

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстан Республикасының Ғылым
Академиясының ұлттық университетінің
әл-Фараби атындағы

N E W S

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

SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

1 (341)

JANUARY – MARCH 2022

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

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

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

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

Бас редактор:

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

Редакция алқасы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары.

Физика және информатика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

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

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

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

Главный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Известия НАН РК.

Серия физика и информатики».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № 16906-Ж выданное 14.02.2018 г.

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

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

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

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

Editor in chief:

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

Editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Series of physics and informatics.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. 16906-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *series physics and information technology.*

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

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

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

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY SERIES
ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 341 (2022), 131–137

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.125>

UDC 533.9; 533.9...1

IRSTI 29.27.03; 29.27.47

T.N. Ismagambetova^{1*}, M.T. Gabdullin^{1,2}, T.S. Ramazanov¹

¹Scientific-research Institute of Experimental and Theoretical Physics (IETP), al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: ismagambetova@physics.kz

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

Abstract. In this article, we investigated the structural and thermodynamic properties of a two-component dense non-ideal hydrogen plasma with semiclassical electrons and classical ions on the basis of the effective potentials, which take into account the quantum mechanical effects of diffraction and symmetry. The effective screened potentials and radial distribution functions (RDFs) calculated on the basis of these potentials were used to study the thermodynamic properties (e.g., internal energy and equation of state) of dense hydrogen plasma. The quantum mechanical symmetry effect takes into account the Pauli principle prohibiting the simultaneous presence of two electrons in the same state, which reduces the probability of finding electrons at a given distance from each other, increasing repulsion between them. The accounting for the symmetry effect decreases the value of the RDFs due to the additional Pauli repulsion between electrons with the same spin. The RDFs for antiparallel and average spin directions increase in value because they consider the electrons with opposite spins. The quantum effect of symmetry leads to strengthening the interaction between charged particles and increases the absolute values of the correlation energy and non-ideal component of the equation of state. The influence of the symmetry effect is more considerable at small distances and in denser plasma.

Key words: dense plasma, effective potential, symmetry effect, radial distribution functions, thermodynamic properties.

Т.Н. Исмагамбетова^{1*}, М.Т. Габдуллин^{1,2}, Т.С. Рамазанов¹

¹Эксперименттік және теориялық физика ғылыми-зерттеу институты (ЭТФҒЗИ), әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: ismagambetova@physics.kz

ЕКІ КОМПОНЕНТТІ ТЫҒЫЗ СУТЕГІ ПЛАЗМАСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Аннотация. Бұл мақалада дифракция мен симметрияның кванттық механикалық әсерін ескеретін тиімді потенциалдар негізінде квазиклассикалық электрондар мен классикалық иондары бар екі компонентті тығыз идеал емес сутегі плазмасының құрылымдық және термодинамикалық қасиеттері зерттелді. Осы потенциалдар негізінде есептелген тиімді экрандалған потенциалдар мен радиалды үлестіру функциялары тығыз сутегі плазмасының термодинамикалық қасиеттерін (мысалы, ішкі энергия және күй теңдеулері) зерттеу үшін пайдаланылды. Симметрияның кванттық механикалық әсері бір уақытта екі электронның бір күйде болуына тыйым салатын Паули принципін ескергендіктен, электрондардың бір-бірінен белгілі бір қашықтықта табылу ықтималдығын азайтып олардың арасындағы тебілуін арттырады. Симметрия әсерін есепке алу, бірдей спині бар

электрондар арасында Паулидің қосымша тебілуіне байланысты радиальды үлестіру функциясының мәнін төмендетеді. Қарама-қарсы спиндері бар электрондар қарастырылуына байланысты, антипараллельді және спиндердің орташа бағыттары үшін радиальды үлестіру функциясының мәні артады. Симметрияның кванттық әсері зарядталған бөлшектер арасындағы өзара әрекеттесудің артуына, сондай-ақ корреляциялық энергияның абсолютті мәндері мен күй теңдеуінің идеалды емес компонентін арттыруына алып келеді. Симметриялық әсердің үлесі аз қашықтықта және тығыз плазмада анағұрлым маңызды.

