

ISSN 2312-4334

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

East European Journal of Physics

No 4. 2025

2025

East European Journal of Physics

EEJP is an international peer-reviewed journal devoted to experimental and theoretical research on the nuclear physics, cosmic rays and particles, high-energy physics, solid state physics, plasma physics, physics of charged particle beams, plasma electronics, radiation materials science, physics of thin films, condensed matter physics, functional materials and coatings, medical physics and physical technologies in an interdisciplinary context.

Published quarterly in hard copy and online by V.N. Karazin Kharkiv National University Publishing
ISSN 2312-4334 (Print), ISSN 2312-4539 (Online)

The editorial policy is to maintain the quality of published papers at the highest level by strict peer review.

Approved for publication by the Academic Council of the V.N. Karazin Kharkiv National University (24.11.2025, Protocol no. 30).

EEJP registered by the order of Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1643 of 28.12.2019, and included in the list of scientific professional editions of Ukraine (category "A", specialty: 104, 105), in which can be published results of dissertations for obtaining Ph.D. and Dr. Sci. degrees in physical and mathematical sciences.

The Journal is a part of the Web of Science Core Collection (ESCI) scientometric platform and indexed by SCOPUS.

Editor-in-Chief

Azarenkov M.O., *Academician of NAS of Ukraine, Professor, NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Kharkiv, Ukraine*

Deputy editor

Girka I.O., *Corresponding Member of NAS of Ukraine, Professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine*

Editorial Board

Barannik E.O., topic Editor: Medical Physics, D.Sc., Professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Bondarenko M.V., topic Editor: Atomic and Nuclear Physics, Dr. Sci., NASU National Science Center, Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine

Grekov D.L., topic Editor: Plasma Physics, D.Sc., NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine

Nurmagambetov A.Yu., topic Editor: Quantum field theory, Cosmology and Gravitation, D.Sc., Professor, NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine

Sokolenko V.I., topic Editor: Materials Science, D.Sc., NASU National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine

Yanovsky V.V., topic Editor: Hydrodynamics, Dr. Sci., Institute for Single Crystals, Nat. Academy of Science Ukraine, Kharkiv, Ukraine; V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Afanasev A.V., *D.Sc., George Washington University, Washington, District of Columbia, United States*

Beresnev V.M., *D.Sc., Professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

Bizyukov A.A., *D.Sc., Professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

Bragina L.L., *D.Sc., Professor, STU "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine*

Broda B., *D.Sc., University of Lodz, Poland*

Bulavin L.A., *Academician of NAS of Ukraine, Dr. Sci., Prof. Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine*

Dhruba Joyti Gogoi, *Assist. Professor (Adjunct), Theoretical Physics Division, Centre for Atmospheric Studies Dibrugarh University, Dibrugarh, Assam, India; Assist. Professor, Department of Physics, Moran College, Moranhat, Charaideo, Assam, India*

Dragovich B.G., *D.Sc., University of Belgrade, Serbia*

Duplij S.A., *D.Sc., Center für Information Technology (ZIV), Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Germany*

Garkusha I.E., *Academician of NAS of Ukraine, NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Karnaukhov I.M., *Academician of NAS of Ukraine, NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Korchin A.Yu., *Academician of NAS of Ukraine, NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Kryshtal O.P., *Dr. hab., AGH University of Science and Technology in Kraków, Poland*

Lazurik V.T., *D.Sc., Professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

Lytovchenko S.V., *D.Sc., Professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

Maliyov I. L., *Ph.D. Postdoctoral Researcher at Caltech, Pasadena, California, United States*

Maslov V.I., *D.Sc., Professor, DESY Hamburg, Germany; NASU National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Mel'nik V.N., *D.Sc., Institute of Radio Astronomy, Kharkiv, Ukraine*

Merenkov N.P., *D.Sc., NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Noterdaeme J.-M., *D.Sc., Max Planck Institute for Plasma Physics, Garching, Germany*

Ostrikov K.N., *D.Sc., Plasma Nanoscience Centre, Australia, Clayton, Australia*

Pershin Yu.V., *D.Sc., University of South Carolina, Columbia, USA*

Pilipenko M.M., *D.Sc. in Technical Sciences, NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Radinschi I., *D.Sc., Gheorghe Asachi Technical University, Iasi, Romania*

Slipek V. A., *Institute of Physics, Opole University, Opole, Poland*

Slyusarenko Yu.V., *Academician of NAS of Ukraine, NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Smolyakov A.I., *University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada*

Sorokin D.P., *D.Sc., Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Italy*

Styevoyedov A.M., *D.Sc., Max Planck Institute of Microstructure Physics, Halle, Germany*

Tkachenko V.I., *D.Sc., NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Ukraine*

Executive Secretary

Hirnyk S.A., *Ph.D., V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine*

Editorial office

Department of Physics and Technologies, V.N. Karazin Kharkiv National University

Kurchatov av., 31, office 402, Kharkiv, 61108, Ukraine

Tel: +38-057-335-18-33,

E-mail: eejp@karazin.ua,

Web-pages: <http://periodicals.karazin.ua/eejp> (Open Journal System)

Media identifier in the Register of the Field of Media Entities: R30-04470 (Decision № 1538 dated May 9, 2024 of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine, Protocol № 15)

Східно-європейський фізичний журнал

Східно-європейський фізичний журнал – міжнародний рецензований журнал, присвячений експериментальним і теоретичним дослідженням ядерної фізики, космічних променів і частинок, фізики високих енергій, фізики твердого тіла, фізики плазми, фізики пучків заряджених частинок, плазмової електроніки, радіаційного матеріалознавства, фізики тонких плівок, фізики конденсованої речовини, функціональних матеріалів та покриттів, медичної фізики та фізичних технологій у міждисциплінарному контексті.

