

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**

**5 (339)**

**SEPTEMBER – OKTOBER 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/>

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

**ISSN 1991-346X**

Volume 5, Number 339 (2021), 54–60

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1726.84>

UDC 535.371:621.315.592

**Mussabek G.K.<sup>1,2</sup>, Sadykov G.K.<sup>1,2</sup>, Baktygerey S.Z.<sup>1,2</sup>, Zaderko A.N.<sup>3</sup>, Lisnyak V.V.<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Institute of High Technologies, Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv, Ukraine;

<sup>4</sup>Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv, Ukraine.

E-mail: gauhar.musabek@kaznu.kz

**PHOTOLUMINESCENT NANOMATERIALS FOR THERMOMETRY: SILICON  
AND CARBON NANOPARTICLES**

**Abstract:** The article describes the features of photoluminescence (PL) of silicon and carbon nanocolloids prepared by us using known approaches. In the course of the study, Si and C nanoparticles (NPs) were dispersed in non-polar and polar liquids, respectively, in order to study their photoluminescent properties as a function of temperature. For a number of samples, a bathochromic shift in the position of the PL maximum was observed, as well as a change in the PL intensity depending on the solvent and temperature. The latter opens up prospects for applications of PL thermometry, for example, for mapping the temperature distribution. We calculated the temperature coefficients of changes in the PL intensity as a function of temperature, and in addition, we found that the relatively important temperature sensitivity is associated not only with the internal properties of Si NPs and C NPs, but also, to a large extent, with the mechanisms of the Förster resonant energy transfer in non-polar liquids. The latter is probably realized between particles of different sizes and significantly depends on the change in the viscosity of the liquid with decreasing temperature, which prevents the chaotic movement of NPs and their aggregates in the solution. Presumably, the resonant transfer of Förster energy between Si particles can be the reason that then interactions at short distances between particles of different sizes are possible, in the cases when the NP size distribution is relatively large. Therefore, based on the foregoing, the main directions for improvement should be the development of unified Si NPs and C NPs to clarify the recorded effect and increase the sensitivity in luminescence thermometry using the required type of colloidal solutions and solvent for the respective NPs. The information presented in the article is of interest since it forms the basis for understanding the observed effects during the analysis of experimental data using the available literature sources.

**Key words:** Nanoparticles, Photoluminescence, Silicon nanoparticles, Carbon nanoparticles, Temperature, Solvents, Thermal Sensors.

**Introduction.** Silicon as a luminescent material is an interesting object for developing the photovoltaic industry and microelectronics, as mentioned by Priolo F. et al. (2014). However, silicon emitting light has ushered in a new era in photonics, as shown by Cheng K-Y. et al. (2011). Modern silicon nanoparticles (Si NPs) exhibit improved optical properties, and they depend on particle size and how wide is a bandgap. Potentially, due to their valuable properties, these SiNPs can occupy a significant niche in optoelectronics. On the one hand, light absorption can be optimized by varying the particle size. However, on the other hand, luminescent silicon nanocrystals have generated incredible attention among researchers. Over the past two decades, continuous research has shifted the focus target from porous silicon to colloidal Si NPs. Applications for luminescent dots composed of Si NPs range from printed electronics to solar cells. Their size-dependent photoluminescence (PL) shows great promise for future applications in all kinds of biomedical applications and optoelectronic devices. According to Wen X. et al. (2015), for such nanoparticles, the exciton emission is limited to energies below 2.1 eV, and this emission does not depend on the size of the nanocrystalline particle. PL effect arising from quantum-limited core states can exist only in the red or near-infrared range

with energies below 2.1 eV. Typically, blue-green PL arises from states, which are associated with the surface layer, and exhibits a nanosecond transition. As another class of nanomaterials, C NPs have attracted widespread attention over the past five years, as noted by ZuoP. et al. (2016). In terms of the available properties, bright photoluminescence is the most intriguing characteristic of the C NP series. C NPs have significant luminescence resistivity to quenching. That is why carbon NPs less than 10 nm in size have become indispensable in tracking targeted drug delivery in the human body, in biomedical research, and also in various therapeutic applications. Carbon NPs are well suited for *in vivo* and *in vitro* studies using bioimaging. All these particles are biodegradable and have reduced toxicity, so they hold great promise in biotechnological applications.