Түйін сөздер: тығыз плазма, тиімді потенциал, симметриялық эффект, радиальды таралу функциясы, термодинамикалық қасиет.

Т.Н. Исмагамбетова^{1*}, М.Т. Габдуллин^{1,2}, Т.С. Рамазанов¹

¹Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики (НИИЭТФ), Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан.

E-mail: ismagambetova@physics.kz

СТРУКТУРНЫЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ПЛОТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ

Аннотация. В данной статье исследованы структурные и термодинамические свойства двухкомпонентной плотной неидеальной водородной плазмы с квазиклассическими электронами и классическими ионами на основе эффективных потенциалов, учитывающих квантово-механические эффекты дифракции и симметрии. Эффективные экранированные потенциалы и функции радиального распределения (РФР), рассчитанные на основе этих потенциалов, были использованы для исследования термодинамических свойств (например, внутренней энергии и уравнения состояния) плотной водородной плазмы. Квантово-механический эффект симметрии учитывает принцип Паули, запрещающий одновременное присутствие двух электронов в одном и том же состоянии, что снижает вероятность обнаружения электронов на заданном расстоянии друг от друга, увеличивая отталкивание между ними. Учет эффекта симметрии уменьшает значение РФР из-за дополнительного отталкивания Паули между электронами с одинаковым спином. Значения РФР для антипараллельных и средних направлений спинов возрастают, потому что рассматриваются электроны с противоположными спинами. Квантовый эффект симметрии приводит к усилению взаимодействия между заряженными частицами и увеличивает абсолютные значения корреляционной энергии и неидеальной составляющей уравнения состояния. Влияние эффекта симметрии более существенно на малых расстояниях и в более плотной плазме.

Ключевые слова: плотная плазма, эффективный потенциал, эффект симметрии, радиальные функции распределения, термодинамические свойства.

Introduction. In this paper, two-component dense hydrogen plasma was considered. Investigation of the physical properties of dense plasmas, or non-ideal plasmas, is of great importance for the problems of inertial thermonuclear fusion [1-3]. In such plasmas, where the mean interaction energy becomes comparable with a mean kinetic energy of thermal motion, both the collective screening effect and quantum-mechanical effects (such as diffraction and symmetry) are required to study these properties.

Modeling method. To calculate the structural and thermodynamic properties of a two-component dense hydrogen plasma we used the effective screened potentials taking into account collective and quantum effects for weakly coupled plasma from work [4] in the following form rewritten with the addition of the potential (last term), which accounts for the symmetry effect and was obtained for the mixture of ideal gases of independent electrons in work [5]:

$$\Phi_{\alpha\beta}(r) = \frac{Z_{\alpha}Z_{\beta}e^2}{r} \frac{1}{\gamma^2 \sqrt{1 - (2k_D/\lambda_{ee}\gamma^2)^2}} \left(\left(\frac{1/\lambda_{ee}^2 - B^2}{1 - B^2\lambda_{\alpha\beta}^2} \right) \exp(-Br) - \left(\frac{1/\lambda_{ee}^2 - A^2}{1 - A^2\lambda_{\alpha\beta}^2} \right) \exp(-Ar) \right) - \frac{Z_{\alpha}Z_{\beta}e^2(1-\delta_{\alpha\beta})}{r} \frac{1}{1+c_{\alpha\beta}} \exp(-r/\lambda_{\alpha\beta}) - \delta_{\alpha e}\delta_{\beta e}k_B T \ln \left(1 - \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{r^2}{\lambda_{ee}^2}\right) \right) \quad (1)$$

