

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

2023 • 3



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ

HALYK

CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»
ЧФ «ХАЛЫҚ»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корея биогылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

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

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

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

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

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

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

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

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

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

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

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

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

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

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

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

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

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

EDITOR IN CHIEF:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 2224-5227

Volume 3. Number 347 (2023), 36–46

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.223>

UDK 524.82; 524.83; 524.85

© Y. Myrzakulov*, G. Yergaliyeva, 2023

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

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com

THERMODYNAMIC STRUCTURE OF BARDEEN-YANG-MILLS BLACK HOLES

Myrzakulov Yerlan — PhD in Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0160-0422>;

Yergaliyeva Gulmira — PhD Student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: gyergaliyeva1171@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1545-8463>.

Abstract. In Einstein's theory, spherically symmetric objects, so-called black holes, require careful study because they are simple objects that can be described by simple parameters like charge, mass and angular momentum. But, as we know, general relativity cannot explain some observations near the event horizon of black holes, so general relativity is considered an incomplete theory for such phenomena. Black holes are the most mysterious astronomical objects, characterized by singularities and hidden event horizons. In general relativity, a singularity is a region where the laws of physics as we know them break down and gravitational attraction diverges across the affected region of space-time. To find answers to these unsolved questions, Bardeen was the first to propose and obtain a regular spherically symmetric solution of black holes, known as regular Bardeen black holes. Since this solution was not a vacuum solution, a specialized form of the energy-momentum tensor was introduced to create a model that satisfies the weak energy condition. The Bardeen model represents a regular spacetime black hole that satisfies the weak energy condition, and this condition is true for all regular black holes. Because of this weak energy condition, ordinary black holes avoid singularity theorems. Unlike other black holes, the core of ordinary black holes does not have a singularity, however, the environment beyond the event horizon in ordinary black holes is similar to that of other black holes. By regularity, Bardeen means a regularity that is obtained by applying a global constraint on the components of the ordinary curvature tensor and the Riemann curvature variables; in other words, the black hole formula has no discontinuity. Ordinary black holes

are not vacuum solutions to Einstein's equations of gravity, but they do necessarily contain an additional field or satisfy some form of modified theory of gravity. Consequently, they violate the energy conditions associated with the existence of physical singularities. This paper presents a solution to the Einstein field equation in the presence of Maxwell and Yang-Mills fields using nonlinear electrodynamics (NED). The resulting solution is the solution of a black hole with a horizon, but there is no singularity. This solution is a generalized version of the Bardeen black hole and Schwarzschild solution. In addition, thermodynamic quantities such as mass, temperature and heat capacity, which depend on the Yang-Mills field and nonlinear electrodynamics, were also studied. It is interesting to note that the phase transition occurs at the maximum temperature. The resulting black hole solution is regular rather than singular, and is known as a Bardeen-Yang-Mill black hole with a horizon. In addition, we also investigated the structure of the horizon and the thermodynamics of the resulting solution and showed that in this case the black hole violates the Bekenstein-Hawking area law in the presence of NED.

Keywords: Einstein's equation, black holes, Maxwell's equation, Yang-Mills fields, thermodynamics, event horizon

Acknowledgments. This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09058240).

© **Е.М. Мырзакулов***, **Г.Т. Ергалиева**, 2023

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан.

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com

БАРДИН-ЯНГ-МИЛЛІС ҚАРА ҚҰРДЫМДАРЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ

Мырзакулов Ерлан Муратбаевич — PhD, Л.Н. Гумилева атындағы ЕҰУ жалпы және теориялық физика кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қазақстан

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0160-0422>;

Ергалиева Гульмира Темирешевна — магистр, Л.Н. Гумилева атындағы ЕҰУ жалпы және теориялық физика кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қазақстан

E-mail: gyergaliyeva1171@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1545-8463>.

Аннотация. Эйнштейннің теориясында қара құрдымдар деп аталатын сфералық симметриялы объекттер мұқият зерттеуді қажет етеді, өйткені олар заряд, масса және импульс моменті сияқты қарапайым параметрлермен сипатталатын қарапайым объекттер. Бірақ, біз білетіндей, жалпы салыстырмалылық теориясы қара құрдымдардың оқиғалар көкжиегі маңындағы кейбір бақылауларды түсіндіре алмайды, сондықтан жалпы салыстырмалылық теориясы мұндай құбылыстар үшін толық емес теория болып саналады. Қара құрдымдар — сингулярлықпен және жасырын оқиғалар көкжиектерімен сипатталатын ең жұмбақ астрономиялық объекттер. Жалпы салыстырмалық