#### **A brief review of the literature on PL thermometry with Si NPs and CNPs.**

From the comparison of the literature results (Van Sickle A.R. et al. (2013); Kusova K. et al. (2012)), it is clear that Van Sickle A.R. et al. (2013) first reported a redshift higher than the value predicted by the Varshni model for free-standing silicon NPs. They obtained a temperature coefficient of  $-0.4$  meV/K at 300 K, and another group of Kusova K. et al. (2012) reported a temperature coefficient value of  $-1$  meV/K close to that of Hamza H. et al. (2015). In both above-mentioned cases, the Si NPs size was smaller than those obtained by Hamza H., et al. (2015). On the other hand, for the temperature sensing with carbon NPs, Song Z. et al. (2016) and Kalytchuk S. et al. (2017) determine the PL conditions and measuring the fluorescence and fluorescence lifetime changes of the nitrogen (N) and sulfur (S) co-doped carbon dots (CDs) of  $\sim 3$  nm and  $\sim 4.5$  nm. Nevertheless, the preparation and collection of small-sized CDs is still a challenging task that requires a long synthesis time and the usage of harsh precursors. In addition, Atabaev T.S. et al. (2019) measured the fluorescence of nitrogen-doped C NPs prepared in a short period of time by using only low-cost and environmentally friendly precursors for temperature sensing.

Appreciating the achievements of scientists in the field of PL thermometry, the effects of media is worth future consideration because the valuable PL characteristics can be constantly biased by the parameters of NPs and medium-related factors. That's why the issues of the state, problems, and prospects for the development of thermometers for need in-depth analysis and continued systematic studies. The main problem, which requires attention, is the definition of the factors affecting the use of PL of Si NPs and C NPs to detect temperature changes. Therefore, it is important to carry out and analyze the nature of the PL effect in their solutions.

The paper is aimed at the analysis of the PL of solution of C NPs and Si NPs depending on the temperature, studying the PL effect, identifying the main directions of changes in the solutions with temperature, as well as estimation of trends finding reasons for them.

The hypothesis of the research is that the PL effect is strictly dependent on the temperature and by varying the size of NPs as nanosensors it can be easy to find a method for improving their sensitivity to temperature changes.

**Methods and materials.** Achieving the goals of the paper is possible through the use of research methods, within chemical and physical approaches, during the study of the temperature-dependent PL. For this purpose, the nitrogen-doped C NPs were prepared as those prepared earlier (Ivanov I.I. et al., 2021) for comparison in the estimation of the level of thermal dependence and sensitivity. Si NPs have been made by the method reported earlier in (Lisnyak et al. 2021) as an alternative to chemical methods which use is required starting materials such as aminopropyl tri-methoxy-silane and its variants which are expensive (Ryabchikov et al., 2013). These Si NPs with passivated surfaces can be also prepared by scratching off a nanoporous Si layer made by electrochemical etching in a hydrofluoric acid: alcohol mixture (Mussabek G., et al. 2015). So, in contrast to the Si NPs prepared from silanes, Si NPs possess moderate aqueous solubility. This solubility can realize because presenting hydrophobic and hydrophilic groups on the surface, presumably, Si – H (Mussabek G., et al. 2020) and Si – OH bonds, respectively.

Steady-state PL measurements of colloids were carried out employing a fluorescence LS 55 spectrometer from Perkin-Elmer with an excitation source of 450-W Xe900 continuous Xenon arc lamp. All recorded spectra were automatically corrected by the transfer function of the instrument. The temperature was changed from 303 to 373 K using a thermostated module and UV transparent quartz cuvettes with liquid volumes of 1.5 mL. The X-ray diffraction pattern of passivated Si NPs was recorded using a DRON-3 diffractometer equipped with a CuK $\alpha$  source. To study the silicon NPs, also used a high-resolution JEOL JEM-3000F TEM microscope with an accelerating voltage of 300 keV.

**Results and Discussion.** Comparative characteristics of different NPs. As mentioned above, the object of the study is the comparison of thermal quenching of PL in solutions with different NPs. To evaluate the mean size of the prepared Si NPs, they were characterized by X-ray diffraction, and the resulting pattern

confirms the presence of reflections near  $32.7^\circ$ ,  $55.3^\circ$ , and  $66.0^\circ$ . These reflections are corresponded to (111), (220), and (311) crystal planes of silicon for the particles with an average diameter value of  $5.0 \pm 0.5$  nm at least. This average diameter confirms by AFM and TEM studies (Fig. 1.1). When one considers temperature-sensing applications in diverse medium and oxidative environments, the NPs stability is a crucial parameter. Typically, exposure to water and oxygen takes place when thermometry is used in electronic circuits. This defect leads to surface oxidation of the Si NPs that can change the emission spectra. So, the conditions require, using the more stable surface-oxidized Si NPs, which are stronger candidates for operation in the different air-aqueous and air media directing our focus on stable surface-protected Si NPs. The PL measurements showed that, in the colloidal suspension of luminescent NPs, the PL spectra can be dependent on the interaction between the Si NPs. According to Hamza H. et al. (2015) and Van Sickle A.R. et al. (2013), the inner filtering effect can be realized because of the reabsorption of the PL emitted by the smaller NPs. This PL reabsorption at high energy can be done by the bigger silicon NPs with a smaller energy gap. This effect is shown by quenching of the PL intensity and a red spectral shift with enhancing the concentration of Si NPs. For a given concentration of 0.5 and 1.0 mg/ml Si NPs in octadecene, this effect will not depend strongly on the temperature, in other words on the free motion of NPs in the solvent. Here, from the average distance between two NPs calculation, an average distance as a function of the concentration for Si NPs with different NPs diameters takes the value of about 80 nm. This average distance agrees well with predicted by Hamza H. et al. (2015) for Si NPs with average dimensions. Typically, the second effect is resonant energy transfer, which is occurred between two NPs by dipole-dipole interaction without photon emission disclosed within the Forster Resonance Energy Transfer (FRET) mechanism in (Forster T., 1948). In this mechanism, the transfer will realize between excited small-donor NPs and larger acceptor NPs. The transfer depends on the inter-particle distance and will be efficient for distances of 1-to-6 nm range. For the colloidal suspensions in octadecene, we observed a bathochromic shift with temperature increasing, the PL peak moved from 1.8 to 1.64 nm, which is a common behavior for semiconductors. The bathochromic shift has a linear character with a slope of about  $-0.5$  meV/K in octadecene solutions. This estimation is close to temperature coefficients reported by Kusova K. et al. (2012), et al. (2015), and Sickle A.R. et al. (2013). This data well accord with the total shift model by Hamza H. et al. (2015), which is attributed temperature sensing to the enhanced FRET mechanism with viscosity reduction. This indicates the possibility of using non-traditional solvents for thermometry with Si NPs.