where, are the types of particles (electron or ion), $(2k_D/\lambda_{ee}\gamma^2)^2 < 1$ and $A^2 = \frac{\gamma^2}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{2k_D}{\lambda_{ee}\gamma^2} \right)^2} \right)$,

$$B^2 = \frac{\gamma^2}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2k_D}{\lambda_{ee}\gamma^2} \right)^2} \right), C_{\alpha\beta} = \frac{k_D^2 \lambda_{\alpha\beta}^2 - k_i^2 \lambda_{ee}^2}{\lambda_{ee}^2 / \lambda_{\alpha\beta}^2 - 1}, \lambda_{\alpha\beta} = h / (4\pi m_{\alpha\beta} k_B T_{\alpha\beta})^{1/2} \text{ is the thermal}$$

de Broglie wavelength, $m_{\alpha\beta} = m_{\alpha} m_{\beta} / (m_{\alpha} + m_{\beta})$ is the reduced mass, $T_{ee} = T_e$, $T_{ii} = T_i$ are the temperatures of the electron and ion subsystems, and $T_{ei} = \sqrt{T_e T_i}$ is the electron-ion temperature [6].

The last term of the equation (1) disappears for all interactions but electron-electron and considers the symmetry quantum effect with the mean direction of spins of electrons and can be rewritten for the cases of different directions of spins:

$$\phi_{ee,0}^{S(T)}(r) = -k_B T \ln \left(1 \pm \exp \left(-\frac{r^2}{\lambda_{ee}^2} \right) \right), \quad (2)$$

where $S = 1$ is for parallel spins and $S = 0$ is for antiparallel spins.

In the potentials (1), the term $(2k_D/\lambda_{ee}\gamma^2)^2$ is less than one. If $(2k_D/\lambda_{ee}\gamma^2)^2 > 1$, the square root term $\sqrt{1 - (2k_D/\lambda_{ee}\gamma^2)^2}$ becomes imaginary and we use the potentials (1) in a modified form with $\sqrt{1 - (2k_D/\lambda_{ee}\gamma^2)^2} = \sqrt{-1} \sqrt{(2k_D/\lambda_{ee}\gamma^2)^2 - 1}$.

The dimensionless plasma parameters such as coupling parameters $\Gamma_{ee} = \frac{e^2}{ak_B T_e}$, $\Gamma_{ii} = \frac{Z_i^2 e^2}{ak_B T_i} \left(\frac{n_i}{n_e} \right)^{1/3} = \Gamma_{ee} Z_i^{5/3} \left(\frac{T_e}{T_i} \right)$, $\Gamma_{ei} = \frac{Z_i e^2}{ak_B T_{ei}} = \Gamma_{ee} Z_i \sqrt{\frac{T_e}{T_i}}$, and density parameter $r_S = a/a_B$ were used. The ratio $n_i/n_e = 1/Z_i$ and for hydrogen plasma $Z_i = 1$ and an ion is a proton. We consider a fully ionized plasma with temperatures of and densities of $10^{21} \text{ cm}^{-3} < n \leq 10^{24} \text{ cm}^{-3}$.

Internal energy and equation of state [7] were calculated using the radial distribution functions and potentials (1):

$$E = E_{id} - \pi \sum_{\alpha=i,e} n_{\alpha} \sum_{\beta=i,e} n_{\beta} \int_0^{\infty} g^{\alpha\beta}(r) \phi^{\alpha\beta}(r) r^2 dr = E_{id} - \Delta E, \quad (3)$$

$$P = P_{id} - \frac{2}{3} \pi \sum_{\alpha=i,e} n_{\alpha} \sum_{\beta=i,e} n_{\beta} \int_0^{\infty} \frac{\partial \phi_{\alpha\beta}(r)}{\partial r} g_{\alpha\beta}(r) r^3 dr = P_{id} - \Delta P, \quad (4)$$

where instead of $\phi(r)$ the Deutsch potential was used as a micropotential to avoid the doubled screening since it was used to obtain the formulas for the effective interaction potentials (1), $g(r)$ is the radial distribution functions that were obtained in the exponential approximation $g_{\alpha\beta}(r) = \exp \left(-\frac{\Phi_{\alpha\beta}(r)}{k_B T_{\alpha\beta}} \right)$, E_{id} is the internal energy of ideal plasma, P_{id} is the equation of state of ideal plasma.

