

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

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

NEWS

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

SERIES
PHYSICO-MATHEMATICAL

6 (340)

NOVEMBER – DECEMBER 2021

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 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. Физикалық-математикалық 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 физико-математическая» 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-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

Тақырыптық бағыты: *математика, информатика, механика, физика, ғарыштық зерттеулер, астрономия, ионосфера.*

Мерзімділігі: жылына 6 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, 2021

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 физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

Тематическая направленность: *математика, информатика, механика, физика, космические исследования, астрономия, ионосфера.*

Периодичность: 6 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, 2021

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. Physical-mathematical series.

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: *mathematics, computer science, mechanics, physics, space research, astronomy, ionosphere.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/> National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2021

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
 PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
 ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 340 (2021), 37–41

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1726.99>

UDC 621.315.592

Taimuratova L.U.^{1*}, Bigozha O.D.¹, Seitmuratov A.Zh.², Kazbekova B.K.¹, Aimaganbetova Z.K.³

¹Caspian University of technology and engineering named after Sh. Esenov, Aktau, Kazakhstan;

²Korkyt Ata Kyzylorda state University, Kyzylorda, Kazakhstan;

³Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan.

E-mail: taimuratova@mail.ru

NEGATIVE LONGITUDINAL MAGNETORESISTANCE SILICON ON INTERLINE ELECTRON TRANSITIONS

Abstract. The article presents experimental results obtained by studying the magnetoresistance of n-type silicon with an electron concentration of $n_e = 3,1 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ in the temperature range of 77.4-300K. There is a negative longitudinal magnetoresistance due to the redistribution of electrons between the valleys. Experimental results are compared with existing theories and a good agreement is obtained both quantitatively and qualitatively. At $H=350 \text{ kE}$, the energy gap between the lowest Landau subzones is 7 MeV. These experimental results obtained in n-type silicon clearly demonstrate the reliability of the mechanism of negative magnetoresistance caused, indeed, by the pumping of current carriers between the valleys of the conduction band, shifting along the energy scale in a quantizing magnetic field at different speeds. The is energetic surface of the bottom of the silicon conduction band consists of six ellipsoids located on the main axes of the cube, which causes anisotropy of the effective mass and relaxation time. The latter determines the features of galvanomagnetic effects. Especially magnetoresistance is the most sensitive to the anisotropy of the is energetic surface. The influence of the latter on magnetoresistance is most clearly revealed in the region of strong magnetic fields, where magnetoresistance is saturated.

Key words: piezo resistance, negative magnetoresistance, uniaxial pressure, is energetic, multivalley model, valley crossing.

Introduction. The article presents experimental results obtained by studying the magnetoresistance of n-type silicon with an electron concentration of

$n_e = 3,1 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ in the temperature range of 77.4-300K. There is a negative longitudinal magnetoresistance due to the redistribution of electrons between the valleys. Experimental results are compared with existing theories and a good agreement is obtained both quantitatively and qualitatively. At $H=350 \text{ kE}$, the energy gap between the lowest Landau subzones is 7 MeV.

The isoenergetic surface of the bottom of the silicon conduction band consists of six ellipsoids located on the main axes of the cube, which causes anisotropy of the effective mass and relaxation time. The latter determines the features of galvanomagnetic effects. Especially magnetoresistance is the most sensitive to the anisotropy of the isoenergetic surface. The influence of the latter on magnetoresistance is most clearly revealed in the region of strong magnetic fields, where magnetoresistance is saturated.

Materials and methods. The saturation value of the magnetoresistance of n-type silicon in a classically strong longitudinal magnetic field, in the case of $I \parallel H \parallel [110]$ is determined by the formula [1.2]:

$$\frac{\rho_H}{\rho_0} \Big|_{H_{\text{нас}}} = \frac{(2\kappa+1)(\kappa+1)}{\kappa(\kappa+5)} \quad (1)$$

We will make numerical estimates taking $k=4,72$ (from cyclotron resonance experiments). Then: $\frac{\rho_H}{\rho_0} \Big|_{H_{\text{нас}}} = 1,315$, which is in good agreement with the experimental values obtained on silicon samples with an electron concentration of $n_e = 3,1 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ in the temperature range of 150-300K $\frac{\rho_H}{\rho_0} \Big|_{H_{\text{нас}}} = 1,31$.