теориясында сингулярлық - бұл физика заңдары бұзылатын және тартылыс күші кеңістік-уақыттың әсер еткен аймағында алшақтайтын аймақ. Осы шешілмеген сұрақтарға жауап табу үшін Бардин бірінші рет қарапайым Бардин қара құрдымдар деп аталатын қара құрдымдардың тұрақты сфералық симметриялық шешімін ұсынды және алды. Бұл шешім вакуумдық шешім болмағандықтан, әлсіз энергетикалық жағдайды қанағаттандыратын модель жасау үшін энергия-импульстік тензордың арнайы түрі енгізілді. Бардин моделі әлсіз энергия жағдайын қанағаттандыратын тұрақты кеңістік-уақыт қара құрдымды білдіреді және бұл жағдай барлық қарапайым қара құрдымдарға қатысты. Осы әлсіз энергия жағдайына байланысты қарапайым қара құрдымдар сингулярлық теоремаларынан бағынбайды. Басқа қара құрдымдардан айырмашылығы, кәдімгі қара құрдымдардың ядросы сингулярлыққа ие емес, бірақ қарапайым қара құрдымдардағы оқиға көкжиегінен тыс орта басқа қара құрдымдарға ұқсас. Тұрақтылық деп Бардин кәдімгі қисықтық тензорының компоненттеріне және Риман қисықтық айнымалыларына жаһандық шектеуді қолдану арқылы алынған заңдылықты білдіреді; басқаша айтқанда, қара құрдым формуласында үзіліс жоқ. Қарапайым қара құрдымдар Эйнштейннің гравитация теңдеулерінің вакуумдық шешімдері емес, бірақ олар міндетті түрде қосымша өрісті қамтиды немесе гравитацияның модификацияланған теориясының қандай да бір түрін қанағаттандырады. Демек, олар физикалық сингулярлықтың болуына байланысты энергетикалық жағдайларды бұзады. Бұл мақалада сызықты емес электродинамика көмегімен Максвелл және Янг-Миллс өрістері бар Эйнштейннің өріс теңдеуінің шешімі ұсынылған. Алынған шешім – сингулярлық жоқ кездегі горизонты бар қара құрдымның шешімі. Бұл шешім Бардин қара құрдымы мен Шварцшильд шешімдерінің жалпыланған нұсқасы болып табылады. Сонымен қатар, Янг-Миллс өрісіне және сызықты емес электродинамикаға тәуелді масса, температура және жылу сыйымдылығы сияқты термодинамикалық шамаларды да зерттейміз. Бір қызығы, фазалық ауысу максималды температурада жүзеге асады. Алынған қара құрдым шешімі сингулярлық емес, тұрақты және көкжиегі бар Бардин-Янг-Миллс қара құрдым ретінде белгілі. Сонымен қатар, біз сондай-ақ көкжиек құрылымын және алынған шешімнің термодинамикасын зерттедік және бұл жағдайда қара құрдым сызықты емес электродинамика көмегімен Бекенштейн-Хокинг аймағы заңын бұзатынын көрсеттік.

Түйін сөздер: Эйнштейн теңдеуі, қара құрдымдар, Максвелл теңдеуі, Янг-Миллс өрістері, термодинамика, оқиға горизонты

Алғыс. Ғылыми жұмысқа Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (грант № AP09058240) қаржылай қолдау көрсетті.

© **Е.М. Мырзакулов***, **Г.Т. Ергалиева**, 2023

Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан.

E-mail: yrmyrzakulov@gmail.com

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНЫХ ДЫР БАРДИНА-ЯНГА-МИЛЛСА

Мырзакулов Ерлан Муратбаевич — PhD, старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0160-0422>;

Ергалиева Гульмира Темиршевна — магистр, старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: gyergaliyeva1171@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1545-8463>.

Аннотация. В теории Эйнштейна сферически-симметрические объекты, так называемые черные дыры, требуют внимательного изучения, поскольку они представляют собой простые объекты, которые можно описать простыми параметрами как заряд, масса и угловой момент. Известно что, общая теория относительности не может объяснить некоторые наблюдения вблизи горизонта событий черных дыр, поэтому общая теория относительности считается не полной теорией для таких явлений. Черные дыры — самые загадочные астрономические объекты, характеризующиеся сингулярностями, скрытыми горизонтами событий. В общей теории относительности сингулярность — это область, где известные физические законы нарушаются, а гравитационное притяжение расходится в затронутой области пространства-времени. Чтобы найти ответы на эти нерешенные вопросы, Бардин первым предложил и получил регулярное сферически-симметричное решение черных дыр, известное как регулярные черные дыры Бардина. Поскольку это решение не было вакуумным решением, была введена специализированная форма тензора энергии-импульса для создания модели, удовлетворяющей условию слабой энергии. Модель Бардина представляет собой регулярную черную дыру пространства-времени, которая удовлетворяет условию слабой энергии, и это условие справедливо для всех обычных черных дыр. Из-за этого слабого энергетического условия обычные черные дыры избегают теорем о сингулярности. В отличие от других черных дыр, ядро обычных черных дыр не имеет сингулярности, однако среда за горизонтом событий в обычных черных дырах аналогична среде других черных дыр. Под регулярностью Бардин подразумевает регулярность, которая получается путем применения глобального ограничения на компоненты обычного тензора кривизны и переменных кривизны Римана, другими словами, формула черной дыры не имеет разрыва. Обычные черные дыры не являются вакуумными решениями уравнений гравитации Эйнштейна, но они обязательно содержат дополнительное поле или удовлетворяют некоторой форме модифицированной