Results and discussion. Figure 1 shows the graphs of the effective potentials (1) for an electron-electron pair (solid black line) in comparison with the Deutsch (dash-dotted red line) and Debye (dashed blue line) potentials, while Figure 3 shows the radial distribution functions (RDFs) for these potentials and the Coulomb potential (dotted dark green line). The results for the potentials (1) tend to the results of the Debye potential at large distances due to the collective effects, and the discrepancy at small distances and their finite value at $r \rightarrow 0$ is explained by considering the quantum effects of diffraction and symmetry in the interaction of screening electrons formed around the positive ion.

Figure 2 shows electron-electron effective potentials (1) and Figure 4 shows the RDFs for the effective potentials (1) at different fixed values of the density and coupling parameters ($\Gamma = 0.3$, $r_S = 2$ – black lines; $\Gamma = 0.3$, $r_S = 7$ – red lines; $\Gamma = 0.03$, $r_S = 2$ – blue lines). The solid lines are the potentials themselves, dotted lines – the potentials without the symmetry term, dashed lines – the potentials with the symmetry term for antiparallel direction of spins, dash-dotted lines – the potentials with the symmetry term for parallel direction of spins.

The symmetry effect takes into account the Pauli principle, which prohibits the simultaneous presence of two identical particles with half-integer spin (in this case, electrons) in the same state, which reduces the probability of particles being at a distance from each other compared to taking into account only the diffraction effect because the Pauli principle takes into account additional repulsion of electrons with the same spin projection.

Accounting for the antiparallel or parallel spin directions in comparison with the mean direction of spins of electrons decrease or increase, respectively, the repulsion between electrons, increasing or decreasing (to zero at zero distance), respectively, the probability of finding an electron at a distance R from another one. The antiparallel RDF curve lies higher than every other RDFs due to the missing Pauli repulsion (only the opposite spins of electrons are present, which means an increased probability of finding two electrons at small distances). The parallel RDF curve lies lower than other RDFs because opposite spins are absent entirely, and it shows a depletion at zero distance due to both Pauli repulsion and Coulomb repulsion. The RDF with average spin direction lies between the antiparallel and parallel RDFs because one-half of the electrons have opposite spins and reduces Pauli repulsion, increasing the probability of finding two electrons near each other.

The symmetry effect has a more considerable influence on the values of the RDFs at small distances when the mean distance between particles is comparable with the first Bohr radius.

At fixed densities and with the decrease of coupling parameter (increase in the system's temperature), the influence of the symmetry effect on curves moves in the region of smaller distances. In addition, all the RDFs lie lower with the increasing coupling parameter because the probability of finding electrons near each other decreases due to strengthening correlation, leading to increased repulsion.

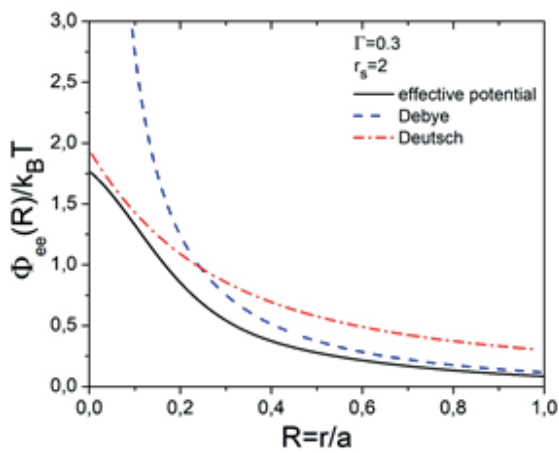


Figure 1 – Electron-electron interaction potentials (1) of dense plasma at $\Gamma = 0.3$ and $r_s = 2$