The coincidence of the results of the calculation and the experiment $\frac{\rho_H}{\rho_0} \Big|_{H_{\text{нас}}}$ indicates that in this temperature range $\kappa_{\tau} = 1$ (this means that the interline scattering mechanism dominates).

Results. However, with a decrease in temperature, the discrepancy between the experimental values and the calculated ones increases, so for example, for $T = 77.4$ K it reaches (in Figure 1, curve 1) $\left(\frac{\rho_H}{\rho_0}\right)_{H_{\text{нас}}} = 1,4$, which is due to the contribution of the anisotropy of the scattering mechanism (in this case, acoustic phonons, for which $\kappa_{\tau} = \frac{\langle \tau_{11} \rangle}{\langle \tau_1 \rangle} = 0,76$). It follows from the experimental results that the interline scattering mechanism dominates above the temperature of 100 K.

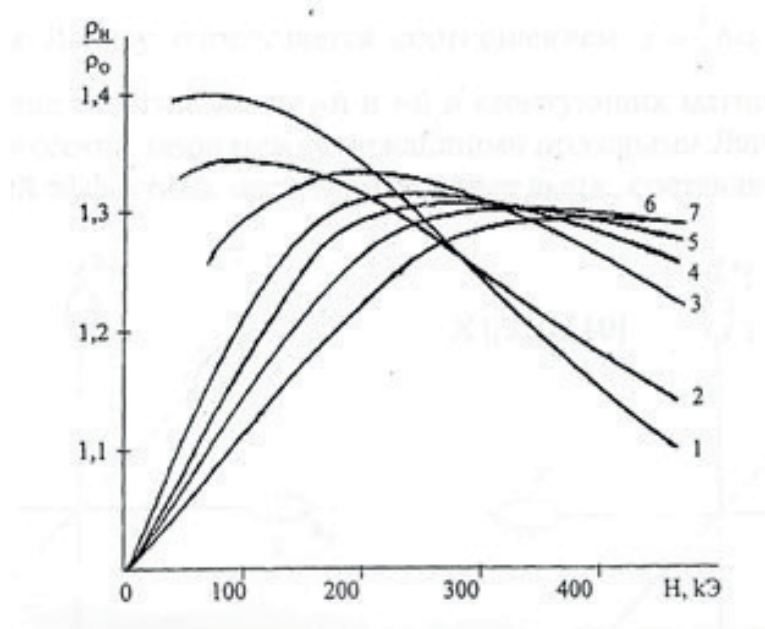


Figure 1-Temperature dependence of the longitudinal magnetoresistance of n-type silicon at: 1-77, 2-102, 3-150, 4-204, 5-240, 6-270,7-300

As can be seen from the figure, in strong magnetic fields (in quantizing ones), in addition to saturation of magnetoresistance, there is also a manifestation of quantum effects. The latter, in turn, is associated with a number of features, in particular, the redistribution of electrons between valleys (Figure 2), which have effective electron masses of $0,19m_0$, respectively.

This phenomenon was first experimentally observed in [3] on n-type germanium in the study of longitudinal magnetoresistance (at 20.4 K), and its theoretical interpretation was given in [4].

We observed this phenomenon on n-type silicon single crystals when studying both longitudinal and transverse magnetoresistance in the case of $J \parallel H \parallel [001]; U \parallel 100, H \parallel [001]$ [5].

The phenomenon caused by the redistribution of electrons between valleys was also observed in the case of $J \parallel H \parallel [110]$, the results of which are presented in Figure 1

Figure 1 shows that the magnetoresistance after saturation has a decline area. This decline is associated with a multi-valley model of the isoenergetic surface of the conduction band and it can be easily understood from the following.

Discussion. In the quantum limit, due to the nonequivalence of different valleys relative to the magnetic field, the bottom of these valleys in the magnetic field rises differently due to different effective masses in these valleys and the migration of electrons from the upper valley to the lower ones begins (Figure 2), as a result of which the conductivity increases and a decrease in the magnetic resistance curves is observed. The complete migration of electrons from the upper valley to the lower ones is carried out only in the ultra-quantum region ($44 \gg k_B T$), whereas only a part of the electrons moves to the ultra-quantum limit ($\hbar\omega_c \gg k_B T$). Since the energy of the lower Landau subzone is determined by the ratio $\varepsilon = \frac{1}{2} \hbar\omega_c$, then as a result of comparing the energy value of the valleys of the i -th j -thin quantizing magnetic fields, we obtain that the energy gap between the lowest Landau subzones at $H = 350$ KE, taking into account the values the effective masses given above are 7 MeV.

