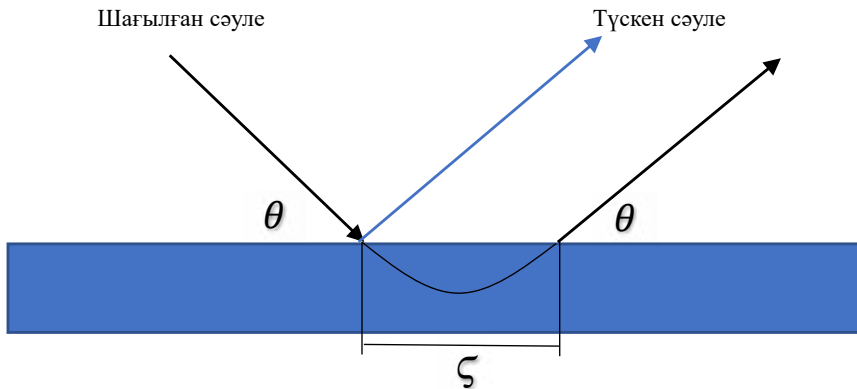
$$\begin{aligned} \psi_x &= e^{ik_x x + \phi} + e^{i(k_x + \Delta k_x)x + \Delta\phi} \\ &= e^{i(k_x x + \phi)}(1 + e^{i(\Delta k_x x + \Delta\phi)}) \end{aligned} \quad (5)$$

Максималды интенсивтілік шарты енді төмендегідей болады

$$\Delta k_x x + \Delta\phi = 2\pi\nu \quad (6)$$

$x - x_0$ ығысуы айна бетінің бойындағы толқындық пакет күйінде оптикада Гусь-Хэнхен ығысуы деп аталады. Гусь-Хэнхен эффектісі – жарықтың толық ішкі шағылысуы кезінде пайда болатын ерекше оптикалық құбылыс. Бұл эффект 1947 жылы Герман Гусь және Хильда Хэнхен есімді неміс ғалымдарының тәжірибелік зерттеулері арқылы ашылған. Бұл эффект кезінде шағылысқан жарық толқыны өзінің идеал геометриялық оптикалық жолынан аздап бүйірге ығысады. Яғни, жарық сәулесі шекарада шағылғаннан кейін бұрынғы орнына қарағанда сәл жылжып кетеді. Бұл эффект тек жарықтың тығыз оптикалық ортадан (мысалы, шыны немесе су) оптикалық тығыздығы аз ортаға (мысалы, ауаға) өткен кезде және толық ішкі шағылысу болған жағдайда байқалады. Бұл эффект жарықтың толқындық табиғатына байланысты. Шағылысу кезінде электромагниттік толқынның туннельденуі (немесе ену тереңдігі) жарықтың толқындық фазасына әсер етеді, нәтижесінде сәуле белгілі бір қашықтыққа ығысады.

$$\zeta = x - x_0 = -\frac{\Delta\phi}{\Delta k_x} = -\frac{d\phi}{dk_x} \quad (7)$$



Сурет-1. Гусь-Хэнхен эффектісінің иллюстрациясы

Болжамымыз бойынша $k_0^2 = k_x^2 + k_y^2$ у тұрақты болып табылады. Сонда $k_x dk_x + k_y dk_y = 0$.

$$\zeta = \frac{k_x}{k_y} \frac{d\phi}{dk_y} \quad (8)$$

Бұл өрнек Артман-Картер-Хор формуласы ретінде белгілі (Shufan Lu, 2023). Толқындық пакет үшін де нәтиже сондай, тек айырмашылығы k_x және k_y толқындық пакеттің импульс векторының компоненттерінің орташа мәндері болады.