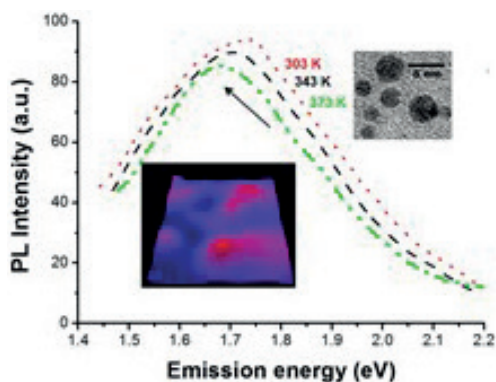


Figure 1.1.

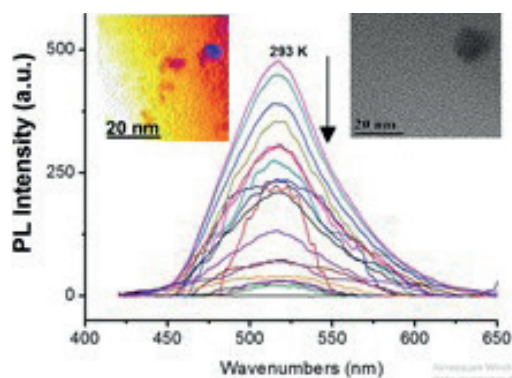


Figure 1.2.

Figure 1. PL spectra of Si NPs (1.1), inserts AFM (lower) and TEM (upper) microphotos and of C NPs (1.2), inserts AFM (left) and TEM (right).

Figure 1.2 shows the typical PL excitation spectra of prepared carbon NPs. Upon 400 to 410 nm excitation, the prepared carbon NPs showed the broad emission peak with a maximum at about 525 nm. The fluorescence emission can be due to the nitrogen dopants that shift the fluorescence emission to the corresponding region. For these carbon NPs (Fig. 1.2), one should notice the red-shifting and excitation-dependent drift of the emission peak, typically with increasing the excitation wavelengths. As typical for carbon NPs covered with surface groups, the fluorescence maximum depends on the addition of ionic solutions and showed a respective decrease.

Figure 1.2 shows the typical PL excitation spectra of the prepared carbon NPs, here inserts display AFM and TEM microphotos. One can see that the PL excitation spectra have a maximum in the range of 518–532 nm. This fluorescence emission is due to the carbon edge atoms forming carbonyl and carboxyl groups



(Ivanov I.I. et al., 2021). Nitrogen skeleton atoms can also shift the fluorescence emission to the higher wavenumbers region. For these carbon NPs, one should notice the red-shifting and excitation-dependent drift of the emission peak, typically with increasing the excitation wavelengths. For thermometry applications, the fluorescence of in aqueous solutions was measured from 25 to 100 °C. Figure 1.2 shows the temperature-dependent spectra at 400 nm excitation. The PL excitation spectra showed that the fluorescence intensity monotonically decreases with temperature increasing, as reported by Atabaev T.S. et al. (2019) for nitrogen-doped CNPs. And, surprisingly, at higher temperatures, we observed the emission peak shifting with increasing the temperature. Despite the weak bathochromic shift, the PL excitation spectra intensity for C NPs in water solutions decrease has a linear character with a slope of about -0.5 in the related intensity per K units with a good correlation coefficient of 0.99. The temperature-dependence showed good repeating and the standard deviation was as low as 5%. The temperature-dependent PL excitation spectra of carbon NPs could be explained by the enhanced population of non-radiative surface traps or defects states as proposed by Song Z. et al. (2016) and Atabaev T.S. et al. (2019). Here, one can conclude that the radiative recombination dominates at low temperatures. The non-radiative recombination becomes stronger with an increase in the temperature decreasing the number of emitted photons.