теории гравитации. Следовательно, они нарушают энергетические условия, связанные с существованием физических сингулярностей. В данной работе представлено решение уравнения поля Эйнштейна в присутствии поля Максвелла и Янга-Миллса с помощью нелинейной электродинамики (НЭД). Полученное решение представляет собой решение черной дыры с горизонтом, однако сингулярность отсутствует. Это решение является обобщенной версией черной дыры Бардина и решения Шварцшильда. Кроме того, авторы изучили термодинамические величины, такие как масса, температура и теплоемкость, которые зависят от поля Янга-Миллса и нелинейной электродинамики. Отмечается, что фазовый переход происходит при максимальной температуре. Результирующее решение для черной дыры является регулярным, а не сингулярным, и известно как черная дыра Бардина-Янга-Милла, имеющая горизонт. В работе также была исследована структура горизонта и термодинамика полученного решения и показано, что в этом случае черная дыра нарушает закон площадей Бекенштейна-Хокинга в присутствии НЭД.

Ключевые слова: уравнение Эйнштейна, черные дыры, уравнение Максвелла, поля Янга-Миллса, термодинамика, горизонт событий

Благодарности. Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP09058240).

Введение

В 1915 году А. Эйнштейн создал общую теорию относительности (ОТО), и история этого замечательного достижения началась с большого успеха, потому что теория помогла объяснить нерешенные проблемы, и были сделаны новые наблюдательные предсказания. Действительно Эйнштейн объяснил прецессия перигелия Меркурия, гравитационное красное смещение и отклонение света, и некоторые вопросы, известные как проблема космологической постоянной, проблема иерархии, позднее ускорение Вселенной, но темная материя и темная энергия все еще остаются без ответа (Upadhyay, 2023). Это означает, что ОТО не является полной теорией, и нам нужны более общие теории для решения проблем, оставшихся без ответа.

Дж.М. Бардин предложил первую регулярную черную дыру (Bardeen, 1968), которую предложили А.Д. Сахаров и Э.Б. Глинер (Sakharov, 1966; Gliner, 1966), а спустя 30 лет Э. Айон-Беато и А. Гарсия (Ayon-Beato et al., 1999; Ayon-Beato et al., 2005; Ayon-Beato et al., 2000) дают точную черную дыру, связанную с НЭД. Существует множество решений для черных дыр, основанных на модели Бардина (Bronnikov, 2001; Zaslavskii, 2009; Paul et al., 2023; Singh et al., 2017; Fernando, 2017) и обобщенную гравитацию Эйнштейна-Гаусса-Бонне (ЭГБ) (Singh et al., 2021; Kumar et al., 2020), вращающуюся черную дыру (Upadhyay et al., 2022), массивную гравитацию (Pourhassan et al., 2022), черная дыра более высокого измерения (Hendi et al., 2017) и

четырёхмерная гравитация ЭГБ (Singh et. al., 2020). Термодинамика и P - V критичность и Ван-дер-Ваальсовы фазовые переходы регулярных черных дыр изучались в работах (Muzzakulov et al., 2023). Целью данной работы является получение решения уравнения Эйнштейна для черной дыры в присутствии поля Янга-Миллса с НЭД. Заметим, что результирующее решение для черной дыры является регулярным, а не сингулярным, и известно как черная дыра Бардина-Янга-Милла, имеющая горизонт. Кроме того, также исследовали структуру горизонта и термодинамику полученного решения и показали, что в этом случае черная дыра нарушает закон площадей Бекенштейна-Хокинга в присутствии НЭД.

Материалы и методы

Действие, описывающее гравитацию связанную с НЭД в присутствии поля Янга-Миллса (Singh et al., 2020), действие задается в следующем виде:

$$S = \frac{1}{2} \int d^4x \sqrt{-g} [R - 2\Lambda - F_{YM} - L(F)], \quad (1)$$

где R - скаляр Риччи, а Λ - космологическая постоянная. $F_{YM} = Tr(F_{\mu\nu}^{(a)} F^{(a)\mu\nu})$ - инвариант Янга-Миллса с тензором электромагнитного поля $F_{\mu\nu}^{(a)} = 2\nabla_{[\mu} A_{\nu]}^{(a)} + f_{(b)(c)}^{(a)}$, а $L(F)$ является лагранжиан Бардина (Singh D.V. et al., 2017), выраженный как

$$L(F) = \frac{3}{2s g^2} \left(\frac{\sqrt{2g^2 F}}{1 + \sqrt{2g^2 F}} \right)^{\frac{5}{2}}, \quad (2)$$

где $s = g/2M$, M параметры масс и g магнитный заряд. Рассмотрим следующий линейный элемент, задающий сферически-симметричную статическую метрику пространства-времени

$$ds^2 = -f(r)dt^2 + \frac{1}{f(r)}dr^2 + r^2 d\Omega^2. \quad (3)$$

Уравнения поля при варьировании действия (1) относительно метрического тензора и электромагнитного потенциала (A_μ) и неабелева поля приводят к