Видається щоквартально в друкованому вигляді та в Інтернеті видавництвом Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
ISSN 2312-4334 (Друкована версія), ISSN 2312-4539 (Онлайн)

Редакційна політика полягає у підтриманні якості опублікованих статей на найвищому рівні шляхом суворої експертної оцінки.

Схвалено до друку Вченою радою Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна (24.11.2025 р., Протокол № 30).

Східно-європейський фізичний журнал зареєстровано наказом Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019 та включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «А», спеціальність: 104, 105), у яких може публікуватися результати дисертацій на здобуття ступенів кандидата та доктора фізико-математичних наук.

Журнал є частиною наукометричної платформи Web of Science Core Collection (ESCI) і індексується SCOPUS.

Головний редактор

Азаренков Н.А., академік НАН України, професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Заступник редактора

Гірка І.О., член-кореспондент НАН України, професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Editorial Board

Баранник Є.О., тематичний редактор: медична фізика, д.ф.-м.н., професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна
Афанасьєв А.В., д.ф.-м.н., Університет Джорджа Вашингтона, Вашингтон, округ Колумбія, США

Бондаренко М., тематичний редактор: атомна та ядерна фізика, д.ф.-м.н., Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут", НАН України, Україна

Греков Д.Л., тематичний редактор: фізика плазми, д.ф.-м.н., ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, Україна, НАН України

Нурмагамбетов А.Ю., тематичний редактор: квантова теорія поля, космологія та гравітація, д.ф.-м.н., професор, ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, Україна

Соколенко В.І., тематичний редактор: матеріалознавство, д.ф.-м.н., Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут", НАН України, Україна

Яновський В.В., тематичний редактор: гідродинаміка, професор, д.ф.-м.н., Інститут монокристалів НАН України, Україна

Береснев В.М., д.ф.-м.н., професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Бізоков А.А., д.ф.-м.н., професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Брагіна Л.Л., д.ф.-м.н., професор, ДТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна

Брода Б., д.ф.-м.н., Лодзинський університет, Польща

Булавін Л.А., академік НАНУ, доктор ф.-м. наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

Драгович Б.Г., д.ф.-м.н., Белградський університет, Сербія

Дуплій С.А., д.ф.-м.н., Центр інформаційних технологій (ZIV), Університет Мюнстера, Мюнстер, Німеччина

Гаркуша І.Є., член-кореспондент НАН України, ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

Гогой Д.Д., доцент (ad'юнкт), Відділ теоретичної фізики, Центр атмосферних досліджень Дібругарського університету, Дібругарх, Ассам, Індія;
доцент кафедри фізики, коледже Моран, Моранхат, Чарайдео, Ассам, Індія

Карнаухов І.М., академік НАН України, ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, Україна

Корчин А.Ю., академік НАН України, ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

Кришталь О.П., доктор habilit., Науково-технічний університет AGH у Кракові, Польща

Лазурик В.Т., д.ф.-м.н., професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Литовченко С.В., д.т.н., наук, професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Малійов І.І., PhD, постдокторант, науковий співробітник Каліфорнійського технологічного інституту, Пасадена, США

Маслов В.І., професор, д.ф.-м.н., ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

Мельник В.Н., д.ф.-м.н., Інститут радіоастрономії, Харків, Україна

Меренков Н.П., д.ф.-м.н., ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

Нотердам Ж.-М., доктор наук, Інститут фізики плазми Макса Планка, Гархінг, Німеччина

Остріков К.Н., д.ф.-м.н., Центр нанонауки плазми, Австралія, Клейтон, Австралія

Першин Ю.В., д.ф.-м.н., Університет Південної Кароліни, Колумбія, США

Сліпко В.А., Інститут фізики, Опольський університет, Ополь, Польща

Сорокін Д.П., д.ф.-м.н., Національний інститут ядерної фізики, Італія

Стервоєдов А.М., д.ф.-м.н., Інститут фізики мікроструктури Макса Планка, Галле, Німеччина

Пилипенко М.М., д.т.н., ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

Радінчі І., д.ф.-м.н., Технічний університет Георга Асачі, Ясси, Румунія

Слюсаренко Ю.В., академік НАН України, ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

Смоляков А.І., Саскачеванський університет, Саскатун, Канада

Ткаченко В.І., д.ф.-м.н., ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, НАН України

Відповідальний секретар

Гірик С.А., к.ф.-м.н., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Редакція

Науково-навчальний інститут «ФФ», Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

пр. Курчатова, 31, офіс 402, Харків, 61108, Україна

Тел: +38-057-335-18-33,

Електронна пошта: eejp@karazin.ua,

Веб-сторінка: <http://periodicals.karazin.ua/eejp> (система журналів з відкритим доступом)

Ідентифікатор медіа у Реєстрі суб'єктів у сфері медіа: R30-04470 (Рішення № 1538 від 09.05.2024 р Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення. Протокол № 15)