

Львівський національний університет імені Івана Франка

Фізичний факультет

## Звіт про наукову роботу за 2022 р.



Львів – 2022

**Звіт**  
**про наукову роботу фізичного факультету у 2022 році**

1 Досягнення провідних наукових шкіл за звітний рік.

**Теоретична фізика**

У загальному випадку деформованої алгебри Гейзенберга з мінімальною довжиною запропоновано визначення потенціалу  $\delta'(x)$  як лінійного ядра оператора потенціальної енергії в імпульсному зображенні. Знайдені точні вирази для енергетичного рівня та відповідної власної функції для потенціалів  $\delta'(x)$  та  $\delta(x) - \delta'(x)$  у загальному випадку деформованого простору. Проаналізовано енергетичний спектр для різних часткових випадків функції деформації.

Побудовано моделі двох частинок у часопросторі де Сіттера з часо-асиметричними спізеновипередними електромагнетною, скалярною та іншими взаємодіями. Запропоновано явно коваріантний опис моделей в рамках лагранжевого та гамільтонового формалізмів з в'язями, і розвинено техніку проєкційних операторів для інтегрування рівнянь руху у квадратурах. Розглянено питання про виведення сили реакції випромінювання у просторі де Сіттера. Спираючись на густину квантових станів електронів отримано квантову ємність в графеновому шарі. Знайдено вплив цієї ємності на накопичення енергії в конденсаторах, що складаються із графенових нанотрубок. Показано, що низька квантова ємність збільшує накопичення енергії в таких конденсаторах.

Побудовано теорію квантованого простору з мінімальними довжиною та імпульсом, яка узгоджується з фундаментальними законами та принципами, а саме зі збереженим слабким принципом еквівалентності, законом збереження енергії, симетрійними принципами.

Досліджено заплутаність між спінами, що розміщені у ромбічному кластері. Вивчено вплив спінів Ізінга на заплутаність між поперечними спінами, взаємодія між якими описується моделлю Гайзенберга. На комп'ютері `ibmq-santiago` визначено еволюцію середнього значення спіну 1 в магнітному полі, а також кореляції між двома спінами 1, взаємодія між якими описується моделлю Ізінга.

В рамках скалярно-тензорної теорії гравітації типу Горндескі отримано нові розв'язки, які репрезентують чорні діри зі статичними та залежними від часу скалярними полями, деякі зі знайдених розв'язків можна трактувати як узагальнення раніше отриманих в літературі розв'язків. Для отриманих розв'язків зі статичним скалярним полем досліджено термодинаміку даних чорних дір.

Проаналізовано властивості основного стану розрідженого D-вимірною бозе-газу, що взаємодіє з кількома статичними домішками. Досліджено потенціали індукованої взаємодії між двома статичними домішками в дво- та тривимірному випадках.

Розраховано фугативність, енергію та теплоємність одновимірною ідеального бозе-газу, захопленого крутим потенціалом експоненціального типу для різних комбінацій параметрів потенціалу та кількості частинок  $N$ . Розглянуто як термодинамічну границю, так і випадок скінченних  $N$ . Оцінки для асимптотики одночастинкового спектра отримано в аналітичній формі з використанням  $W$ -функції Ламберта. У термодинамічній границі передбачено конденсацію Бозе-Айнштейна для певних параметрів потенціалу.

Дробову неадитивну статистику Поліхронакоса застосовано як наближену модель двох фізичних систем. Значення параметрів статистики пов'язано з властивостями модельованих систем через віріальне розвинення. Для двовимірною фермі-газу з контактними взаємодіями досягнуто точності до третього віріального коефіцієнта. Для неабелевих еніонів із м'якою серцевиною змодельовано другий віріальний коефіцієнта.

Проведено переформулювання задачі розсіяння на потенціальному бар'єрі в термінах квантовомеханічного хвильового імпедансу, зроблено порівняння з класичними підходами до цієї задачі.