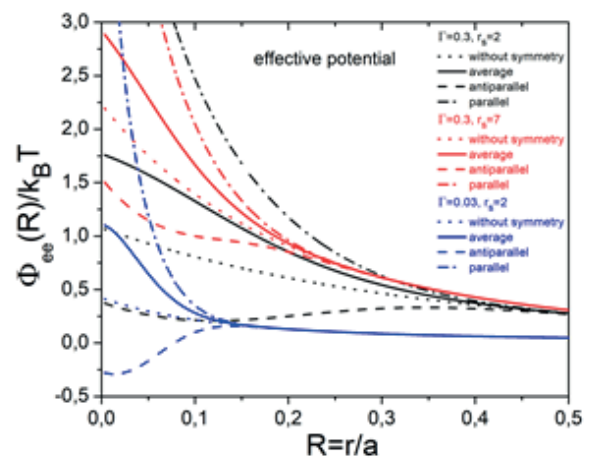


Figure 2 – Electron-electron interaction potentials (1) of dense plasma at $\Gamma = 0.3$, $\Gamma = 0.03$ and $r_s = 2$, $r_s = 7$

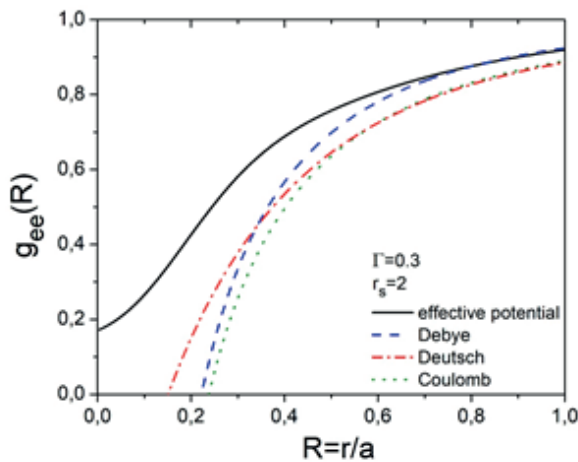


Figure 3 – Electron-electron radial distribution functions of dense plasma at $\Gamma = 0.3$ and $r_s = 2$

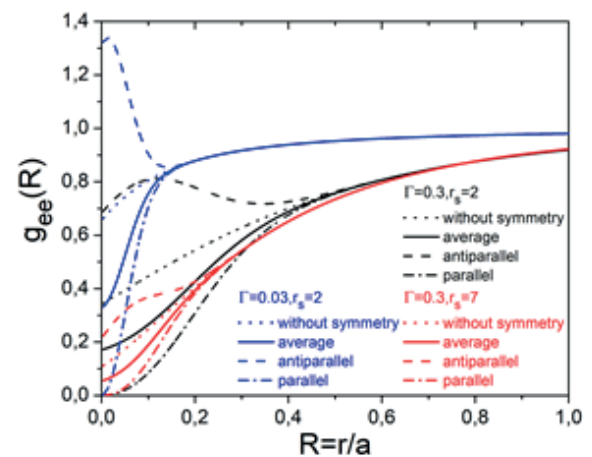


Figure 4 – Electron-electron radial distribution functions of dense plasma at $\Gamma = 0.3$, $\Gamma = 0.03$ and $r_s = 2$, $r_s = 7$

The quantum mechanical effects, in general, lead to the weakening of the interaction between charged particles and lower the absolute values of the correlation energy and non-ideal component of the equation of state. However, this is if we compare the results with the results based on potentials without quantum effects. The results change if we compare the quantum effects of diffraction and symmetry and compare different spin directions in the symmetry effect.