Осылайша, ζ бойлық сәуле ығысуын $k_{\parallel}$ толқын санының параллель құраушысына қатысты ϕ фазалық ығысуының туындысын алу арқылы алуға болады: $\zeta = -\frac{d\phi}{dk_{\parallel}}$. Сонымен қатар оны толқындық пакеттің кешігу уақыты τ мен параллель жылдамдық құраушысының $v_{\parallel}$, $\zeta = \tau v_{\parallel}$ көбейтіндісі ретінде де жазуға болады. Сәйкесінше, τ кешігу уақытын толқын санының параллель құраушысына және $v_{\parallel}$ жылдамдықтың параллель құраушысына қатысты ϕ фазалық ығысуының туындысы арқылы өрнектей аламыз. $E_{\parallel} = \hbar^2 k_{\parallel}^2 / 2m$ және $v_{\parallel} = \hbar k_{\parallel} / m$ болғандықтан, кешігу уақытын $\tau = -\frac{d\phi}{v_{\parallel} dk_{\parallel}} = -\frac{\hbar d\phi}{dE_{\parallel}}$ түрінде алуға болады. Шағылысу кезінде кинетикалық энергия сақталады деп болжайық, яғни $E_{\perp} + E_{\parallel} = \text{const}$, кешігу уақытын енді былай жазуға болады

$$\tau = \frac{\hbar d\phi}{dE_{\perp}} \quad (9)$$

Енді нақты да, және кешенді оптикалық потенциал үшін де τ анықтайық. Баяу нейтрондар үшін жақын мандағы нейтрон-ядролық резонанстардың болмауы кезінде U_n оптикалық потенциалды жуықтап алуға болады, сондықтан бірінші осы жағдайды қарастырамыз. $U_n = U > E_{\perp}$ деп болжайық, ол нейтронның барлық толқындық функциясының шағылуын қамтамасыз етеді. Шағылғанға дейін перпендикуляр толқындық сан $k = \sqrt{2mE_{\perp}}$. Сәуле потенциалдық тосқауылға түскеннен кейін толқындық сан жанама болады, оны ік ретінде анықтаймыз, сонымен қатар $k_n = \sqrt{2m(U - E_{\perp})}$. Ал шағылған толқындық функция қосымша ϕ_n фазалар ығысуына ие болады. Осы екі бөліктегі Шредингер теңдеуінің есебін шеше отырып, $\phi_n = 2 \arctan \frac{k}{k_n}$ ала аламыз. k және k_n өрнегін қойып, ϕ_n төмендегідей жазуға болады

$$\phi_n = \arctan \frac{2\sqrt{E_{\perp}(U - E_{\perp})}}{U - 2E_{\perp}} \quad (10)$$

Сәйкесінше, нейтронның қалу уақытын анықтауға болады

$$\tau_n = \frac{d\phi_n}{dE_{\perp}} = \frac{d}{dE_n} \left(2 \arctan \frac{k}{k_n} \right) = \frac{1}{\sqrt{E_{\perp}(U - E_{\perp})}} \quad (11)$$

Антинейтронның ядродан шашырауын бейнелеу үшін Шредингер теңдеуі пайдаланылады, ондағы $U(r)$ потенциалы антинейтронның ядромен әсерлесуін ескереді. Шредингер теңдеуі:

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + U(r)\right)\psi(r) = E\psi(r) \quad (12)$$

мұндағы $\psi(r)$ – толқындық функция, $U(r)$ – антинейтронның ядромен әсерлесу потенциалы, E – толық энергия, m – антинейтрон массасы.

Нәтижелер және талқылау. Антинейтрондар үшін жағдай нейтрондарға қарағанда біршама ерекшеленеді. Антинейтронның жұтылу кимасы нейтронның жұтылу кимасынан бірнеше рет жоғары, сондықтан антинейтронның оптикалық потенциалы үлкен жанама бөлікке ие. Айнаның оптикалық потенциалы (Fedorov, 2004)

$$U = V - iW = (2\pi\hbar^2/m)\sum_l N_l b_l \quad (13)$$

және де $V > E_{\perp}$. Сәйкесінше, перпендикуляр толқындық сан $k_{\bar{n}} = \sqrt{2m(V - iW - E_{\perp})}$ енді комплексті болып табылады. Оны былай жазайық $k_{\bar{n}} = k' - ik''$, мұндағы $k' = \sqrt{m(\alpha + (V - E_{\perp}))}$, $k'' = \sqrt{m(\alpha - (V - E_{\perp}))}$ және $\alpha = \sqrt{(V - E_{\perp})^2 + W^2}$. Шредингер теңдеуінен шағылған антинейтронның фазалық ығысуын түрінде $\varphi_{\bar{n}} = \arctan \frac{2kk'}{k'^2 + k''^2 - k^2}$ өрнектеуге болады. k' және k'' қойып, фазалық ығысуды $\varphi_{\bar{n}} = \arctan \frac{\sqrt{2E_{\perp}(\alpha + (V - E_{\perp}))}}{\alpha - E_{\perp}}$ ретінде жазуға болады. Сәйкесінше, жалпы жағдайда қалу уақытын былай анықтауға болады