Considering both Si NPs and C NPs PL excitation spectra, it is clear that the temperature-dependent fluorescent properties of NPs in different solvents can be utilized for potential thermometry applications.

**Conclusion.** Si NPs have been dispersed in non-polar liquids to measure the PL excitation spectra depending on temperature. Bathochromic shift of the PL excitation peak position has opens perspectives for luminescent thermometry applications in mapping temperature distribution. Furthermore, we have confirmed high importance of temperature sensitivity mechanism, first showed by Hamza H. et al. (2015), that depends on both the Si NPs intrinsic properties and solvent. To a large extent to Förster resonance energy transfer (FRET) mechanisms between particles of different sizes is dependent on the colloids viscosity which is in tern depends temperature. The FRET takes place between donor-and-acceptor pairs having a donor-acceptor distance of 53 Å. That is why Si particles have been a reason for then short-distance FRET interactions. These interaction and transfer between NPs of different sizes are possible for solution with a wide size distribution of NPs. Contrasting to Si NPs the temperature-dependent PL excitation spectra of carbon NPs are depend on the enhanced population of non-radiative surface traps, and so, the radiative recombination dominates at low temperatures. Temperature effect can decrease the number of emitted photons because of the non-radiative recombination which is stronger at higher temperatures.

Therefore, based on the above, the main areas of improvement should be the development of unified Si NPs and C NPs to clarify the registered effect and to improve the sensitivity of detection.

*Acknowledgements: This work has been financially supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Grant No. AP08856579. V.V. Lisnyak acknowledges the support of Ministry of Education and Science of Ukraine: Grant of the Ministry of Education and Science of Ukraine for perspective development of a scientific direction “Mathematical sciences and Natural sciences” at Taras Shevchenko National University of Kyiv.*

Мұсабек Г.Қ.<sup>1,2</sup>, Садықов Ғ.Қ.<sup>1,2</sup>, Бақтыгерей С.З.<sup>1,2</sup>, Задерко А.Н.<sup>3</sup>, Лесняк В.В.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Ақпараттық және есептеуіш технологиялары институты, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup> Өл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup> Жоғары технологиялар институты, Тарас Шевченко атындағы Киев Ұлттық университеті, Киев, Украина;

<sup>4</sup> Тарас Шевченко атындағы Киев Ұлттық университеті, Киев, Украина.

E-mail: gauhar.musabek@kaznu.kz

## ТЕРМОМЕТРИЯҒА АРНАЛҒАН ФОТОЛЮМИНЦЕНЦИЯЛЫҚ НАНОМАТЕРИАЛДАР: КРЕМНИЙ ЖӘНЕ КӨМІРТЕКТІ НАНОБӨЛШЕКТЕР

**Аннотация.** Мақалада біз белгілі тәсілдерді қолдана отырып дайындаған кремний және көміртекті бөлшектері бар нано коллоидтардың фото люминесценциясының (ФЛ) ерекшеліктері сипатталған. Зерттеу барысында нанокolloидтардың фото люминесцентті қасиеттерінің температураға тәуелділігін анықтау мақсатында Si және C нанобөлшектері (НБ) сәйкесінше полярлы емес және полярлық

сұйықтықтарда дисперстелінген болатын. Бір қатар үлгілер үшін ФЛ максимумы позициясының батохромды ауысуы, сонымен қатар еріткішпен температураға байланысты ФЛ интенсивтілігінің өзгеруі байқалды. Соңғысы ФЛ термометриясын қолданудың болашағы зор екенін көрсетеді, оған мысал ретінде температураның таралуының карталарын түсіруді келтірсек болады. Біз ФЛ интенсивтілігінің температуралық коэффициенттерін температураға тәуелділік ретінде есептеп, салыстырмалы маңызды температуралық сезімталдықтың тек Si және C НБ-рінің ішкі қасиеттеріне ғана емес, сонымен қатар полярлық емес сұйықтықтардағы Форстер энергияның резонансты тасымалының механизмдеріне тәуелді екенін анықтадық. Соңғысы әр түрлі мөлшердегі бөлшектер арасында жүзеге асуы мүмкін және температураның төмендеуі мен сұйықтықтың тұтқырлығының өзгеруіне байланысты, бұл ерітіндідегі НБ мен олардың агрегаттарының ретсіз қозғалысына жол бермейді. Біздің болтам бойынша, Si бөлшектері арасындағы Форстер энергиясының резонансты тасымалдануы НБ өлшемдері бойынша үлестірілуі салыстырмалы түрде алкен болван жағдайда, әртүрлі өлшемді бөлшектер арасындағы қысқа қашықтықта өзара әрекеттесуінің себебі болуы мүмкін. Сондықтан, жоғарыда айтылғанға сәйкес, жетілдірудің негізгі бағыттарына тиісті әсер ету үшін коллоидты ерітінділермен еріткіштердің қажетті түрін қолдана отырып, люминесценциялы термометриядағы сезімталдықты жоғарылату үшін жазылған осерді ақтылау үшін бір тұтас Si НБ және C НБ әзірлеу керек. Мақалада ұсынылған апарат қолда бар әдебиет көздерін қолдана отырып, эксперименттік деректерді талдау кезінде байқалған әсерлерді түсінуге негіз болып отыр.

