

Міністерство освіти і науки України  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»



Серія  
**Фізика**

Series  
**Physics**

Випуск  
Issue **46**

**2019**

Журнал засновано у 1997 році та видається за рішенням  
Редакційно-видавничої ради Ужгородського національного  
університету

Ужгород – 2019

Ministry of Education and Science of Ukraine  
State University «Uzhhorod National University»



Серія  
**Фізика**

Series  
**Physics**

Випуск  
Issue **46**

**2019**

The journal was founded in 1997 and is published by  
the Publishing Council of Uzhhorod National University

Uzhhorod – 2019

DOI: 10.24144/2415-8038.2019.46

УДК 53 (08)

**Засновником журналу «Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика» є ДВНЗ «Ужгородський національний університет», фізичний факультет та Закарпатське фізичне товариство**

Журнал включено в Перелік наукових фахових видань України.

Категорія: Б. Науки: фізико-математичні. Спеціальності: 104 – Фізика та астрономія, 105 – Прикладна фізика та наноматеріали  
(Наказ МОН від 11.07.2019 № 975)

### **Редакційна колегія:**

Професор, д.ф.-м.н. В. Різак (головний редактор), професор, д.ф.-м.н. П. Пуга (заступник головного редактора), доцент, к.ф.-м.н. Н. Попович (відповідальний секретар), професор, д.ф.-м.н., член-кор. НАН України Ю. Височанський, професори, д.ф.-м.н. В. Лазур, І. Небола, О. Сливка, І. Студеняк, І. Шафраньош, доценти, к.ф.-м.н. П. Гуранич, М. Карбованець (Ужгородський національний університет), професор, д.ф.-м.н., академік НАН України О. Шпеник (ІЕФ НАН України, м. Ужгород), професори, д.ф.-м.н. Ю. Баніс (Вільнюський університет), М. Зубек (Політехнічний університет, Гданськ, Польща), П. Копчанський (Інститут експериментальної фізики Словацької АН, м. Кошіце), О. Фегер (Інститут фізики, Кошіцький університет ім. Шафарика, Словаччина), В. Матолін (Карлів університет у Празі, Чехія), М. Краньчен (Університет Норд, Вараджін, Хорватія), А. Олега (Університет країни Басків, м.Більбао, Іспанія), к.ф.-м.н. М. Вереш (Інститут фізики твердого тіла і оптики Вігнеровського фізичного дослідного центру Угорської академії наук, м. Будапешт), М. Гайфулін (Університет Лафборо, Велика Британія), Д.Орлов (Лундський університет, Швеція), Ю. Пігош (Токійський університет, Японія), В. Новосад (Аргонська національна лабораторія, США).

Відповідальний за випуск – к.ф.-м.н., доц. Попович Н.І.

Редакція – Буковецький В.І., Попович Н.І.

Тематика журналу «Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика» охоплює: *фізику конденсованих систем, ядерну фізику, атомну та молекулярну фізику, теорію поля та фізику елементарних частинок, астрофізику, фізичну електроніку, прикладну фізику, фізико-технологічні проблеми забезпечення інформаційної безпеки, міждисциплінарну фізику та суміжні галузі науки, техніки, історії фізики, хроніку, персоналії та бібліографію.*

**Рекомендовано до друку Вченою Радою ДВНЗ «Ужгородський національний університет», протокол № 12 від 19 грудня 2019 р.**

### **Адреса редакції:**

Фізичний факультет УжНУ  
вул. Волошина, 54, Ужгород, 88000  
Тел. (факс): (03122) 3-20-24  
e-mail: visnykuzhnufizyka@gmail.com

Електронна версія: <http://fizyka-visnyk.uzhnu.edu.ua/>

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації Серія КВ № 7972, видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення від 09.10.2003 року  
ISSN: 2415-8038

**DOI: 10.24144/2415-8038201946**

УДК 53 (08)

**The journal «Scientific Herald of Uzhhorod University. Series «Physics» is founded by Faculty of Physics, State University «Uzhhorod National University» and Transcarpathian Physical Society**

The journal is included in the List of Scientific Professional Species of Ukraine.  
Category: B. Branch of Sciences: Physics and Mathematics. Specialty: 104 – Physics and Astronomy,  
105 – Applied Physics and Nanomaterials  
(Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine from July 11<sup>th</sup>, 2019 No. 975)

### **Editorial board:**

Professor Vasyl Rizak (Editor-in-Chief), Professor P. Puha (Deputy Editor-in-Chief), Associate Professor N. Popovich (Executive Secretary), Professors Yu. Vysochanskyi , V. Lazur , I. Nebola , O. Slyvka , I. Studeniak , I. Shafranyosh , Associate Professor P. Guranich, M. Karbovanets (Uzhhorod National University), Academician of Ukrainian National Academy of Science, Professor O. Shpenyk, (Institute of Electron Physics of Ukrainian National Academy of Science, Uzhhorod), Professors J. Banys (Vilnius University), M. Zubek (Gdańsk University of Technology, Poland), P. Kopchans'kyi (Institute of Experimental Physics of Slovak Academy of Science, Košice), V. Matolin (Charles University, Prague, Czech Republic), A. Feher (Pavol Jozef Šafárik in Košice, Slovak Republic), A. Oleaga (University of the Basque Country (UPV/EHU), Bilbao, Spain), M. Kranjčec (University North, Varaždin, Croatia), Associate Professor M. Veres (Institute for Solid State Physics and Optics, Wigner Research Centre for Physics of the H.A.S., Budapest, Hungary), Dr. M. Gaifullin (Loughborough University, United Kingdom), Prof. D. Orlov (Lund University, Sweden), PhD Yu. Pihosh (The University of Tokyo, Japan), Senior Scientist V. Novosad (Argonne National Laboratory, USA).

Editorial notes by PhD N.I. Popovich

The journal «Scientific Herald of Uzhhorod University. Series «Physics» covers the topics:  
*condensed matter physics, nuclear physics, atomic and molecular physics, field theory and elementary-particle physics, astrophysics, physical electronics, applied physics, interdisciplinary physics and adjacent fields of physics, engineering, history of physics, chronicles, famous personalities and bibliography.*

**Recommended to publication by the Scientific Council of the SU «Uzhhorod National University», record No. 12 from December 19<sup>th</sup> 2019**

### **The address of editorial board:**

Faculty of Physics, Uzhhorod National University  
Voloshyn Str. 54, Uzhhorod, 88000, Ukraine,  
Phone. (fax): (03122) 3-20-24  
e-mail: visnykuzhnufizyka@gmail.com

Electronic version: <http://fizyka-visnyk.uzhnu.edu.ua/>

Certificate of State Registration of Printed Mass Media, Series KV № 7972, issued by the State Committee of Radio and TV, November 9<sup>th</sup>, 2003  
ISSN: 2415-8038

© SU «Uzhhorod National University», 2019