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R + \Lambda g_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}^M + T_{\mu\nu}^{YM}, \quad (4)$$

$$\nabla_\mu \left(\frac{\partial L(F)}{\partial F} F^{\mu\nu} \right) = 0, \quad \text{и} \quad \nabla_\mu (*F^{\mu\nu}) = 0, \quad (5)$$

$$D_\mu F^{(a)\mu\nu} = 0. \quad (6)$$

где $T_{\mu\nu}^M$ и $T_{\mu\nu}^{YM}$ - тензоры энергии-импульса (ТЭИ) поля Максвелла и Янга-Миллса соответственно, которые имеют следующий вид:

$$T_{\mu\nu}^M = \frac{1}{2} g_{\mu\nu} L(F) - 2 \frac{\partial L(F)}{\partial F} F_{\mu\rho} F_{\nu}^{\rho},$$

$$T_{\mu\nu}^{YM} = -\frac{1}{2} g_{\mu\nu} F_{\mu\nu}^{(a)} F^{(a)\mu\nu} + 2 F_{\mu\nu}^{(a)} F^{(a)\mu\nu}.$$
(7)

Ненулевая компонента поля Максвелла $F_{\theta\phi} = g \sin\theta$ с потенциалом $A_\phi = -g \cos\theta$ и полем Янга-Миллса $F_{\theta\phi}^{(a)} = v \sin\theta$. Используя уравнение (3) и уравнение (4) компонент (r, r) уравнения (6) определяется выражением

$$m'(r) - \frac{v}{r^2} = \frac{6Mr^2 g^2}{(r^2 + g^2)^{5/2}},$$
(8)

где штрих означает производную относительно r . Интегрируя уравнение (8) в пределе $r \rightarrow \infty$. Подставляя $m(r)$ из уравнения (6) к уравнению (3), $f(r)$ получаем в виде

$$f(r) = 1 - \frac{2Mr^2}{(r^2 + g^2)^{3/2}} + \frac{v}{r^2},$$
(9)

Это решение описывает черную дыру Бардина-Янга-Миллса и характеризуется массой M , волосковым параметром v и магнитным зарядом g . В пределе исчезновения магнитного заряда g это решение для черной дыры (9) интерполируется с черной дырой Янга-Миллса, которая

$$f(r) = 1 - \frac{2M}{r} + \frac{v}{r^2},$$
(10)

при $v = 0$ это становится черной дырой Бардина как в работе (Fernando, 2017), а при $g = 0$ - черной дырой Шварцшильда.

Графическое представление горизонта черных дыр Бардина-Янга-Миллса представлена на рис. 1.

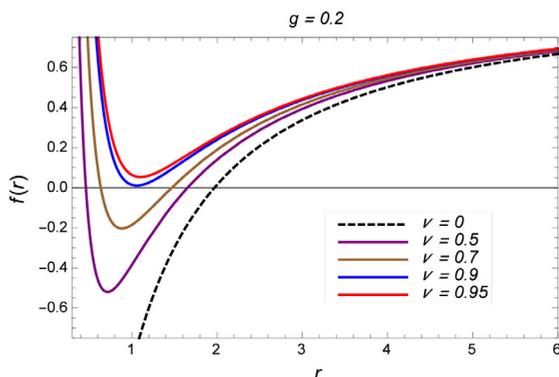


Рисунок – 1. Зависимость $f(r)$ от r для различного значения параметра волоса v при фиксированном значении массы $M = 1$. Черная пунктирная линия показывает график черной дыры Шварцшильда.

Черная дыра имеет два горизонта, что контрастирует с черной дырой Шварцшильда, но похоже на черную дыру Бардина. Размер горизонта черной дыры уменьшается с увеличением параметра волоса ν , а при $\nu > 0.90$ горизонта черной дыры нет.

Результаты

В этом разделе рассмотрим термодинамические решения. Начнем с вычисления массы черной дыры, которая определяется с помощью $f(r_+) = 0$ в терминах радиуса горизонта. Масса черной дыры Бардина-Янга-Миллса имеет вид

$$M_+ = \frac{(r_+ + g^2)^{3/2}}{2r_+^2} \left(1 + \frac{\nu}{r_+^2} \right), \quad (11)$$

Эта масса (11) сводит к группе черной дыры Бардина, в пределе $\nu = 0$ к массе черной дыры Янга-Миллса при $g = 0$ и к массе черной дыры Шварцшильда при отсутствии обоих параметров $g = 0$, $\nu = 0$.

Так как черная дыра излучает и с ней связана температура. Температуру Хокинга этой черной дыры можно определить как $T = \kappa/2\pi$, где κ - гравитация на поверхности, определяемая согласно (Chaturvedi et al., 2017)

$$\kappa = \frac{1}{2} \frac{\partial \sqrt{-g^{rr} g_{tt}}}{\partial r} \Big|_{r=r_+} = \frac{1}{2} \frac{df(r)}{dr} \Big|_{r=r_+}. \quad (12)$$

Теперь, используя определение температуры Хокинга и формулу (12) для метрической функции (9), температуру массивной черной дыры Лавлока-AdS можно представить в виде

$$T_+ = \frac{1}{4\pi r_+} \left(\frac{r_+^2 - \nu - \frac{2g^2}{r_+^2} (r_+^2 + 2\nu)}{r_+^2 + g^2} \right), \quad (13)$$

На рис. 2 видно, что с увеличением параметра неабелева волоса ν температура уменьшается, а с увеличением заряда магнитного монополя g — увеличивается. Температура черной дыры Бардина-Янга-Миллса изменяется из-за параметра волоса ν и заряда магнитного монополя g . Температура снижается до $T_+ = 1/2\pi r_+$ без волоскового параметра ν и магнитного заряда g .