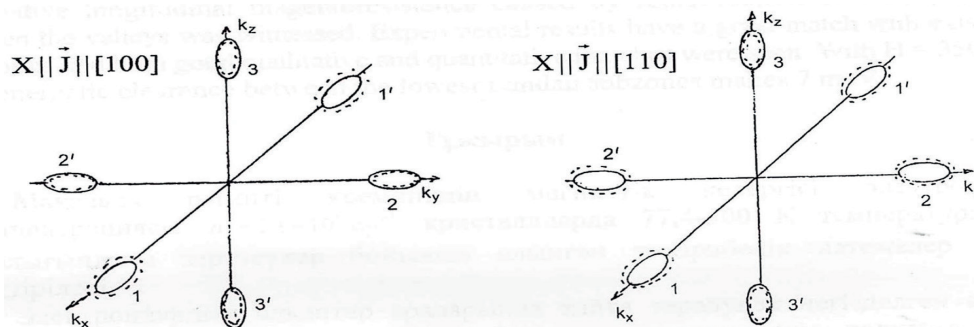


Figure 2 - Redistribution of electrons between valleys.

These experimental results obtained in n-type silicon clearly demonstrate the reliability of the mechanism of negative magnetoresistance caused, indeed, by the pumping of current carriers between the valleys of the conduction band, shifting along the energy scale in a quantizing magnetic field at different “speeds”[6.7].

Conclusion. Note that with the help of a uniaxial elastic band, than this is achieved in quantizing fields of the required intensity and, thereby, to verify the validity of this interpretation of the observed negative magnetoresistance of n-type silicon at orientation $X \parallel H \parallel [110]$. [8].

Таймуратова Л.У.^{1*}, Биғожа О.Д.¹, Сейтмұратов А.Ж.², Казбекова Б.К.¹, Аймаганбетова З.К.³

¹Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан;

²Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан;

³Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

E-mail:taimuratova@mail.ru

ЭЛЕКТРОНДАРДЫҢ ЖОЛАРАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫНДАҒЫ КРЕМНИДІҢТЕРІС БОЙЛЫҚ МАГНИТКЕ ТӨЗІМДІЛІШІ

Аннотация. Мақалада n-типті кремнийдің магниттік кедергісі электрондар концентрациясы $n_e = 3,1 - 10^{13} \text{ см}^{-3}$ кристаллдарда 77,4-300 К температуралар аралығындағы зерттеулер бойынша алынған тәжірибелік нәтижелер см^{-3} келтіріледі. Электрондардың алқаптар араларында қайта таралуына негізделген қума магниттік кедергі байқалды. Тәжірибелік қорытындыларды қолданыстағы теориялармен салыстырғанда, сан және сапа бойынша жақсы сәйкестік бар екені анықталды. $H=350$ кЭ болғанда, Ландаудың ең төменгі аймақтары арасындағы энергетикалық саңылау 7 мэВ құрайды. n-типті кремнийде алынған бұл эксперименттік нәтижелер, шын мәнінде, өткізгіштік жолағының аңғарлары арасындағы ток тасушыларды өткізу, кванттау магнит өрісінде әртүрлі жылдамдықпен энергия шкаласының бойымен жылжу нәтижесінде туындаған теріс магниттік кедергі механизмінің сенімділігін айқын көрсетеді. Кремний өткізгіштік жолағы түбінің изоэнергетикалық беті кубтың негізгі осьтерінде орналасқан алты эллипсоидтан тұрады, бұл тиімді массаның анизотропиясын және релаксация уақытын тудырады. Соңғысы гальваномагниттік әсерлердің ерекшеліктерін анықтайды. Әсіресе магниттік кедергі изоэнергетикалық беттің анизотропиясына ең сезімтал екенін байқауға болады. Соңғысының магниттік кедергіге әсері күшті магниттік өрістер аймағында, магнит кедергісі қаныққан жерде айқын көрінеді.