**Түйінді сөздер:** нанобөлшектер, фотолюминесценция, кремний нанобөлшектері, көміртекті нанобөлшектер, температура, еріткіштер, жылу сенсорлары.

**Мусабек Г.К.<sup>1,2</sup>, Садыков Г.К.<sup>1,2</sup>, Бактыгерей С.З.<sup>1,2</sup>, Задерко А.Н.<sup>3</sup>, Лесняк В.В.<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup> Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup> Институт высоких технологий Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина;

<sup>4</sup> Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина.

E-mail: gauhar.musabek@kaznu.kz

## **ФОТОЛЮМИНЦЕНТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОМЕТРИИ: КРЕМНИЙ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ**

**Аннотация.** В статье описаны особенности фотолюминесценции (ФЛ) кремниевых и углеродных нано коллоидов, полученных нами с использованием известных подходов. В ходе исследования нано частицы (НЧ) Si и C были диспергированы в неполярной и полярной жидкости, соответственно, с целью изучения их фотолюминесцентных свойств в зависимости от температуры. Для ряда образцов наблюдался батохромный сдвиг положения максимума ФЛ, а также изменение интенсивности ФЛ в зависимости от растворителя и температуры. Последнее открывает перспективы применения фотолюминесцентной термометрии, например, для картирования распределения температуры. Мы рассчитали температурные коэффициенты изменения интенсивности ФЛ в зависимости от температуры, и, кроме того, мы обнаружили, что температурная чувствительность связана не только с внутренними свойствами Si НЧ и C НЧ, но и в большей степени, с механизмами резонансного переноса энергии Ферстера в неполярных жидкостях. Последнее, вероятно, реализуется между частицами разного размера и существенно зависит от изменения вязкости жидкости при понижении температуры, что предотвращает хаотическое движение НЧ и их агрегатов в растворе. По-видимому, резонансная передача энергии Ферстера между частицами Si может быть причиной того, что тогда возможны взаимодействия на малых расстояниях между частицами разных размеров в тех случаях, когда распределение НЧ по размерам относительно велико. Поэтому, исходя из вышеизложенного, основными направлениями совершенствования должны быть разработка унифицированных НЧ Si и НЧ C для уточнения регистрируемого эффекта и повышения чувствительности люминесцентной термометрии с использованием необходимого типа коллоидных растворов и растворителя для соответствующих НЧ. Информация, представленная в статье, представляет интерес, поскольку является основой для понимания наблюдаемых эффектов при анализе экспериментальных данных с использованием доступных литературных источников.



**Ключевые слова:** наночастицы, фотолюминесценция, наночастицы кремния, углеродные наночастицы, температура, растворители, термодатчики.

**Information about authors:**

**Mussabek Gauhar K.** – PhD (Physics), Senior Researcher, Associated Professor, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan; al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; gauhar.musabek@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-1244>;

**Sadykov Gani** – Bachelor in Radiophysics, Junior Researcher, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan; gani\_sadikov@mail.ru; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5542-7755>;

**Baktygerey Saule Z.** – PhD Student, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan; al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; azhgireyeva@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1426-6374>;

**Zaderko Alexander N.** – Candidate of Science/PhD. (Chemistry), Senior Researcher, Institute of High Technologies, Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv, Ukraine; indeo1016@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8174-1470>;

**Lisnyak Vladyslav V.** – Doctor of Science (Chemistry), Senior Researcher, Chemical Faculty, Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv, Ukraine; lisnyak@univ.kiev.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6820-1445>.