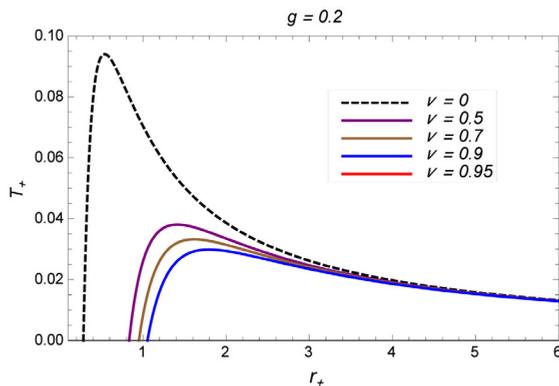


Рисунок – 2. График зависимости температуры T_+ от радиуса горизонта r_+ для различных значений параметра волос ν при фиксированном значении массы $M = 1$.

Энтропию черной дыры можно определить по первому закону термодинамики: $dM_+ = T_+ dS_+$. Это дает

$$S_+ = \pi \left(\frac{r_+^2 - 2g^2}{r_+} \sqrt{r_+^2 + g^2} + 3g^2 \text{Log}(r_+ + \sqrt{r_+^2 + g^2}) \right). \quad (14)$$

Это энтропия черной дыры Бардина-Янга-Миллса, которая нарушает закон площадей, а при отсутствии магнитного заряда $g = 0$ подчиняется закону площадей Бекенштейна-Хокинга.

Теперь мы изучаем термодинамическую стабильность образовавшейся черной дыры, связанную с характеристикой теплоемкости. Для положительной теплоемкости ($C_+ > 0$) говорит, что система устойчива; однако отрицательная теплоемкость ($C_+ < 0$) говорит о том, что черная дыра находится в нестабильном состоянии. Теплоемкость определяется выражением (Chaturvedi et al., 2017)

$$C_+ = \frac{\partial M_+}{\partial T_+} = \left(\frac{\partial M_+}{\partial r_+} \right) \left(\frac{\partial T_+}{\partial r_+} \right)^{-1} \quad (15)$$

Далее находим теплоемкость Бардина-Янга-Миллса, подставляя уравнение (13) и уравнение (14) в уравнение (15). Тогда теплоемкость получаем в виде

$$C_+ = - \frac{2\pi(r_+^2 + g^2)^{5/2}(r_+^4 - r_+^2\nu + 2g^2(r_+^2 + 2\nu))}{r_+^7 - 3r_+^5\nu - 2g^2r_+(r_+^2 + 6) - 7g^2r_+^3(r_+^2 + 3\nu)} \quad (16)$$

Теплоемкость (16) черной дыры Бардина-Янга-Миллса, и она сводится к черной дыре Бардина, когда $\nu = 0$.

График теплоемкости изображен на рис. 3, при различных значениях параметра волоса ν при фиксированном значении магнитного заряда $g = 0.2$.

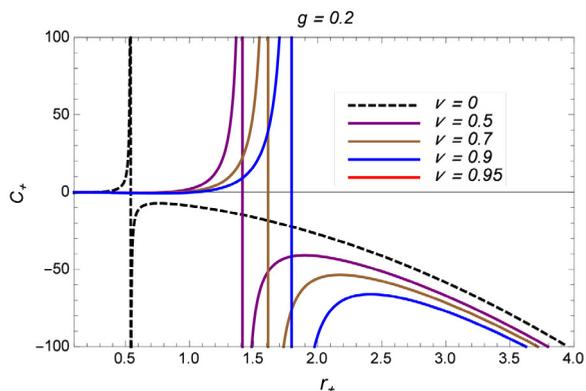


Рисунок – 3. Зависимость теплоемкости C_+ от радиуса горизонта r_+ для разных значений параметра волоса ν с фиксированным магнитным зарядом $g = 0.2$.

Рис. 3 показывает, что для черных дыр происходит фазовый переход между стабильным и нестабильным состоянием. Черная дыра показывает фазовый переход, когда температура максимальна, а теплоемкость показывает дивергенцию (см. рис. 2 и рис. 3).

Закключение

В этой работе построили обобщенное решение для черной дыры в присутствии поля Янга-Миллса и нелинейного поля Бардина-Максвелла. Полученное решение является регулярным (означает, что центральная сингулярность отсутствует). Это решение для черной дыры обобщает как черную дыру Бардина, так и черную дыру Шварцшильда. Получившаяся обычная черная дыра имеет два горизонта, как черная дыра Бардина, в отличие от черной дыры Шварцшильда. Кроме того, рассчитали термодинамику черных дыр, которая следует первому закону термодинамики. Далее обсудили стабильность черной дыры. Здесь обнаружили, что черная дыра сначала остается стабильной, а затем происходит фазовый переход, и она становится нестабильной, когда размер черной дыры увеличивается.