$$\tau_{\bar{n}} = \frac{d\varphi}{dE_{\perp}} = \frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{\alpha + (V - E_{\perp})}{2E_{\perp}}} \quad (14)$$

$E_{\perp} = \hbar^2 k_z^2 / 2m$ — материал шекарасына нормаль болатын импульске байланысты, түскен нейтронның кинетикалық энергиясының үлесі. Нейтрондардың өзара әрекеттесуінде потенциалдық шашырау да, резонанстық шашырау да болады. Резонанс нейтрондарды жұтады және нейтрондардың шашырау амплитудасының бір құрамдас бөлігінің үлкен бейнесін қосады. n-A резонанстары бар болған кезде $f = f_{pot} + f_{res}$ толық шашырау амплитудасының f_{res} резонансты бөлігі үшін өрнек төмендегідей болады (Landau and Lifshits, 2001)

$$f_{res} = \sum_j \frac{g_{\pm j}}{2k_j'} \frac{\Gamma_{n,j}}{[(E' - E_j) + i\Gamma_j/2]} \quad (15)$$

мұндағы $\Gamma_{n,j}$ және $\Gamma_j - E_j$ энергиясы кезіндегі нейтрон ені және толық резонанс ені, ал $k' = \mu k/m$ — келтірілген массасы μ массалар центрі жүйесіндегі толқындық вектор, E' — байланыс энергиясы, $g_{+,j} = (I+1)/(2I+1)$ және $g_{-,j} = I/(2I+1)$ — $J = I \pm 1/2$ толық бұрыштық момент каналындағы энергиясы E_j резонанс үшін статистикалық салмақ коэффициенттері.

Берілген потенциал үшін $f(\theta)$ шашырау амплитудасы фазалық ығысулар арқылы анықталады (Dzheparov, 2012):

$$f(\theta) = \frac{1}{k} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) e^{i\delta_l} \sin(\delta_l) P_l(\cos\theta) \quad (16)$$

мұндағы $P_l(\cos\theta)$ – Лежандр полиномдары.

$f = f' + if''$ шашырау амплитудасы f'' жанама бөлікке ие болады. Шашырау амплитудасының жанама бөлігі шамасы оны толық шашырау қимасымен байланыстыратын оптикалық теоремадан шығады. Оптикалық теорема нейтрон ағынының сақталуын көрсетеді: радиусы r сфераға түскен нейтрондардың толық ағыны, шыққан және жұтылған бөлшектердің толық ағындарының қосындысына тең. Баяу нейтрондардың ядродан шашырауы үшін оптикалық теореманы қарастырайық, $l=0$ үшін s -толқындық нейтрондарға сәйкес келетін түскен жазық толқындар бөлігі мынаған тең:

$$\frac{1}{4\pi} \int \exp(i\mathbf{k}\mathbf{r}) d\Omega = \frac{1}{2} \int_0^\pi \exp(ikr \cos\theta) \sin\theta d\theta = \frac{\exp(ikr) - \exp(-ikr)}{2ikr} \quad (17)$$

Осылайша, тек нөлдік бұрыштық моменті бар нейтрондарды ескере отырып, толқындық функция үшін мынаны аламыз

$$\psi_s = \frac{i}{2k} \frac{e^{-ikr}}{r} + \left(f - \frac{i}{2k}\right) \frac{e^{ikr}}{r} \quad (18)$$

Мұнда бірінші мүше жинақтаушы толқынға, ал екіншісі – диверсиялық (таралған) толқынға сәйкес келеді.

$$\sigma_a = 4\pi(|i/(2k)|^2 - |f - i/(2k)|^2) = -4\pi|f|^2 + \frac{4\pi}{k} \text{Im}f \quad (19)$$