## REFERENCES

1. Priolo F., Gregorkiewicz T., Galli M. et al. (2014) Silicon nanostructures for photonics and photovoltaics, *Nature Nanotech.* 9, 19-32. URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2013.271>.
2. Cheng K.Y., Anthony R., Kortshagen U.R. & Holmes R.J. (2011) High-efficiency silicon nanocrystal light-emitting devices, *Nano Lett.*, 11, 1952-1956.
3. Wen X., Zhang P., Smith T. et al. (2015) Tunability Limit of Photoluminescence in Colloidal Silicon Nanocrystals, *Sci. Rep.*, 5, 12469. URL: <https://doi.org/10.1038/srep12469>.
4. Zuo P., Lu X., Sun Z., Guo Y. & He H. (2016) A review on syntheses, properties, characterization and bioanalytical applications of fluorescent carbon dots. *Microchim Acta*, 183, 519-542.
5. Van Sickle A.R., Miller J.B., Moore C., Anthony R.J., Kortshagen U.R. & Hobbie E.K. (2013) Temperature dependent photoluminescence of size-purified silicon nanocrystals. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 5 (10), 4233-4238.
6. Kusova K., Ondic L., Klimesova E., et al. (2012) Luminescence of free-standing versus matrix embedded oxide-passivated silicon nanocrystals: the role of matrix-induced strain. *Applied Physics Letters*. 101, 14, 143101.
7. Hamza H., Albahrani S.M.B., Guillot G., et al. (2015) Temperature and Viscosity Effects on the Photoluminescence Properties of Alkyl-Capped Silicon Nanoparticles Dispersed in Nonpolar Liquids. *The Journal of Physical Chemistry C* 119, 29, 16897-16904.
8. Song Z., Quan F., Xu Y., Liu M., Cui L., Liu J. (2016) Multifunctional N,S co-doped carbon quantum dots with pH- and thermo-dependent switchable fluorescent properties and highly selective detection of glutathione, *Carbon* 104, 169-178.
9. Kalytchuk S., Polakova K., Wang Y., et al. (2017) Carbon dot nanothermometry: intracellular photoluminescence lifetime thermal sensing, *ACS Nano*, 11, 1432-1442.
10. Atabaev T.S., Sayatov S., Molkenov A. & Taniguchi I. (2019) Nitrogen-doped carbon nanoparticles for potential temperature sensing applications. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 22, 100253.
11. Ivanov I.I., Zaderko A.N., Lysenko V. et al. (2021) Photoluminescent Recognition of Strong Alcoholic Beverages with Carbon Nanoparticles. *ACS Omega* 6, 29, 18802-18810. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01953>.
12. Lisnyak V.V., Mussabek G.K., Zhylykybayeva N.Zh., Baktygerey S.Z., Zaderko A.N. (2021) Preparation and Characterization of Carbon-Silicon Hybrid Nanostructures, *Journal of Nano- and Electronic Physics*, 13, 5, 05035.
13. Ryabchikov Y.V., Alekseev S., Lysenko V, Bremond G, Bluet J.M. (2013) Photoluminescence thermometry with alkyl-terminated silicon nanoparticles dispersed in low-polar liquids, *Phys. Status Solidi RRL*, 7, 414.

14. Mussabek G., Mirgorodskij I., Kharin A. et al. (2015) Formation and Optical Properties of Nanocomposite Based on Silicon Nanocrystals in Polymer Matrix for Solar Cell Coating, *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 9, 6, 738-740. DOI: <https://doi.org/10.1166/jno.2014.1670>.
15. Mussabek G., Alekseev S.A., Manilov A.I., et al. (2020) Kinetics of hydrogen generation from oxidation of hydrogenated silicon nanocrystals in aqueous solutions, *Nanomaterials*, 10, 7, 1413.
16. Forster T. (1948) Intermolecular energy migration and fluorescence, *Annalen der Physik (Leipzig)*, 2, 55-75.

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

<b>Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Қаптағай Г.Ә., Мерәлі Н.</b> ВАНАДИЙМЕН ЛЕГИРЛЕНГЕН $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ҚОСПАСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ, ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ МАГНИТТІК ҚАСИЕТТЕРІ.....	6
<b>Алдақұлов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С.</b> КРИОГЕНДІК ЖАҒДАЙДАҒЫ ТОЗАҢДЫ ПЛАЗМА БӨЛШЕКТЕРДІҢ ЖҰПТЫҚ КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ФУНКЦИЯСЫНА ТЕРМОФОРЕТИКАЛЫҚ КҮШНІҢ ӘСЕРІ.....	17
<b>Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О.</b> ${}^6Li$ ЯДРОСЫНДАҒЫ КЛАСТЕРЛІК ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭФФЕКТІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	25
<b>Курбаниязов А.К., Сырлыбекқызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабылова А.Р.</b> ОРТА КАСПИЙДІҢ ТЕҢІЗ АҒЫНЫН МЕН ТЕРМОХАЛИН ҚҰРЫЛЫМЫН ТІКЕЛЕЙ ӨЛШЕУ...33	
<b>Мейрамбекұлы Н., Карибаев А.В., Темирбаев А.А.</b> ЖЕРДІ БАРЛАУШЫ КІШІ ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНА АРНАЛҒАН АНИЗАТРОПТЫ ФРАКТАЛДЫҢ ЕКІНШІ БУЫНЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨПДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА.....	42
<b>Мұсабек Г.Қ., Садықов Ғ.Қ., Бақтыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В.</b> ТЕРМОМЕТРИЯҒА АРНАЛҒАН ФОТО ЛЮМИНЦЕНЦИЯЛЫҚ НАНОМАТЕРИАЛДАР: КРЕМНИЙ ЖӘНЕ КӨМІРТЕКТІ НАНОБӨЛШЕКТЕР.....	54