## Фізика твердого тіла

На кафедрі фізики твердого тіла розвивається новий науковий напрям «Оптичні і електрофізичні властивості наноструктурованих матеріалів, сцинтиляторів і кристалічних фероїків» під керівництвом проф. Капустяника В. Б.

Викладачі і науковці кафедри мають багаторічний досвід роботи і є провідними спеціалістами в області створення тонкоплівкових люмінесцентних систем, володіють знаннями в області фізики механізмів передачі енергії збудження, електронного транспорту, рекомбінаційних процесів, природи і структури центрів свічення в люмінофорах, природи фазових переходів у фероїках, нелінійно-оптичних явищ.

За останній рік цей досвід істотно доповнений освоєними новими технологіями отримання і методами дослідження оптико-спектральних і електрофізичних параметрів наноструктурованих напівпровідників, нелінійно-оптичних матеріалів і мультифероїків.

Активна експлуатація співробітниками кафедри в рамках діяльності Науково-навчального центру «Фрактал» зондового мікроскопа «SolverPro P47-PRO», растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора «РЕММА-102-02» та гелієвого рефрижератора замкнутого циклу стали основою для дослідження різних матеріалів, насамперед наноструктурованих, науковцями усіх природничих факультетів і підрозділів Університету та інших вищих навчальних закладів і наукових установ України та за кордоном.

Розроблені нові технології отримання систем різної розмірності, в тім числі, монокристалів, мікро- і нанокомпозитів, а також удосконалено наявні та розроблені в попередніх проектах технології синтезу таких матеріалів. Отримано зразки матеріалів для сенсорики, відновлюваної енергетики і функціональної електроніки з оптимальними сцинтиляційними, магнітними, електрофізичними властивостями, механічною і термічною стійкістю. Створено експериментальні зразки: елементів сенсорів зі спрощеною технологією виготовлення порівняно з промисловими зразками; нові, дешеві ефективні сцинтилятори для криогенних датчиків іонізаційного випромінювання. Виявлено нові типи фероїків та реалізовано способи інженерії нових мультифероїків з оптимальними магнітними, сегнетоелектричними і магнітоелектричними характеристиками, а також більш досконалих підкладок на основі нітриду галію для застосування у силовій та високочастотній електроніці. Розроблено теоретичні моделі природи фазових переходів та нових явищ і ефектів, зокрема, фотовольтаїчного ефекту у фероїках або перехресних ефектів у мультифероїках, та релаксації електронних збуджень в сцинтиляторах.

Вперше досліджено температурну еволюцію спектрів поглинання тонкої плівки  $\text{Alq}_3$ , отриманої методом вакуумного термічного випаровування, в інтервалі 16–320 К. Пористу пластину з  $\text{ZnO}$  з мікро- та наноелементами структури поверхні отримано спіканням металевого порошку цинку, охарактеризовано та випробувано на фотодеградацію модельного органічного барвника (метилоранжу) у воді. Отриманий фотокаталізатор мав високу каталітичну активність, легко відділявся від розчину та зберігав свою цілісність після багаторазових експериментів, що важливо для комерційного використання. Досліджено залежність фотокаталітичних властивостей плівок  $\text{ZnO}$  від концентрації домішки ітрію.

Продовжувалися дослідження в галузі розробки ефективних сцинтиляторів для реєстрації рідкісних подій. Виявлені нові чутливі сцинтиляційні матеріали, зокрема кристали  $\text{CsPbBr}_3$ , які належать до класу неорганічних перовскітів.

Продовжується розвиток нового наукового напрямку – пошуку нових фотовольтаїчних матеріалів, зокрема, було створено установку для вимірювання фотовольтаїчних властивостей сегнетоелектриків.

В наукових лабораторіях кафедри фізики твердого тіла працюють 1 доктор фіз.-мат. наук та 8 канд. фіз.-мат. наук. У звітному періоді викладачі кафедри працювали: науковими керівниками (проф. Капустяник В.Б., доц. Турко Б.І.) і співвиконавцями по різних держбюджетних темах та колективних грантах.