Толық шашырау қимасы үшін өрнекті ескере отырып (Dzheparov, 2012), нейтрондардың ядродан шашырауы үшін оптикалық теорема аламыз

$$\text{Im}f = \frac{k}{4\pi} (\sigma_a + \sigma_{sc}) = \frac{k}{4\pi} \sigma_t \quad (20)$$

мұндағы σ_t – нейтронның ядромен әсерлесуінің толық қимасы, σ_a – нейтрондардың жұтылу қимасы, σ_{sc} – нейтрондардың шашырау қимасы. Жалпы жағдайда шашырау амплитудасы шашырау бұрышына тәуелді $f = f(\theta)$, және оптикалық теорема мына түрге келеді

$$\text{Im}f(0) = \frac{k}{4\pi} \sigma_t \quad (21)$$

Оптикалық теоремадан, нейтрондарды қарпып алу болмаған жағдайда шашырау амплитудасының жанама бөлігі өте аз болады:

$$\left| \frac{f''}{f} \right| = \left| \frac{k\sigma_t}{4\pi f'} \right| \approx |kf'| = 2\pi \frac{|f'|}{\lambda} \approx 2\pi \frac{|f|}{\lambda} \quad (22)$$

⁹Be ядросы үшін, энергиясы $E = 0,025$ эВ жылу нейтрондарының жұтылу кимасы (және, сәйкесінше, толқын ұзындығы $\lambda = 580 \cdot 10^{-10}$ м) $\sigma_a = 3.5$ барн және $f = 0,78 \cdot 10^{-14}$ м тең, сонда: $\left| \frac{f''}{f} \right| = \frac{\sigma_a}{2\lambda f} = 0.0039$.

Қорытынды

Антинейтронның ядродан шашырау ұзындығын анықтаудың теориялық тәсілдері талданды. Бұл жұмыста Гусь-Хенхен эффектісі қарастырылды, яғни бұл эффект бойынша нейтронның ядродан шашырауы кезінде кейбір нейтрон ядроға еніп, ығысу құбылысы байқалады. Айна материалдарының көпшілігі үшін декогеренттілік жылдамдығы төмен. Осылайша, n және $\bar{n}$ амплитудасының салыстырмалы фазалық ығысуы айналық шағылысу кезінде әлі де «квази-еркін» күйді сақтай алады.

Берилий ядросы үшін шашырау ұзындығының жанама бөлігінің шашырау ұзындығына қатынасы есептелді. Осыдан нейтрондардың берилий ядросынан шашырауы кезінде өте аз бөлігі жұтылатынын көруге болады. Сондықтан берилий ядросы нейтрон-антинейтрондық түрленуді зерттеу үшін басқа ядроға қарағанда қолайлырақ, өйткені жұтылу процесі осцилляцияны тежемейді. Бұл нейтрон-антинейтрон түрленулерін іздейтін болашақ эксперименттер үшін өте маңызды нәтиже, өйткені бұл негізінен сәулелі нейтрондық айналар арқылы басқаруға болатынын білдіреді.

Әдебиеттер

- A.D. Sakharov, (1967) CP инварианттылығы, C асимметриясы және ғаламның бариондық асимметриясының бұзылуы. — JETP Lett. 5. — Б. 24-27. DOI: 10.1070/PU1991v034n05ABEN002497
- V.A. Kuzmin, (1970) CP-инварианттылық және ғаламның бариондық асимметриясы. — JETP Lett. 12. — Б. 335-337.
- J.M. Arnold, B. Fornal, and M. B. Wise, (2013). Скалярлық лептокварктардың феноменологиясы. — Phys. Rev. D 87, 075004.
- K.S. Babu, P.S.B. Dev, E.C.F.S. Fortes, and R.N. Mohapatra, (2013) Сфалероннан кейінгі бариогенез және нейтрон-антинейтрондық түрлену уақытының жоғарғы шегі. — Phys. Rev. D 87, 115019. DOI: 10.1103/PhysRevD.87.115019
- L. Canetti, M. Drewes, T. Frossard, and M. Shaposhnikov, (2013) Қара материя, бариогенез және оң қолды нейтринолардан нейтрино түрленулері. — Phys. Rev. D 87, 093006. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.87.093006>
- A. de Gouvea, J. Herrero-Garcia, and A. Kobach, (2014). Нейтрино массасы, Ұлы бірігу және барион санының бұзылуы. — Phys. Rev. D 90, 016011. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.90.016011>
- Z. Berezhiani, (2016) Нейтрон-антинейтрондық түрлену және бариондық мажор: кіші масштабты өздігінен барионды бұзылу. — Eur. J. Phys. — 76 6. DOI 10.1140/epjc/s10052-016-4564-0
- C. Grojean, B. Shakya, J.D. Wells, and Z. Zhang, (2018). Жақсартылған нейтрон-антинейтрондық