Түйінді сөздер: магниттік кедергі, теріс магнит кедергісі, бір осьтік қысым, изоэнергетикалық, көп алқапты модель, аңғар қиылысы.

Таймуратова Л.У.^{1*}, Бигожа О.Д.¹, Сейтмуратов А.Ж.², Казбекова Б.К.¹, Аймаганбетова З.К.³

¹Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, Актау, Казахстан;

²Кызылординский университет им.Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан;

³Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Казахстан.

E-mail: taimuratova@mail.ru

ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ПРОДОЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ КРЕМНИЯ НА МЕЖДОЛИННЫХ ПЕРЕХОДАХ ЭЛЕКТРОНОВ

Аннотация. В статье представлены экспериментальные результаты исследований магнитного сопротивления кремния *n*-типа, концентрация электронов $n_e = 3,1 - 10^{13} \text{ см}^{-3}$ в интервале температур 77,4-300 К см^{-3} наблюдалась продольная магнитная интерференция, основанная на перераспределении. Было обнаружено, что экспериментальные результаты имеют хорошее соответствие по количеству и качеству по сравнению с существующими теориями. При $H = 350 \text{ кЭ}$ энергетический зазор между нижними зонами Ландау составляет 7 мэВ. Эти экспериментальные результаты, полученные в кремнии *n*-типа, наглядно демонстрирует достоверность механизма отрицательного магнетосопротивления, обусловленного, действительно перекачкой носителей тока между долинами зоны проводимости, смещающимися по шкале энергии в квантующем магнитном поле с разными скоростями. Изоэнергетическая поверхность дна зоны проводимости кремния представляет собой шесть эллипсоидов, расположенных на главных осях куба, что обуславливает анизотропию эффективной массы и времени релаксации. Последняя и определяет особенности гальваномагнитных эффектов. Особенно магнетосопротивление является наиболее чувствительным к анизотропии изоэнергетической поверхности. Влияние последнего на магнетосопротивление наиболее отчётливо выявляется в области сильных магнитных полей, где магнетосопротивление насыщается.

Ключевые слова: магнетосопротивление, отрицательное магнетосопротивление, одноосное давление, изоэнергетика, многодолинная модель, пересечение долины.

Information about authors:

Taimuratova Lidiya Ungarbaevna – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Caspian state University of technology and engineering named after Sh. Esenov, Aktau, Republic of Kazakhstan 130000 City of Aktau, 32mkr, 87013283106, taimuratova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1692-4350>;

Bigoja Ondasin – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Caspian state University of technology and engineering named after Sh. Esenov, Aktau, Republic of Kazakhstan 130000 City of Aktau, 32mkr, 87013283106, o.bigozha51@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8760-0807>;

Seitmuratov Angisin – Doktor of Physical and Matematical Sciences, Professor, Korkyt Ata Kyzylorda State University, The Republic of Kazakstan.120014 City of Kyzylorda, 29A, Aiterebie str,87079641564, angisin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

Kazbekova Beisenkul Kozbagarovna – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Caspian state University of technology and engineering named after Sh. Esenov, Republic of Kazakhstan 130000 City of Aktau,32mkr, 87017198584, kazbekova_bika@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9222-958X>;

Aimaganbetova Zukhra Kuranievna – K. Zhubanov Aktobe State University, Aktobe, Republic of Kazakhstan, 8-705-472-84-59, Zukhra.aimaganbetova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8765-516X>.

REFERENCES

[1] Gold L., Roth L.M/ Galvanomagnetic Theory for Electron in Germanium and Silicon: Magnetoresistance in the High-Field Saturation Limit. Phys. Rev., 2000, v.103, №1, p.61-66.

[2] N.K. Medeubaev, A.Zh. Seytmuratov, M.I. Ramazanov. Solving Problems of Vibrational Processes of Isotropically Homogeneous Elastic Plates//Lobachevskii Journal of Mathematics,2020, Vol. 41, No. 9, pp.1846–1853. DOI: 10.1134/S1995080220090188

[3] Love W.F., Wei W.F. Longitudinal Magnetoresistance in *n*-Type Germanium: Theoretical. Phys. Rev., 1981, v.123, №1, p.67-73.

