ISSN 1024-588X (Print)
ISSN 2078-7669 (Online)

# ВІСНИК ЛЬВІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

## Серія фізична

*Випуск 62*

2025

ВІСНИК ЛЬВІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ Серія фізична. Випуск 62

# VISNYK OF THE LVIV UNIVERSITY

**Series Physics**

**Issue 62**

Scientific journal

Published 1–2 issue per year

***Published since 1962***

# ВІСНИК ЛЬВІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

**Серія фізична**

**Випуск 62**

Збірник наукових праць

Виходить 1–2 рази на рік

***Видається з 1962 року***

**Ivan Franko National University of Lviv**

**Львівський національний університет імені Івана Франка**

**2025**

ЗАСНОВНИК: ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Друкується за ухвалою Вченої ради від 25 червня 2026 року, протокол № 10/6 Львівського національного університету імені Івана Франка

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1877 від 30.05.2024 р. Ідентифікатор R30-04905
Включено до Переліку наукових фахових видань України. Категорія «Б». Наказ Міністерства освіти і науки України № 886 від 02.07.2020, № 1188 від 24.09.2020

У Віснику Львівського університету. Серія фізична опубліковано статті з актуальних проблем теоретичної фізики, матеріалознавства, фізики конденсованих систем, нанофізики, фізики пучків заряджених частинок, астрономії та астрофізики.
Papers on current problems in theoretical physics, material science, metal physics, semiconductors, and insulators are published in the Visnyk LNU.

**Редакційна колегія:**
проф. *П. Якібчук* (головний редактор), проф. *М. Ваврух* (заступник головного редактора, теоретична фізика), проф. *А. Волошиновський* (заступник головного редактора, эксперим. фізика), проф. *С. Мудрий*, проф. *В. Ткачук*, проф. *В. Капустяник*, проф. *П. Костробій*, чл.-кор. НАН України *Б. Новосядлий*, проф. *В. Стадник*, проф. *І. Щерба*, проф. *І. Болеста*, проф. *І. Штаблавий*, проф. *Р. Брезвін*, проф. *Т. Демків*, проф. *Х. Гнатенко*, проф. *І. Оленич*, проф. *І. Карбовник*, проф. *А. Лучечко*, д-р фіз.-мат. наук, *О. Петрук*, д-р фіз.-мат. наук *Б. Мелех*, доц. *Я. Чорнодольський*, доц. *О. Бовгира*, доц. *А. Королишин*, доц. *А. Кашуба*, проф. *М. Кірм*, проф. *Я. Рибіцкі*,проф. *А. Сухоцкі*

Prof. *P. Yakibchuk* (Editor-in-Chief), Prof. *M. Vavrukh* (Assistant Editor), Prof. *A. Voloshinovskii* (Assistant Editor), Prof. *S. Mudryi*, Prof. *V. Tkachuk*, Prof. *V. Kapustyanyk*, Prof. *P. Kostrobiy*, Corr. member. NAS of Ukraine *B. Novosyadlyi*, Prof. *V. Stadnyk*, Prof. *I. Scherba*, Prof. *I. Bolesta*, Prof. *I. Shtablavyi*, Prof. *R. Brezvin*, Prof. *T. Demkiv*, Prof. *Kh. Gnatenko*, Prof. *I. Olenych*, Prof. *I. Karbovnyk*, Prof. *A. Luchechko*, Dr. Sci. *O. Petruk*, Dr. Sci. *B. Melekh*, Assoc. Prof. *Ya. Chornodolskyy*, Assoc. Prof. *O. Bovgyra*, Assoc. Prof. *A. Korolyshyn*, Assoc. Prof. *A. Kashuba*, Prof. *M. Kirm*, Prof. *J. Rybicki*, Prof. *A. Suchocki*

Відповідальний за випуск *Н. Фтомин*

**Адреса редакційної колегії:**
Львівський національний університет імені Івана Франка,
фізичний факультет,
вул. Кирила і Мефодія, 8, Львів, 79005
тел.(032) 239-45-00, 239-44-29

**Editorial office address:**
Ivan Franko National University of Lviv,
Faculty of Physics,
8, Kyryla and Mefodiya Str.,
UA-79005 Lviv, Ukraine
tel. +380(32) 239-45-00, 239-44-29

e-mail: visnyk.lnu@gmail.com
https://physics.lnu.edu.ua/research/our-publisher

Редактор: Н. Плиса
Комп'ютерна верстка: Н. Фтомин

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ, ВИДАВЦЯ І ВИГОТОВЛЮВАЧА:
Львівський національний університет імені Івана Франка,
*вул. Університетська, 1, 79000 Львів, Україна*.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції. Серія ДК № 3059 від 13.12.2007 р.