In Figures 5 and 7, we show the percentage ratios of the electron-electron components of the correlation energy for different accounting of the symmetry effect. Dotted lines – average direction of electron spins divided on without symmetry, while dashed lines – antiparallel direction of spins and dash-dotted lines – parallel direction in comparison with the average direction of electron spins depending on the coupling parameter and the density, respectively. The electron-electron non-ideal components of the equation of state are shown in Figures 6 and 8. Figures 5 and 6 present the thermodynamic corrections depending on the coupling parameters at fixed densities:

$r_s = 1$ ($n = 1.6 \cdot 10^{24} \text{ cm}^{-3}$) – red lines with the dotted blue line for the case average divided on without symmetry;

$r_s = 2$ ($n = 2 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-3}$) – black lines with the dotted dark green line for the case average divided on without symmetry;

while Figures 4.7 and 4.8 – depending on the density at fixed temperatures:

$\Gamma = 0.3$ ($T = 1.05 \cdot 10^6 \text{ K}$) – black lines with the dotted dark green line for the case average divided on without symmetry;

$\Gamma = 0.5$ ($T = 6.3 \cdot 10^5 \text{ K}$) – red lines with the dotted blue line for the case average divided on without symmetry;

$\Gamma = 0.7$ ($T = 4.5 \cdot 10^5 \text{ K}$) – magenta lines with the dotted violet line for the case average divided on without symmetry;

$\Gamma = 1$ ($T = 3.15 \cdot 10^5 \text{ K}$) – green lines with the dotted dark yellow line for the case average divided on without symmetry.

It's clear from the figures that accounting for the antiparallel direction of spins of electrons in comparison with the average direction of spins results in the most significant percentage of difference of $-0,14\%$ for the correlation energy and of $-3,2\%$ for the equation of state because of the missing Pauli repulsion and pure attraction between electrons with opposite spins, which weakens the interaction and gives negative values. On the other hand, the second largest percentage of difference of $+0,046\%$ and $+1,09\%$ is the result of comparing the influence of the added symmetry effect to the pure diffraction effect because the addition of Pauli repulsion strengthens the interaction and increases the thermodynamic values, changing to positive correction values. Finally, the smallest percentage of difference of $+0,045\%$ and $+1,07\%$ is very close to the second largest. However, it is from comparing the corrections of the thermodynamic properties with the parallel direction of electron spins to the average direction of spins. It increases the interaction due to taking into account the pure Pauli repulsion compared to Pauli repulsion with added opposite spin electrons in the average direction result and also gives the positive values.

It should be noted that the difference between the results is more pronounced in denser plasma and at higher values of the coupling parameters because the influence of quantum effects increases with increasing density. At high densities, the growth of the coupling parameter increases the interaction between particles in the system and raises the absolute values of the correlation energy and the equation of state.

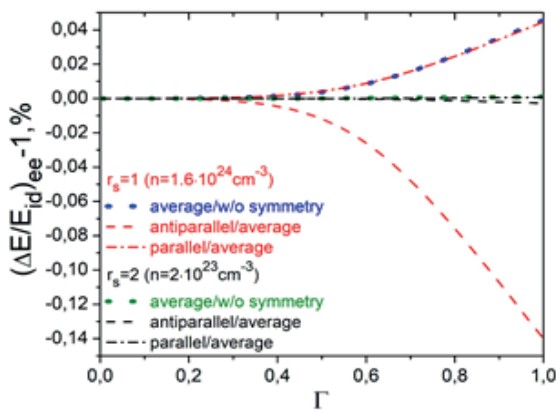


Figure 5 – Electron-electron component of correlation energy of hydrogen plasma depending on the coupling parameter