REFERENCES

- Upadhyay S. (2023). Bouncing Universe for deformed non-minimally coupled inflation model // Journal of Holography Applications in Physics. - 2023. - Vol. 3. - Pp. 57–70. DOI:10.22128/JHAP.2023.651.1038 (in Eng.).
- Bardeen J.M. (1968). Non-singular general-relativistic gravitational collapse // Proceedings of International Conference GR5. - 1968. - P. 174 (in Eng.).
- Sakharov A.D. (1966). The Initial Stage of an Expanding Universe and the Appearance of a Nonuniform Distribution of Matter / Soviet Physics Journal of Experimental and Theoretical Physics. - 1966. - Vol. 22. - Pp. 241–249 (in Eng.).
- Gliner E.B. (1966). Algebraic Properties of the Energy-momentum Tensor and Vacuum-like States of Matter // Soviet Physics Journal of Experimental and Theoretical Physics. - 1966. - Vol. 22. - Pp. 378–382 (in Eng.).
- Ayon-Beato E., Garcia A. (1999). Non-Singular Charged Black Hole Solution for Non-Linear Source

// General Relativity and Gravitation. - 1999. - Vol. 31. - Pp. 629–633. DOI:10.1023/A:1026640911319 (in Eng.).

Ayon-Beato E., Garcia A. (2005). Four-parametric regular black hole solution // General Relativity and Gravitation. 2005. - Vol. 37. - Pp. 635–641. DOI:10.1007/s10714-005-0050-y (in Eng.).

Ayon-Beato E., Garcia A. (2000). The Bardeen model as a nonlinear magnetic monopole // Physics Letters B. - 2000. - Vol. 493, No. 1-2. - Pp. 149–152. DOI:10.1016/S0370-2693(00)01125-4 (in Eng.).

Bronnikov K.A. (2001). Regular magnetic black holes and monopoles from nonlinear electrodynamics // Physical Review D. - 2001. - Vol. 63. No. 4. - P. 044005. DOI:10.1103/PhysRevD.63.044005 (in Eng.).

Zaslavskii O.B. (2009). Regular black holes with flux tube core // Physical Review D. - 2009. - Vol. 80. No. 6. - P. 064034. DOI: 10.1103/PhysRevD.80.064034 (in Eng.).

Singh D.V., Singh N.K. (2017). Anti-evaporation of Bardeen de-Sitter black holes // Annals of Physics. - 2017. - Vol. 383. - Pp. 600–609. DOI:10.1016/j.aop.2017.06.009 (in Eng.).

Fernando S. (2017). Bardeen–de Sitter black holes // International Journal of Modern Physics D. - 2017. - Vol. 26. No. 07. - P. 1750071. DOI:10.1142/S0218271817500717 (in Eng.).

Paul P., Upadhyay S., Myrzakulov Y., Singh D.V., Myrzakulov K. (2023). More exact thermodynamics of nonlinear charged AdS black holes in 4D critical gravity // Nuclear Physics B. - 2023. - Vol. 993. - P. 116259. DOI:10.1016/j.nuclphysb.2023.116259 (in Eng.).

Singh D.V., Singh B.K., Upadhyay S. (2021). 4D AdS Einstein-Gauss-Bonnet black hole with Yang-Mills field and its thermodynamics // Annals of Physics. 2021. - Vol. 434. - P. 168642. DOI:10.1016/j.aop.2021.168642 (in Eng.).

Kumar A., Singh D.V., Ghosh S.G. (2020). Hayward black holes in Einstein–Gauss–Bonnet gravity // Annals of Physics. - 2020. - Vol. 419. - P. 168214. DOI:10.1016/j.aop.2020.168214 (in Eng.).

Upadhyay S., ul-islam N., Ganai P.A. (2022). A modified thermodynamics of rotating and charged BTZ black hole // Journal of Holography Applications in Physics. - 2022. - Vol. 2. No. 1. - Pp. 25–48. DOI:10.22128/JHAP.2021.454.1004 (in Eng.).

Pourhassan B., Dehghani M., Upadhyay S., Sakalli I., Singh D.V. (2022). Exponential corrected thermodynamics of Born-Infeld BTZ black holes in massive gravity // Modern Physics Letters A. - 2022. - Vol. 37. No. 33–34. - P. 2250230. DOI: 10.1142/S0217732322502303 (in Eng.).

Hendi S.H., Riazi N., Panahiyan S., Eslam Panah B. (2017). Higher dimensional dyonic black holes // arXiv:1710.01818 [gr-qc]. – 2017 (in Eng.).

Singh D.V., Ghosh S.G., Maharaj S.D. (2020). Clouds of strings in 4D Einstein-Gauss-Bonnet black holes // Physics of the Dark Universe. - 2020. - Vol. 30. - P. 100730. DOI:10.1016/j.dark.2020.100730 (in Eng.).

Myrzakulov Y., Myrzakulov K., Upadhyay S., Singh D.V. (2023). Quasinormal modes and phase structure of regular AdS Einstein-Gauss-Bonnet black holes // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. - 2023. - Vol. 20, No. 07. - P. 2350121. DOI:10.1142/S0219887823501219 (in Eng.).