[4] Seitmuratov A., Aitimov M.Zh., Seitkhanova A., Ostayeva A., Tulegenova E., Janyssova D., Shamilov

T. Solution of private tasks of cylindrical shear waves //News of NAS RK. Series of physico-mathematical. Volume 6, Number 334 (2020), 19 – 26 (in Eng). <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.93>.

[5] Miller S.C., Omar M.A. Longitudinal Magnetoresistance in n-Type Germanium: Theoretical. Phys. Rev., 1991, v. 123, №1, p.77-80.

[6] Orazgulyev B. Transfer phenomena in silicon in strong magnetic fields. Doct. Dissertation. Kiev, 1989.

[7] Almagambetova A.A., Tileubay S.S., Taimuratova L.U., Seitmuratov A., Kanibaikyzy K. Problem on the distribution of the harmonic type relay wave//News of NAS RK., Series of Geology and Technical Sciences, 2019, 1 (433), стр. 242–247, <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.143>.

[8] Aitimov M.Zh., Seitkhanova A., Ostayeva A., Tulegenova E., Janysova D., Shamilov T. Solution of private tasks of cylindrical shear waves// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. *Series physico-mathematical. 6. 2020* ISSN 1991-346X Volume 6, Number 334 (2020), 19 – 26 <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.93>.

МАХМУНЫ

ФИЗИКА

- Жұмабаев Б.Т., Васильев И.В., Петровский В.Г., Исабаев К.Ж.**
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РАДИОФИЗИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ЖАҢА ПОЛИГОН.....6
- Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б.**
КӨМІРПЛАСТИКТИ ТҮТІКТЕРДІ ОРАУ ӘДІСІМЕН ЖАСАУ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ
ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ДАЙЫНДАУ.....15
- Мырзатай А.А., Рзаева Л.Г. Ускенбаева Г.А., Шукирова А.К., Абитова Г.**
ДЕРЕКТЕР МАССИВИ КӨЛЕМІНІҢ ЖЕЛІЛІК ЖАБДЫҚТЫҢ ІСТЕН ШЫҒУЫН БОЛЖАУ
НӘТИЖЕЛЕРІНЕ ӘСЕРІ.....28
- Таймуратова Л.У., Биғожа О.Д., Сейтмұратов А.Ж., Казбекова Б.К., Аймағанбетова З.К.**
ЭЛЕКТРОНДАРДЫҢ ЖОЛАРАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫНДАҒЫ КРЕМНИДІҢТЕРІС БОЙЛЫҚ
МАГНИТКЕ ТӨЗІМДІЛІШІ.....37

ИНФОРМАТИКА

- Байшолан Н., Тұрдалыұлы М., Байшоланова Қ.С., Кубаев Қ.Е., Тунгушбаев М.Т.**
АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ОҚИҒАЛАРЫНДАҒЫ ШАБУЫЛДАРДЫ БОЛЖАУДЫ
БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....42
- Усатова О.А., Жұмабекова А.Т., Мэтсон Э., Карюкин В.И., Глесова Б.Е.**
АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРҒА ТӨНЕТІН ҚАУІП ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ МАШИНАЛЫҚ
ОҚЫТУДЫ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....48
- Кожагулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А., Максұтова А.А.**
ҮЙТКІЛІ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ КӨМЕГІМЕН ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН МИКРОСҮЛБЕКТЕРДІҢ
ЖІКТЕУШІСІ59
- Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Әлімхан Қ., Othman M., Жумажанов Б.**
АВТОМАТТЫ СӨЙЛЕУДІ ТАҢУ ҮШІН ОНЛАЙН МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ.....66
- Сейлова Н.А., Ибраев Р.Б., Горлов Л.В., Тұрдалыұлы М.**
ҚАЛҚАН БЛОКТЫҚ СИММЕТРИЯЛЫҚ ШИФРЛАУ АЛГОРИТМІНІҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС
ТҮЙІНІНІҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....73
- Ташенова Ж.М., Нурлыбаев Э.Н., Абдуғулова Ж.К., Аманжолова Ш.А.**
ДЕРЕКТЕР ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ЖЕЛІЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІК
ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ.....81
- Шопағұлов О.А., Корячко В.П.**
САРАПТАМА ЖҮЙЕЛЕРДІҢ БІЛІМ НЕГІЗІНДЕГІ КОНЦЕПТУАЛДЫҚ МОДЕЛЬДЕР.....92