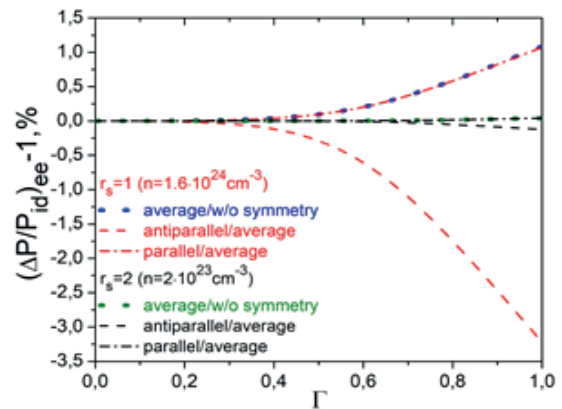


Figure 6 – Electron-electron non-ideal component of the equation of state of hydrogen plasma depending on the coupling parameter

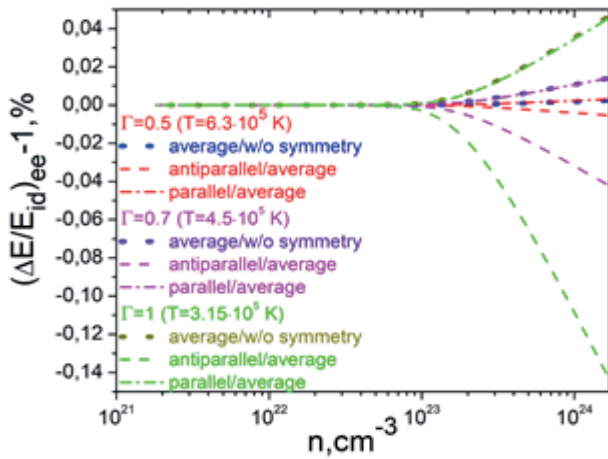


Figure 7 – Electron-electron component of correlation energy of hydrogen plasma depending on the density

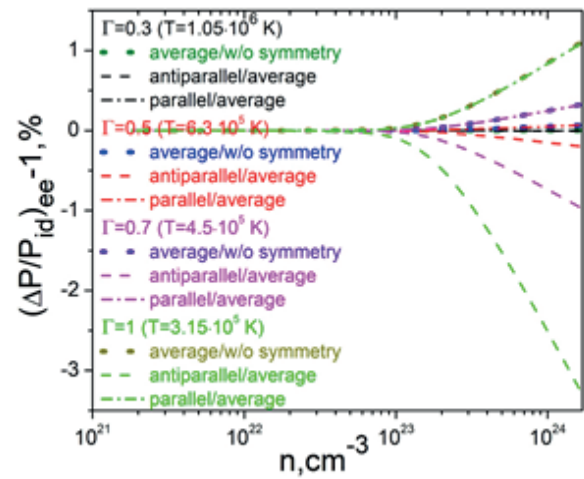


Figure 8 – Electron-electron non-ideal component of the equation of state of hydrogen plasma depending on the density

Conclusion. The effective screened potential taking into account both the collective and quantum mechanical effects of diffraction and symmetry has been used. The accounting for the symmetry effect decreases the value of the RDFs due to the additional Pauli repulsion between electrons with the same spin. On the other hand, the RDFs for antiparallel and average spin directions increase in value because they consider the electrons with opposite spins. The quantum effect of symmetry leads to strengthening the interaction between charged particles and increases the absolute values of the correlation energy and non-ideal component of the equation of state. The difference between the results is more significant in denser plasma and at higher values of the coupling parameters because the influence of quantum effects increases with increasing density. At high densities, an increase of the coupling parameter strengthens the interaction between particles in the system and raises the absolute values of the correlation energy and the equation of state.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under Grant No. AP09259081.