### ИНФОРМАТИКА

<b>Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О.</b> DELPHI ОРТАСЫНДА «БАНК ЖҮЙЕСІНДЕГІ НЕСИЕЛЕР МЕН ДЕПОЗИТТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ» ЖҰМЫС ОРЫНДАРЫН ҚҰРУ.....	61
<b>Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылықова А.</b> KASPI ӨНІМДЕРІ ТУРАЛЫ ПІКІРЛЕРДЕГІ КӨҢІЛ-КҮЙДІ ТАЛДАУ.....	68
<b>Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А.</b> НААР, НОГ, CNN БЕТ ДЕТЕКТОРЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	74
<b>Сейлова Н.А., Журынтаев Ж.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М.</b> ПСЕВДО КЕЗДЕЙСОҚ ИМПУЛЬСТАР ТІЗБЕГІНІҢ САНДЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ CAD QUARTUS II ОРТАСЫНДА FPGA КӨМЕГІМЕН МОДЕЛЬДЕУ.....	83
<b>Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А.</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ ҚАРА ЖӘШІКТЕРІН ТҮСІНДІРУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ҮШІН ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ.....	91
<b>Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С.</b> ХЕШ ФУНКЦИЯ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ПРАКТИКАЛЫҚ ҚОЛДАНУ.....	100

### МАТЕМАТИКА

<b>Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б.</b> $p^7B$ СЕРПИМДІ ШАШЫРАУ ҚИМАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕУЛЕРІ ҮШІН ГЛАУБЕР ТЕОРИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ФОРМАЛИЗМ.....	111
<b>Адилова А.Қ., Жүзбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е.</b> КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ КОМПОЗИТТЕР МЕХАНИКАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕРІ.....	119
<b>Иванов К.С., Тулекенова Т.Д.</b> ТҮЙІСУ МЕХАНИЗІМІНІҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕГІНІҢ ДИНАМИКАСЫ.....	131
<b>Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж.</b> ТЕҢГЕРІМДІ КӨРСЕТКІШТЕР ЖҮЙЕСІ БОЙЫНША КӘСІПОРЫННЫҢ БИЗНЕС ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ АЛГОРИТМІ.....	137
<b>Оразбаев Б.Б., Жумадилаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.Ә., Xiao-Guang Yue</b> ЖҮЙЕЛІК ТӘСІЛДЕМЕ НЕГІЗІНДЕ ЛГ-35-11/300-95 ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ БЕНЗИНДІ РИФОРМИНГТЕУ РЕАКТОРЛАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ.....	145

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

<b>Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Каптагай Г.А., Мерәлі Н.</b> СТРУКТУРНЫЕ, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ ВАНАДИЕМ.....	6
<b>Алдакулов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С.</b> ВЛИЯНИЕ СИЛЫ АТОМНОГО УВЛЕЧЕНИЯ НА ПАРНУЮ КОРРЕЛЯЦИОННУЮ ФУНКЦИЮ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ В КРИОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	17
<b>Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В ЯДРЕ ${}^6Li$ .....	25
<b>Курбаниязов А.К., Сырлыбеккызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабулова А.</b> ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МОРСКОГО ТЕЧЕНИЯ И ТЕРМОХАЛИНОВОЙ СТРУКТУРЫ СРЕДНЕГО КАСПИЯ.....	33
<b>Мейрамбекұлы Н., Карибаев Б.А., Темирбаев А.А.</b> МНОГОДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА НА БАЗЕ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ АНИЗОТРОПНОГО ФРАКТАЛА ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ЗЕМЛИ.....	42
<b>Мусабек Г.К., Садыков Г.К., Бактыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В.</b> ФОТОЛЮМИНЦЕНТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОМЕТРИИ: КРЕМНИЙ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ.....	54

### ИНФОРМАТИКА

<b>Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О.</b> СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ ДЛЯ «КРЕДИТОВАНИЕ И ДЕПОЗИТЫ В БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЕ» В СРЕДЕ DELPHI.....	61
<b>Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылыкова А.</b> ТОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЗЫВОВ О ТОВАРАХ KASPI.....	68
<b>Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕКТОРОВ ЛИЦ HAAR, HOG, CNN.....	74
<b>Сейлова Н.А., Джурунтаев Д.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М.</b> ЦИФРОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛИС В СРЕДЕ САПР QUARTUSII.....	83
<b>Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А.</b> МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЧЕРНЫХ ЯЩИКОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	91
<b>Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С.</b> АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ХЕШ-ФУНКЦИЙ.....	100

### МАТЕМАТИКА

<b>Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б.</b> МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФОРМАЛИЗМ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СЕЧЕНИЯ УПРУГОГО $p^7Be$ -РАССЕЯНИЯ В РАМКАХ ТЕОРИИ ГЛАУБЕРА.....	111
<b>Адилова А.К., Жузбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е.</b> СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ КОМПОЗИТОВ..	119
<b>Иванов К.С., Тулекенова Т.Д.</b> ДИНАМИКА АДАПТИВНОГО ПРИВОДА СТЫКОВОЧНОГО МЕХАНИЗМА.....	131
<b>Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж.</b> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	137
<b>Оразбаев Б.Б., Жумадилаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.А., Xiao-Guang Yue</b> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА БЕНЗИНА УСТАНОВКИ ЛГ-35-11/300-95 НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА.....	145