МАТЕМАТИКА

- Егенова Ә., Құрақбаева С., Калбаева А., Ізтаев Ж.**
ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫНЫҢ ҰҚСАС СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНА
ОТЫРЫП, ӘРТҮРЛІ ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ СИПАТТАУДЫҢ КЕЙБІР
МӘСЕЛЕЛЕРІ.....103

Ибраев А.Т. ЭЛЕКТРОНДЫҚ АЙНАЛАРМЕН КАТОДТЫҚ ЛИНЗАЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ ҮШІН ДИНАМИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ӨЛШЕМ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	114
Махажанова У.Т., Исмаилова А.А., Жумаханова А.С. БҰЛДЫР ЛОГИКАЛЫҚ ЕРЕЖЕЛЕРДІ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ПРОЦЕССІНДЕ ҚОЛДАНУДЫҢ МЫСАЛЫ.....	121
Сартабанов Ж.А., Айгенова Г.М., Торемуратова Г.С. ДИФФЕРЕНЦИАЛДАУ ОПЕРАТОРЛЫ СЫЗЫҚТЫ КӨППЕРИОДТЫ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ӨЗАРА КЕЛТІРІМДІЛІГІ.....	128
Тусупов Д.А., Муханова А.А. ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ПРОЦЕССІНДЕГІ ЛОГИКАЛЫҚ ЕРЕЖЕЛЕР ҚОСЫМШАСЫ.....	136

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Жумабаев Б.Т., Васильев И.В., Петровский В.Г., Исабаев К.Ж.**
НОВЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАЗАХСТАНЕ.....6
- Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б.**
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ
ПО ФОРМОВАНИЮ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ МЕТОДОМ НАМОТКИ.....15
- Мырзатай А.А., Рзаева Л.Г., Ускенбаева Г.А., Шукирова А.К., Абитова Г.**
ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА МАССИВА ДАННЫХ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ОТКАЗОВ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....28
- Таймуратова Л.У., Биғожа О.Д., Сейтмуратов А.Ж., Казбекова Б.К., Аймаганбетова З.К.**
ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ПРОДОЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ КРЕМНИЯ
НА МЕЖДОЛИННЫХ ПЕРЕХОДАХ ЭЛЕКТРОНОВ.....37

ИНФОРМАТИКА

- Байшолан Н., Турдалыулы М., Байшоланова К.С., Кубаев К.Е., Тунгушбаев М.Т.**
ПРОГРАММНОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АТАК
В СОБЫТИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....42
- Жумабекова А.Т., Усатова О.А., Мэтсон Э., Карюкин В.И., Илесова Б.Е.**
ВИДЫ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....48
- Кожугулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А., МаксUTOва А.А.**
КЛАССИФИКАТОР ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСХЕМ ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНОЙ
НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....59
- Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Алимхан К., Othman M., Жумажанов Б.**
РЕАЛИЗАЦИЯ ОНЛАЙНОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ.....66
- Сейлова Н.А., Ибраев Р.Б., Горлов Л.В., Турдалыулы М.**
КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕЛИНЕЙНОГО УЗЛА АЛГОРИТМА БЛОЧНОГО
СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ QALQAN.....73
- Ташенова Ж.М., Нурлыбаев Э.Н., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А.**
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ДАТА-ЦЕНТРА.....81
- Шопагулов О.А., Корячко В.П.**
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ В БАЗАХ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ.....92

МАТЕМАТИКА

- Егенова А., Куракбаева С., Калбаева А., Изтаев Ж.**
НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
С ПОМОЩЬЮ АНАЛОГИЧНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ВОЛН.....103

Ибраев А.Т. ПОСТРОЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА ДВИЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗЕРКАЛ И КАТОДНЫХ ЛИНЗ.....	114
Махажанова У.Т., Исмаилова А.А., Жумаханова А.С. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	121
Сартабанов Ж.А., Айтенова Г.М., Торемуратова Г.С. ВЗАИМНАЯ ПРИВОДИМОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ МНОГОПЕРИОДИЧЕСКИХ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ С ОПЕРАТОРАМИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ.....	128
Тусупов Д.А., Муханова А.А. ПРИЛОЖЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	136