Information about the authors:

Ismagambetova Tomiris Nurlanovna – Master of Science in Nuclear physics, Researcher; Institute of Experimental and Theoretical Physics (IETP), al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi Ave., 71, Almaty, 050040, Kazakhstan. +7-777-113-41-57. E-mail: ismagambetova@physics.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4889-7526>;

Gabdullin Maratbek Tulebergenovich – PhD, Candidate of Physical and Mathematical sciences, Professor, Department of Plasma physics, Nanotechnology and Computer physics, al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi Ave., 71, Almaty, 050040; Chief Researcher, Institute of Experimental and Theoretical Physics (IETP), al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi Ave., 71, Almaty, 050040; First Vice-Rector, Kazakh-British Technical University, Tole bi str., 59, Almaty, 050000, Kazakhstan. +7-701-710-33-32. E-mail: gabdullin@physics.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4853-3642>;

Ramazanov Tlekkabul Sabitovich – Doctor of Physical and Mathematical sciences, Professor, Academician of NAS of the Republic of Kazakhstan, Vice Rector for Research-Innovation Affairs, Department of Plasma physics, Nanotechnology and Computer physics, al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi Ave., 71, Almaty, 050040; Chief Researcher, Institute of Experimental and Theoretical Physics (IETP), al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi Ave., 71, Almaty, 050040, Kazakhstan. +7-727-221-11-22. E-mail: ramazan@physics.kz, <https://orcid.org/0000-0001-7172-8005>.

REFERENCES

- [1] Stefano P., Dimitri B., Tommaso V., Roberto B., Keisuke Sh., Yoichiro H., Toshihiko K., Akiyuki Sh., Paolo P., Stefano B., Alfonso M., Abutrab A. (2013) A new target design for laser shock-compression studies of carbon reflectivity in the megabar regime, *The European Physical Journal D*, 67:136-148. <https://doi.org/10.1140/epjd/e2013-30630-8> (in Eng.).
- [2] Gericke D.O. and Schlanges M. (1999) Beam-plasma coupling effects on the stopping power of dense plasmas, *Physical Review*, 60:904. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.60.904> (in Eng.).

- [3] Young F.G., Mosher D., Stephanakis S.J., Goldstein Shyke A. and Mehlhornet T.A. (1982) Measurements of Enhanced Stopping of 1-MeV Deuterons in Target-Ablation Plasmas, *Physical Review Letters*, 49:549. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.49.549> (in Eng.).
- [4] Ramazanov T.S., Moldabekov Zh.A., and Gabdullin M.T. (2015) Effective potentials of interactions and thermodynamic properties of a nonideal two-temperature dense plasma, *Physical Review E*, 92:023104. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.92.023104> (in Eng.).
- [5] Filinov A.V., Golubnychiy V.O., Bonitz M., Ebeling W. and Dufty J.W. (2004) Temperature-dependent quantum pair potentials and their application to dense partially ionized hydrogen plasmas, *Physical Review E*, 70:046411. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.70.046411> (in Eng.).
- [6] Bredow R., Bornath Th., Kraeft W.-D., Redmer R. (2013) Hypernetted chain calculations for multi-component and nonequilibrium plasmas, *Contributions to Plasma Physics*, 53:276-284. <https://doi.org/10.1002/ctpp.201200117> (in Eng.).
- [7] Isihara A. (1971) *Statistical physics*. New York and London: Academic Press, United States. eBook ISBN: 9781483274102.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА

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

ФИЗИКА

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

МАЗМҰНЫ

ИНФОРМАТИКА

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

ФИЗИКА

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

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE

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

PHYSICS

G.B. Abdramanova, O. Imambek, F.B. Belisarova ELASTIC PROTON SCATTERING BY ^3He NUCLEI AT INTERMEDIATE ENERGIES.....	117
A.E. Amantayeva, G.R. Subebekova, A.T. Agishev, S.A. Khokhlov DETERMINATION OF THE FUNDAMENTAL PARAMETERS OF CATACLYSMIC VARIABLE PERIOD GAP STAR V1239 HERCULES.....	124
T.N. Ismagambetova, M.T. Gabdullin, T.S. Ramazanov STRUCTURAL AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF A TWO-COMPONENT DENSE HYDROGEN PLASMA.....	131

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

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

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 10.03.2022.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.