Chaturvedi P., Singh N.K., Singh D.V. (2017). Reissner-Nordstrom metric in unimodular theory of gravity // International Journal of Modern Physics D. - 2017. - Vol. 26. No. 08. - P. 1750082. DOI:10.1142/S0218271817500821 (in Eng.).

**МАЗМУНЫ
ФИЗИКА**

М.С. Есенаманова, Ж.С. Есенаманова, А.Е. Глепбергенова, М. Махамбет, Н.Б. Байтемирова ГИДРОПОНИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫДАҒЫ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ПЕН ЭЛЕКТР ӨТКІЗГІШТІК ШАМАЛАРЫНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ.....	7
Е.А. Жақанбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ГАФНИЙ-КАДМИЙ ЖҮЙЕСІНДЕГІ НАНОБӨЛШЕКТЕРДІҢ БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ЖӘНЕ БАЛҚЫМА-КРИСТАЛ ШЕКАРАСЫНДАҒЫ БЕТТІК КЕРІЛҮДІ АЗАЙТУ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Ақаев, Р.В. Кирьянов СУТЕКТІ САҚТАУ ҮШІН ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНУДАН КЕЙІН КОНТЕЙНЕР МАТЕРИАЛЫН ЗЕРТТЕУ.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева БАРДИН-ЯНГ-МИЛЛС ҚАРА ҚҰРДЫМДАРЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ.....	36
В.М. Терещенко 8 ^m -10 ^m СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК СТАНДАРТТАР.VI. +40° АЙМАҚ.....	47
А.Ж. Тыңенгулова, К.А. Катпаева MN НЕГІЗІНДЕ ӨТПЕЛІ МЕТАЛДАР КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДАҒЫ ФОТОАКТИВАЦИЯНЫҢ БАСТАПҚЫ КЕЗЕҢІН ЗЕРТТЕУ.....	58
И. Хромущин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева БАРИЙ ЦЕРАТЫ ЖӘНЕ ЛАНТАН СКАНДАТЫ НЕГІЗІНДЕГІ ПРОТОНДЫ ӨТКІЗГІШТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ЭЛЕКТРОЛИТ ҚҰРАМЫНЫҢ АНОДЫ ЖОҚ ЛИТИЙ-ИОНДЫ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	83
М.Ә. Дәуренбек ШЕТЕЛДІК ЗЕРТТЕУЛЕР АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ШЕҢБЕРІНДЕ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН СУЛЬФИДТЕРДІҢ КЕШЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫ ТУРАЛЫ.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов БУТИЛ СПИРТТЕРІНІҢ ӨРТҮРЛІ ӘДІСТЕРМЕН СИНТЕЗІНЕ КЕШЕНДІ ШОЛУ.....	106
А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді ПОЛИМЕРҚҰРАМДЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ БИТУМ ТОТЫҚТЫРУҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ: ШОЛУ.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова ҚҰРАМЫ БАЙЫТЫЛҒАН НАННЫҢ ЖАҢА ТҮРІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ.....	134
А. Қуандықова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакибаев ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІН АЛУДА АШІСАЙ МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ЗАУЫТЫНЫҢ КЛИНКЕРІН РЕТТЕУШІ ҚОСПА РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУДЫ ЗЕРТТЕУ.....	146
Г.М. Мадыбекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева ПРОБИОТИКАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ТУРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН ӨМІР СҮРУІН АРТТЫРУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛДАУ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова, У.Т. Жуматаева ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨңІРІНІҢ <i>ARTEMISIA L.</i> ТУЫСЫНЫҢ ТҮРЛЕРІНІҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	172
Н. Сағдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk <i>ASTERACEAE</i> ТҰҚЫМДАСЫНА ЖАТАТЫН КЕЙБІР ӨСІМДІКТЕРДІҢ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді, Х.И. Акбаров АУЫР МҰНАЙДЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН КОКС АЛУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ.....	191
А.А. Шинибекова, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ТАБИҒИ РЕСУРСТАРДАН КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ: ШОЛУ.....	210

СОДЕРЖАНИЕ
ФИЗИКА

М.С.Есенаманова, Ж.С.Есенаманова, А.Е.Тлепбергенова, Махамбет М., Байтемирова Н.Б. ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЕЛИЧИН КИСЛОТНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ГИДРОПИОННОЙ УСТАНОВКЕ.....	7
Е.А. Жаканбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ РАСПЛАВ – КРИСТАЛЛ В СИСТЕМЕ ГАФНИЙ – КАДМИЙ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Акаев, Р.В. Кирьянов ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛА КОНТЕЙНЕРА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНЫХ ДЫР БАРДИНА-ЯНГА-МИЛЛСА.....	36
В.М. Терещенко СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ 8 ^m -10 ^m . VI. ЗОНА +40°	47
А.Ж. Тычenguлова, К.А. Катпаева ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ФОТОАКТИВАЦИИ В КАТАЛИЗАТОРАХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ MN.....	58
И. Хромушин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ЦЕРАТА БАРИЯ И СКАНДАТА ЛАНТАНА.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗАНОДНЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	83
М.А. Дауренбек О ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СУЛЬФИДОВ В РАМКАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР СИНТЕЗА БУТИЛОВЫХ СПИРТОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ.....	106
А.Т.Кабылбекова, Е.Тілеуберді ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРОСОДЕРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОКИСЛЕНИЕ БИТУМА: ОБЗОР.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ВИДА ХЛЕБА С ОБОГАЩЕННЫМ СОСТАВОМ.....	134
А. Куандыкова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакипбаев ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛИНКЕРА АШЧИСАЙСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	146
Г.М. Мадыебекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СТАБИЛЬНОСТИ И ВЫЖИВАЕМОСТИ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова У.Т. Жуматаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВИДОВ РОДА <i>ARTEMISIA L.</i> ЮЖНОГО КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА.....	172
Н. Сагдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА <i>ASTERACEAE</i>	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е.Тілеуберді, Х.И. Акбаров ОБЗОР МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОКСА ИЗ ОСТАТКОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ.....	191
А.А. Шинибекова, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ОБЗОР: РАЗРАБОТКА УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	210