## CONTENTS

### PHYSICS

<b>Abuova F., Inerbaev T., Abuova A., Kaptagay G., Merali N.</b> STRUCTURAL, ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF VANADIUM DOPED Mn <sub>2</sub> CoZ(Al/Ga).....	6
<b>Aldakulov Ye., Temirbek A.M., Muratov M.M., Moldabekov Z., Ramazanov T.S.</b> INFLUENCE OF THE NEUTRAL SHADOWING FORCE ON THE PAIR CORRELATION FUNCTION OF THE DUSTY PLASMA UNDER CRYOGENIC CONDITIONS.....	17
<b>Kalzhitov N., Vasilevsky V.S., Takibayev N. Zh., Kurmangaliyeva V.O.</b> A STUDY OF THE EFFECTS OF CLUSTER POLARIZATION IN THE 6Li NUCLEUS.....	25
<b>Kurbaniyazov A.K., Syrlybekkyzy S., Janaliyeva N.Sh., Akkenzheyeva A., Kabylova A.</b> DIRECT MEASUREMENT OF SEA CURRENTS AND THERMOHALINE STRUCTURE OF THE MIDDLE CASPIAN.....	33
<b>Meirambekuly N., Karibayev B.A., Temirbayev A.A.</b> MULTI-BAND ANTENNA BASED ON THE SECOND GENERATION OF ANISOTROPIC FRACTAL FOR SMALL REMOTE SENSING AND EARTH OBSERVING SPACECRAFTS.....	42
<b>Mussabek G.K., Sadykov G.K., Baktygeray S.Z., Zaderko A.N. Lisnyak V.V.</b> PHOTOLUMINESCENT NANOMATERIALS FOR THERMOMETRY: SILICON AND CARBON NANOPARTICLES.....	54

### COMPUTER SCIENCE

<b>Jussupbekova G.T., Zhidebayeva A.N., Iztayev Zh.D., Shaimerdenova G.S., Tastanbekova B.O.</b> CREATION OF AUTOMATED JOBS FOR "LOANS AND DEPOSITS IN THE BANKING SYSTEM" IN THE DELPHI ENVIRONMENT.....	61
<b>Yerassyl K., Akhmetov I, Jaxylykova A.</b> SENTIMENT ANALYSIS OF KASPI PRODUCT REVIEWS.....	68
<b>Maulenov K.S., Kudubaeva S.A.</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF FACE DETECTORS HAAR, HOG, CNN.....	74
<b>Seilova N.A., Dzhuruntaev D.Z., Mamyrbayev O.Zh., Batyrgaliev A.B., Turdalyuly M.</b> DIGITAL GENERATORS OF A PSEUDORANDOM PULSES SEQUENCE AND THEIR MODELING WITH USE OF FPGA IN THE ENVIRONMENT CAD QUARTUS II.....	83
<b>Symagulov A., Kuchin Ya., Yelis M., Zhumabayev A., Abdurazakov A.</b> METHODS FOR INTERPRETING MACHINE LEARNING BLACK BOXES AND THEIR APPLICATION TO DECISION SUPPORT SYSTEMS.....	91
<b>Ussatova O., Begimbayeva Ye., Nyssanbayeva S., Ussatov N.</b> ANALYSIS OF METHODS AND PRACTICAL APPLICATION OF HASH FUNCTIONS.....	100

### MATHEMATICS

<b>Abdramanova G.B., Imambek O., Belisarova F.B.</b> MATHEMATICAL FORMALISM FOR CALCULATIONS OF THE ELASTIC p <sub>7</sub> Be SCATTERING CROSS SECTION IN THE FRAMEWORK OF GLAUBER THEORY.....	111
<b>Adilova A.K., Zhuzbayev S.S., Akhmetzhanova S.E.</b> COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE AND PROBLEMS OF COMPOSITE MECHANICS.....	119
<b>Ivanov K.S., Tulekenova T.D.</b> DYNAMICS OF THE ADAPTIVE DRIVE OF THE DOCKING MECHANISM.....	131
<b>Israilova S., Mukhanova A., Satybaldiyeva A.</b> MODERN METHODS FOR EVALUATING BUSINESS PROCESSES OF AN ENTERPRISE USING A BALANCED SCORECARD.....	137
<b>Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Dyussekeyev K., Santeyeva S., Xiao-Guang Yue</b> DEVELOPMENT MATHEMATICAL MODELS OF PETROL REFORMING REACTORS OF THE LG-35-11 / 300-95 INSTALLATION BASED ON A SYSTEM APPROACH.....	145

**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](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://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 15.10.2021.

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

4,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.