

Журнал «Вестник Пермского университета. Физика» публикует новые экспериментальные и теоретические результаты исследований в области физики конденсированного состояния вещества, механики жидкости и газа, радиоспектроскопии и автоматизации физического эксперимента, отражающие сложившиеся на физическом факультете научные направления. В журнал принимаются оригинальные научные статьи, обзоры актуальных проблем и краткие сообщения на русском и английском языках, ранее не публиковавшиеся и не представленные для публикации в других изданиях. Материалы, поступающие в редакцию, проходят независимое рецензирование.

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**В. Я. Баянкин**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Ижевск, Физико-технический институт УрО РАН)  
**В. Б. Заметаев**, д.ф.-м.н., в.н.с. (Россия, Жуковский, Центральный аэрогидродинамический институт)  
**В. Г. Козлов**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, ПГПУ)  
**О. В. Коплак**, д.ф.-м.н., в.н.с. (Россия, Черноголовка, Институт проблем химической физики РАН)  
**И. Ю. Макарихин**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**А.И. Мизёв**, д.ф.-м.н., зав. лаб. (Россия, Пермь, Институт механики сплошных сред УрО РАН)  
**А. Микишев**, д-р. (США, Хантсвилль, Университет Сэм Хьюстона)  
**П. М. Муньоз**, д-р., проф. (Испания, Политехнический университет Валенсии)  
**А. Ф. Пшеничников**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, Институт механики сплошных сред УрО РАН)  
**Ю. Л. Райхер**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, Институт механики сплошных сред УрО РАН)  
**Б. Ру**, д-р., проф. (Франция, Марсель, Средиземноморский университет)  
**В. А. Саранин**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Глазовский государственный педагогический институт)  
**О. А. Скалдин**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Уфа, Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН)  
**Г. Суманасекера**, д-р., проф. (США, Луисвилль, Университет Луисвилля)  
**М.А. Шеремет**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Томск, НИ ТГУ)  
**П. Г. Фрик**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, Институт механики сплошных сред УрО РАН)  
**Г. Б. Фурман**, д-р., проф. (Израиль, Беэр-Шева, Университет Бен-Гурион)

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**В. А. Демин** (гл. ред.), д.ф.-м.н., доц. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**И. А. Бабушкин**, к.ф.-м.н., доц. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**А. Б. Вольтнев**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**И. В. Лунегов**, к.ф.-м.н., доц. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**Т. П. Любимова**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**С. О. Макаров**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**Б. Л. Смородин**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**В. К. Хеннер**, д.ф.-м.н., проф. (Россия, Пермь, ПГНИУ)  
**К. Б. Циберкин** (отв. секретарь), к.ф.-м.н. (Россия, Пермь, ПГНИУ)

Адрес учредителя, издателя и редакции: 614990, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15, ПГНИУ

Тел.: 8 (342) 239-62-27

email: [bulletin\\_physics@psu.ru](mailto:bulletin_physics@psu.ru), [bulletin.physics.psu@gmail.com](mailto:bulletin.physics.psu@gmail.com)

Издание включено в национальную информационно-аналитическую систему «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ). Издание включено в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по специальностям 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы; 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-66788 от 08 августа 2016 г.

© ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 2021

The journal "Bulletin of Perm University. Physics" is an open access journal publishes new experimental and theoretical results of recent researches in condensed matter physics, fluid dynamics, EPR, NMR and NQR spectroscopy, and experiment automation. It reflects the main research fields of the Physical faculty of Perm State University (Perm, Russia). The journal publishes original articles, reviews and brief communications that have not been previously published. The journal accepts papers have been written in Russian and English. All manuscripts are subject to single blind peer-review procedure by independent expert referees.