PHYSICAL SCIENCES

M. Yessenamanova, Zh. Yessenamanova, A. Tlepbergenova, M. Makhambet, N. Baitemirova THE RELATIONSHIP BETWEEN THE VALUES OF ACIDITY AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN A HYDROPONIC INSTALLATION.....	7
Y.A. Zhakanbaev, V.N. Volodin, Yu.Zh. Tuleushev DECREASING THE MELTING TEMPERATURE OF NANOPARTICLES AND SURFACE TENSION AT THE MELT-CRYSTAL BOUNDARY IN THE HAFNIUM-CADMIUM SYSTEM.....	20
A.S. Larionov, A.S. Dikov, L.A. Dikova, S.O. Akayev, R.V. Kiryanov RESEARCH OF CONTAINER MATERIAL AFTER LONG-TERM USAGE FOR HYDROGEN STORAGE.....	28
Y. Myrzakulov, G. Yergaliyeva THERMODYNAMIC STRUCTURE OF BARDEEN-YANG-MILLS BLACK HOLES.....	36
V.M. Tereschenko SPECTROPHOTOMETRIC STANDARDS 8 ^m - 10 ^m . VI. ZONE +40°.....	47
A.Z. Tychengulova, K.A. Katpayeva INVESTIGATION OF THE INITIAL STAGE OF PHOTOACTIVATION IN MN-BASED TRANSITION METAL CATALYSTS.....	58
I. Khromushin, T. Aksenova, E. Slyamzhanov, K. Munasbaeva COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTON CONDUCTORS BASED ON BARIUM CERATE AND LANTHANUM SCANDATE.....	71
CHEMISTRY	
A. Abdrakhmanova, N. Omarova, A. Sabitova THE EFFECT OF THE COMPOSITION OF ELECTROLYTES ON THE ELECTROCHEMICAL PARAMETERS OF ANODE-FREE LITHIUM-ION BATTERIES.....	83
M.A. Daurenbek ABOUT FOREIGN RESEARCH OF COMPLEX SULFIDE COMPOUNDS AS PART OF THEIR USE IN WASTEWATER PURIFICATION TECHNOLOGIES.....	94
S. Yegemberdiyeva, N. Khaldarov, M. Rakhimov A COMPREHENSIVE REVIEW ON BUTYL ALCOHOLS SYNTHESIS THROUGH DIFFERENT METHODS.....	106
A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi STUDY OF THE INFLUENCE OF POLYMER-CONTAINING HOUSEHOLD WASTE ON BITUMEN OXIDATION: REVIEW.....	119
Z. Kobzhasarova, M. Kassymova, G. Orymbetova DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A NEW TYPE OF BREAD WITH AN ENRICHED COMPOSITION.....	134
A. Kuandykova, N. Zhanikulov, B. Taimasov B. Zhakipbayev INVESTIGATION OF THE USE OF CLINKER OF THE ASHCHISAI METALLURGICAL PLANT AS ADDITIVE IN THE PRODUCTION OF PORTLANDCEMENT CLINKER.....	146
G.M. Madybekova, B.Zh. Mutaliyeva, E.M. Turkeyeva, A.B. Issayeva MICROCAPSULATION OF PROBIOTIC MICROORGANISMS TO INCREASE THEIR STABILITY AND SURVIVAL.....	157
Zh.Sh. Rakhimberdiyeva, S.D. Arystanova U.T. Zhumataeva FITOCHEMICAL COMPOSITION OF SPECIES OF THE GENUS ARTEMISIA L. IN THE SOUTHERN KAZAKHSTAN REGION.....	172
N. Sagdollina, M. Ibrayeva, Zh. Mukazhanova, M. Ozturk COMPARATIVE ACIDIC COMBINATION ANALYSIS OF SELECTED <i>ASTERACEAE</i> FAMILY SPECIES.....	181
A.S. Ungarbayeva, A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi, Kh.I. Akbarov REVIEW OF METHODS FOR OBTAINING COKE FROM HEAVY OIL WASTES.....	191
A.A. Shinibekova, J.L. Diaz de Tuesta, B.K. Massalimova REVIEW: DEVELOPMENT OF CARBON-BASED MATERIALS FROM NATURAL RESOURCES.....	210

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>

Подписано в печать 30.09.2023.

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

22,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.