Формат 70x100/16.
Ум. друк. арк. 11,45.
Тираж 50 прим. Зам.
Дата виходу у світ 25.06.2026 р.

© Львівський національний університет імені Івана Франка, 2025

## ЗМІСТ

*Н. Гаврилова, Д. Дзіковський, Б. Мелех.* Метод фотойонізаційного аналізу результатів гідродинамічних симуляцій еволюції планетарної туманності HuBi 1 . . . . . 3
*М. Ваврух, Д. Дзіковський, О. Стельмах.* Температурно-концентраційна залежність коефіцієнта поглинання у водневих лініях зоряних спектрів . 10
*Р. Колесник, В. Ткачук.* Заплутаність спіну $S = 1$ у графовому стані з взаємодією Ізінга . . . . . 31
*М. Кириченко, М. Рудиш.* Вплив домішок на нелінійно-оптичні властивості стекол системи $GeS_2$-$As_2S_3$-$Er_2S_3$ . . . . . 43
*М. Лебедева, А. Лінкова.* Експериментальне дослідження утворення шийкив ході пластичної деформації зразків сплаву системи Cu-Cr-Zr, продеформованих до зруйнування одновісним розтягуванням в інтервалі температур 25–350°C . . . . . 54
*М. Качмар, Х. Гнатенко.* Квантові обчислення швидкості еволюції квантових станів системи двох спінів з XY взаємодією . . . . . 67
*В. Стадник, Б. Андрієвський, І. Пришко, В. Вишневський, Н. Фтомин, І. Новосад.* Терагерцова спектроскопія кристалів сульфату рубідію . . . . . 75
*Я. Берко, А. Лучечко.* Визначення параметрів рідин на основі спільної еквівалентної схеми заміщення методом безконтактної електричної імпедансної спектроскопії . . . . . 88
*І. Семків, М. Соловйов.* Теоретичні розрахунки взаємодії світла з наночастинками CdTe . . . . . 109
*Н. Українець, А. Кашуба.* Енергетичні властивості нестехіометричних кластерів ZnTe . . . . . 120
*Л. Соляник, С. Лисенко, С. Ліненко.* Квантово-хімічні основи функціональності $LiNbO_3$ у фотонних криптосистемах як засіб забезпечення кібербезпеки . . . . . 129

## CONTENTS

*N. Havrylova, D. Dzikovskyi, B. Melekh.* Method of fotoionization analysis of the hydrodynamic simulations results of planetary nebula HuBi 1 evolution . 3
*M. Vavrukh, D. Dzikovskyi, O. Stelmakh.* The temperature-density dependence of the absorption coefficient in hydrogen lines of stellar spectra . . . . . 10
*R. Kolesnyk, V. Tkachuk.* Spin entanglement of $S = 1$ in a graph state with Ising interaction . . . . . 31
*M. Kyrychenko, M. Rudysh.* The influence of impurities on the non-linear optical properties of glasses of the $GeS_2$-$As_2S_3$-$Er_2S_3$ system . . . . . 43
*M. Lebedieva, A. Linkova.* Experimental study of neck formation duringthe plastic deformation of Cu-Cr-Zr alloy samplesdeformed to failure under uniaxial tension in the temperature range of 25-350°C. . . . . 54
*M. Kachmar, Kh. Gnatenko.* Quantum calculations of the speed of evolution of quantum states of a two-spin system with XY interaction . . . . . 67
*V. Stadnyk, B. Andriyevsky, I. Pryshko, V. Vyshnevskyi, N. Ftomyn, I. Novosad.* Terahertz spectroscopy of rubidium sulfate crystals . . . . . 75
*Ya. Berko, A. Luchechko.* Determination of fluid parameters on the basis of a common equivalent substitution scheme by non-contact electrical impedance spectroscopy . . . . . 88
*I. Semkiv, M. Solovyov.* Theoretical calculations of the light interaction with the CdTe nanoparticles . . . . . 109
*N. Ukrainets, A. Kashuba.* Energy properties of non-stoichiometric of ZnTe clusters 120
*L. Solianyk, S. Lysenko, S. Linenko.* Quantum-chemical insights into $LiNbO_3$ functionality for photonic cryptosystems . . . . . 129