түрленудің бариогенезді іздеу салдары: минималды тиімді теорияның талдауы. — *Phys. Rev. Lett.* 121 6. 171801. DOI:10.1103/PhysRevLett.121.171801

Z. Berezhiani, (2021) Айна әлемі арқылы нейтрон-антинейтрондық түрленудің ықтимал төте жолы. — *Eur. Phys. J.C.* — Vol. 81. <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-020-08824-9>

S. Girmohanta and R. Shrock, (2019) Нуклондардың ыдырау режимдері үшін жартылай өмір сүру уақытының жақсартылған төменгі шекаралары. — *Phys. Rev. D* 100, 115025. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.115025>

S. Girmohanta and R. Shrock, (2020) Динуклондардың дилептондарға ыдырауын бұзатын барион санының жақсартылған жоғарғы шегі. — *Phys. Lett. Vol. 803*, 135296. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135296>

S. Girmohanta and R. Shrock, (2020) Үлкен қосымша өлшемдері бар модельде барион санын бұзатын нуклон мен динуклонның ыдырауы. — *Phys. Rev. D* 101, 015017. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.015017>

G. Bressi et al., (2011) Сфералық резонаторда акустикалық құралдармен заттың бейтараптығын тексеру. — *Phys. Rev. A* 83, 052101. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.83.052101>

E. Gabathulera, and P.Pavlopoulos for the CPLEAR Collaboration. (2004) The CPLEAR experiment. — *Physics Reports.* — Б. 303-321. DOI: 10.1016/j.physrep.2004.08.020

Bruce Cork, Glen R. Lamberton, Oreste Piccioni, and William A. Wenzel, (1956) Заряд алмасу соқтығыстарында антипротондардан алынатын антинейтрондар. — *Phys. Rev.* 104, 1193. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRev.104.1193>

B. Aubert et al. (BABAR Collaboration), (2001). Measurement of CP -Violating Asymmetries in B^0 Decays to CP Eigenstates. — *Phys. Rev. Lett.* 86, 2515. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.86.2515>

Shufan Lu, (2023) Quantum description of mode-entangled single neutron Interferometry an decoherence analysis of two-state neutron Superpositions with absorption. PhD диссертациясы. — Блумингтон. — 150 б.

В.В. Федоров, (2004) Нейтрондық оптика. Оқу құралы. — St. Petersburg: Publishing House PNPI. — 334 б. <https://org/2015040283733/neitronnaya-fizika-uchebnoe-posobie-fedorov-v-v-2004.html>

Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, (2001) Кванттық механика. Релятивистік емес теория (Серия: Теориялық физика). — Volume 3. — 750 б. https://pierre.ag.gerard.web.ulb.be/textbooks/books/Landau_Lifshitz_T3.pdf

Ф.С. Джепаров, Д.В. Львов, (2012) Конденсацияланған күйлердегі нейтрондық зерттеулер, оқу құралы. — М.: National Research Nuclear University MEPhI. — 188 б.

References

A.D. Sakharov, (1967) Violation of CP Invariance, C asymmetry, and baryon asymmetry of the universe. — *JETP Lett.* 5. — Pp. 24-27. DOI: 10.1070/PU1991v034n05ABEH002497 (in English)

V.A. Kuzmin, (1970) CP-noninvariance and baryon asymmetry of the universe. *JETP Lett.* 12. —P. 335-337. (in English)

J. M. Arnold, B. Fornal, and M. B. Wise, (2013) Phenomenology of scalar leptoquarks. — *Phys. Rev. D* 87, 075004. (in English)