#### EDITORIAL COUNCIL

**V. Y. Bayankin**, D. Sc., Prof. (Russia, Izhevsk, Physical-Technical Institute, UB RAS)  
**P. G. Frick**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Institute of Continuous Media Mechanics, UB RAS)  
**G. B. Furman**, D. Sc., Prof. (Israel, Beersheba, Ben-Gurion University of the Negev)  
**O. V. Koplak**, D. Sc., Leading Researcher (Russia, Chernogolovka, Institute of Problems of Chemical Physics of RAS)  
**V. G. Kozlov**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Perm State Humanitarian-Pedagogical University)  
**I. Yu. Makarikhin**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**A. Mikishev**, D. Sc. (USA, Huntsville, Sam Houston State University)  
**A. I. Mizev**, D. Sc., Head of Laboratory (Russia, Perm, Institute of Continuous Media Mechanics UB RAS)  
**P. M. Munoz**, D. Sc., Prof. (Spain, Polytechnic University of Valencia)  
**A. F. Pshenichnikov**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Institute of Continuous Media Mechanics UB RAS)  
**Yu. L. Raikher**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Institute of Continuous Media Mechanics, UB RAS)  
**B. Roux**, D. Sc., Prof., (France, Marseilles, University of the Mediterranean Aix-Marseille)  
**V. A. Saranin**, D. Sc., Prof. (Russia, Glazov, Glazov State Pedagogical Institute)  
**M.A. Sheremet**, D. Sc., Prof. (Russia, Tomsk, Tomsk State University)  
**O. A. Skaldin**, D. Sc., Prof. (Russia, Ufa, Institute of Molecular and Crystals Physics RAS)  
**G. Sumanasekera**, D. Sc., Prof. (USA, Louisville, Louisville University)  
**V. B. Zametaev**, D. Sc. Leading Researcher (Russia, Zhukovsky, Central Aerohydrodynamic Institute)

#### EDITORIAL BOARD

**V. A. Demin**, D.Sc., Associate Prof. (Editor-in-Chief) (Russia, Perm, Perm State University)  
**I. A. Babushkin**, Ph.D., Associate Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**V. K. Henner**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**I. V. Lunegov**, Ph.D., Associate Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**T. P. Lyubimova**, D.Sc., Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**S. O. Makarov**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**B. L. Smorodin**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**A. B. Volyntsev**, D. Sc., Prof. (Russia, Perm, Perm State University)  
**K. B. Tsiberkin**, Ph.D. (Executive Secretary) (Russia, Perm, Perm State University)

**Editorial office:** Perm State University, Physical Faculty, Bukirev Street 15, Perm, 614990, Russia.

**email:** bulletin\_physics@psu.ru, bulletin.physics.psu@gmail.com

The journal is indexed by Russian Science Citation Index

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Искаков Б. А., Безноско Д., Жуков В. В., Садыков Т. Х., Салихов Н. М., Таутаев Е. М., Щепетов А. Л.</b> Геоакустическая эмиссия при прохождении через земную кору высокоэнергетических мюонов космического происхождения.....	<b>5</b>
<b>Салгаева У. О., Волынцев А. Б., Мушинский С. С.</b> Структура и физико-химические свойства приповерхностных слоев оптических материалов, модифицированных путем обработки в водородной плазме.....	<b>12</b>
<b>Кочубей А. Я., Тренингов И. А.</b> Анализ дифракции белого рентгеновского излучения на кристаллах методом Эвальда при определении угловых параметров кристаллической решётки.....	<b>40</b>
<b>Демин В. А., Петухов М. И., Пономарев Р. С., Топова А. В.</b> О роли анизотропии и нелинейных диффузионных эффектов при формировании волноводов в кристалле ниобата лития.....	<b>49</b>
<b>Володин И. В., Алабужев А. А.</b> Моделирование квазистационарного рельефа методом решеточных уравнений Больцмана.....	<b>59</b>
<b>Гизатуллин Р. Р., Пещеренко С. Н., Лыкова Н. А.</b> Моделирование охлаждения масла погружного электродвигателя с помощью теплообменника.....	<b>69</b>

# CONTENTS

<b>Iskakov B. A., Besnosko D., Zhukov V. V., Sadykov T. Kh., Salikhov N. M., Tautayev Y. M., Shepetov A. L.</b> Geoacoustic emission during the passage through the Earth's crust of high-energy cosmic ray muons.....	5
<b>Salgaeva U. O., Volyntsev A. B., Mushinsky S. S.</b> Structure, physical and chemical properties of near-surface layers of optical materials modified by treatment in hydrogen plasma.....	12
<b>Kochubey A. Ya., Treninkov I. A.</b> White X-ray radiation diffraction in crystals analysis by Ewald method in de-termining crystal lattice angular parameters.....	40
<b>Demin V. A., Petukhov M. I., Ponomarev R. S., Topova A. V.</b> On a role of anisotropy and nonlinear diffusive effects during the construction of waveguides in the lithium niobate.....	49
<b>Volodin I. V., Alabuzhev A. A.</b> Frozen wave simulation by the lattice Boltzmann method.....	59
<b>Gizatullin R. R., Peshcherenko S. N., Lykova N. A.</b> Simulation of oil cooling of a submersible motor using a heat exchanger.....	69