CONTENTS

PHYSICS

Zhumabayev B.T., Vassiliyev I.V., Petrovskiy V.G., Issabayev K.Zh. A NEW LANDFILL FOR RADIOPHYSICAL RESEARCH IN KAZAKHSTAN.....	6
Meirbekov M.N., Ismailov M.B. DESIGN AND MANUFACTURE OF A LABORATORY INSTALLATION FOR FORMING CARBON FIBER RODS BY WINDING.....	15
Myrzatay A.A., Rzayeva L.G., Uskenbayeva G.A., Shukirova A.K., Abitova G. THE EFFECT OF THE AMOUNT OF DATA ARRAY ON THE RESULTS OF FORECASTING NETWORK EQUIPMENT FAILURES.....	28
Taimuratova L.U., Bigozha O.D., Seitmuratov A.Zh., Kazbekova B.K., Aimaganbetova Z.K. NEGATIVE LONGITUDINAL MAGNETORESISTANCE SILICON ON INTERLINE ELECTRON TRANSITIONS.....	37

COMPUTER SCIENCE

Baisholan N., Turdalyuly M., Baisholanova K.S., Kubayev K.E., Tungyshbayev M.T. SOFTWARE AND MATHEMATICAL SUPPORT FOR ATTACK PREDICTION IN INFORMATION SECURITY EVENTS.....	42
Zhumabekova A., Ussatova O., Matson E., Karyukin V., Ilessova B. THE TYPES OF THREATS TO THE INFORMATION RESOURCES AND THE METHODS OF THEIR DETECTION WITH THE USE OF MACHINE LEARNING METHODS.....	48
Kozhagulov Y.T., Zhexebay D.M., Sarmanbetov S.A., Maksutova A.A. CLASSIFIER OF MICROCIRCUIT IMAGES USING A CONVENTIONAL NEURAL NETWORK.....	59
Mamyrbayev O.Zh., Oralbekova D.O., Alimhan K., Othman M., Zhumazhanov B. REALIZATION OF ONLINE SYSTEMS FOR AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION.....	66
Seilova N.A., Ibrayev R.B., Gorlov L.V., Turdalyuly M. CRYPTOGRAPHIC PROPERTIES OF A NONLINEAR NODE OF A BLOCK SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHM QALQAN.....	73
Tashenova Zh., Nurlybaeva E., Abdugulova Zh., Amanzholova Sh. ASSESSMENT OF THE SECURITY STATUS OF THE COMPANY'S DATA CENTER NETWORK INFRASTRUCTURE.....	81
Shopagulov O.A., Koryachko V.P. CONCEPTUAL MODELS IN THE KNOWLEDGE BASES OF EXPERT SYSTEMS.....	92

MATHEMATICS

Yegenova A., Kurakbayeva S., Kalbayeva A., Iztaev Zh. SOME PROBLEMS IN DESCRIBING VARIOUS PHYSICAL PROCESSES WITH SIMILAR NONLINEAR WAVE PROPAGATION MODELS.....	103
---	-----

Ibrayev A.T. CONSTRUCTION AND APPLICATION OF A DYNAMIC MOTION COUNTING SYSTEM FOR RESEARCHING THE PROPERTIES OF ELECTRON MIRRORS AND CATHODE LENSES.....	114
Makhazhanova U.T., Ismailova A.A., Zhumakhanova A.S. EXAMPLE OF APPLICATION OF FUZZY LOGICAL RULES IN DECISION-MAKING PROCESSES.....	121
Sartabanov Zh.A., Aitenova G.M., Toremuratova G.S. MUTUAL REDUCTION OF LINEAR MULTIPERIODIC SYSTEMS OF EQUATIONS WITH DIFFERENTIATION OPERATORS.....	128
Tussupov D.A., Mukhanova A.A. APPLICATION OF LOGICAL RULES IN DECISION-MAKING PROCESSES.....	136

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>

**ISSN2518-1726 (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 10.12.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать –ризограф.
9,5 п.л. Тираж 300. Заказ 6.