K.S. Babu, P.S.B. Dev, E.C.F. S. Fortes, and R. N. Mohapatra, (2013). Post-sphaleron baryogenesis and an upper limit on the neutron-antineutron oscillation time. — *Phys. Rev. D* 87, 115019. DOI: 10.1103/PhysRevD.87.115019 (in English)

L. Canetti, M. Drewes, T. Frossard, and M. Shaposhnikov, (2013) Dark matter, baryogenesis and neutrino oscillations from right-handed neutrinos. — *Phys. Rev. D* 87, 093006. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.87.093006> (in English)

A. de Gouvea, J. Herrero-Garcia, and A. Kobach, (2014) Neutrino Masses, Grand Unification, and Baryon Number Violation. — *Phys. Rev. D* 90, 016011. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.90.016011> (in English)

Z. Berezhiani, (2016) Neutron-antineutron oscillation and baryonic majoron: low scale spontaneous baryon violation. — *Eur. J. Phys.* — 76 p. 705. DOI 10.1140/epjc/s10052-016-4564-0 (in English)

C. Grojean, B. Shakya, J. D. Wells, and Z. Zhang, (2018) Implications of an Improved Neutron-



Antineutron Oscillation Search for Baryogenesis: A Minimal Effective Theory Analysis. — Phys. Rev. Lett. 121, 171801. DOI:10.1103/PhysRevLett.121.171801 (in English)

Z. Berezhiani, (2021) A possible shortcut for neutron–antineutron oscillation through mirror world. — Eur. Phys. J. C, — Vol. 81. <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-020-08824-9> (in English)

S. Girmohanta and R. Shrock, (2019) Improved lower bounds on partial lifetimes for nucleon decay modes. — Phys. Rev. D 100, 115025. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.100.115025> (in English)

S. Girmohanta and R. Shrock, (2020) Improved upper limits on baryon-number violating dinucleon decays to dileptons. — Phys. Lett. — Vol. 803, 135296. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135296> (in English)

S. Girmohanta and R. Shrock, (2020) Baryon-number-violating nucleon and dinucleon decays in a model with large extra dimensions. — Phys. Rev. D 101, 015017. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.015017> (in English)

G. Bressi et al., (2011). Testing the neutrality of matter by acoustic means in a spherical resonator. — Phys. Rev. A 83, 052101. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.83.052101> (in English)

E.Gabathulera, and P.Pavlopoulosb for the CPLEAR Collaboration. (2004) The CPLEAR experiment. — Physics Reports. P. 303-321. DOI: 10.1016/j.physrep.2004.08.020 (in English)

Bruce Cork, Glen R. Lambertson, Oreste Piccioni, and William A. Wenzel, (1956) Antineutrons Produced from Antiprotons in Charge-Exchange Collisions. — Phys. Rev. 104, 1193. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRev.104.1193> (in English)

B. Aubert et al. (BABAR Collaboration), (2001) Measurement of CP -Violating Asymmetries in B^0 Decays to CP Eigenstates. — Phys. Rev. Lett. 86, 2515. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.86.2515> (in English)

Shufan Lu, (2023) Quantum description of mode-entangled single neutron Interferometry an decoherence analysis of two-state neutron Superpositions with absorption. PhD dissertations. — Bloomington, United States. — 150 p. (in English)

V.V. Fedorov, (2004) Neitronnaya fizika [Neutron physics]. — St. Petersburg: Publishing House PNPI. — 334 p. <https://org/2015040283733/neitronnaya-fizika-uchebnoe-posobie-fedorov-v-v-2004.html> (in Russian)

L.D. Landau, E.M. Lifshits, (2001) Kvantovaya mekhanika. Nereyativistskaya teoriya [Quantum mechanics. Nonrelativistic theory]. — Series: Theoretical physics. — Volume 3. — 750 p. https://pierre.ag.gerard.web.ulb.be/textbooks/books/Landau_Lifshitz_T3.pdf (in Russian)

F.S. Dzheparov, D.V. Lvov, (2012) Nejtronnye issledovaniya v kondensirovannykh sostoyaniyakh [Neutron studies of condensed matter]. — Textbook. M.: National Research Nuclear University MEPhI. — 188 p. (in Russian)



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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 23.06.2025.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 2.