## 2 Держбюджетні теми

**Фз-08 Ф** «Трансформація оптико-електронних параметрів і структура нових кристалічних матеріалів для сенсорної техніки та оптоелектроніки».

**Науковий керівник** – Стадник Василь Йосифович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри загальної фізики.

**Номер держреєстрації** – № 0120U102320.

**Термін виконання** – 1.05.2020 – 31.12.2022

**Штатні працівники:** 1 н.с. (к.ф.-м.н.);

**Сумісники:** 1 гол.н.с. (проф., д.ф.-м.н.), 1 пров.н.с. (проф., д.ф.-м.н.), 1 ст.н.с. (проф., д.ф.-м.н.), 1 ст.н.с. (доц., к.ф.-м.н.).

### 2.1 Резюме

Синтезовано кристали  $\text{LiNH}_4\text{SO}_4$  з домішкою марганцю,  $\text{LiNaSO}_4$  і  $\text{Rb}_2\text{SO}_4$ , уточнено їх структуру, координати атомів та параметри елементарної ґратки. Встановлено, що введення домішки спричиняє: зменшення об'єму елементарної ґратки (менші за атомним радіусом атоми Mn частково заміщують атоми Li); зміну абсолютних значень коефіцієнтів термічного розширення, без суттєвої зміни характеру їх температурної поведінки; зміщення фазового переходу у бік нижчих температур, що спричинене внутрішніми напруженнями, які виникають при введенні домішки іншого атомного радіусу. Проведено оптимізацію кристалічних структур та розрахунок зонно-енергетичних структур досліджуваних кристалів. Встановлено, що заборонена зона кристалів є прямого типу і відповідає оптичним переходам у точці  $\Gamma$ , центрі зони Бриллюена. Досліджено вплив одновісних тисків вздовж головних кристалофізичних напрямків на спектральні залежності двопроменезаломлення кристалів сульфату калію з домішкою іонів міді; встановлено, що пружнооптичний ефект в домішкових кристалах сульфату калію є значним (значення пружнооптичних коефіцієнтів знаходяться в межах від 0.20 до 0.30); оцінено акустооптичну ефективність та показано, що максимальні значення коефіцієнта акустооптичної взаємодії є дуже високими, що дозволяє їх використовувати для акустооптичної модуляції ультрафіолетового випромінювання.

Crystals of  $\text{LiNH}_4\text{SO}_4$  with manganese impurity,  $\text{LiNaSO}_4$  and  $\text{Rb}_2\text{SO}_4$  were synthesized, their structure, atomic coordinates and parameters of unit cells were clarified. It was established that the introduction of the impurity causes: a decrease in the volume of the elementary cell (Mn atoms smaller in atomic radius partially replace Li atoms); a change in the absolute values of the thermal expansion coefficients, without a significant change in the nature of their temperature behavior; a shift of the phase transition towards lower temperatures, which is caused by internal stresses that arise when an impurity of a different atomic radius is introduced. The optimization of crystal structures and the calculation of band-energy structures of the specified crystals were carried out. It was established that band gap of crystals is of the direct type and corresponds to optical transitions at point  $\Gamma$ , the center of the Brillouin zone. The influence of uniaxial pressures along the main crystal physical directions on the  $n_i$  spectral dependences of potassium sulfate crystals with an admixture of copper ions was studied; it was established that the elasto-optical effect in impurity-doped crystals of potassium sulfate is significant (the values of the elasto-optical coefficients range from 0.20 to 0.30); the acousto-optic efficiency was estimated and it was shown that the maximum values of the acousto-optic interaction coefficient are very high, which allows these crystals to be used for acousto-optic modulation of ultraviolet radiation.

### 2.2. Захищені дисертації співробітниками, докторантами та аспірантами (назва, ПІБ);

Захищено дисертацію аспірантами:

Аспірант 4-го року навчання **Матвій Р. Б.** захистив дисертацію «Вплив домішок на оптико-електронні параметри діелектричних кристалів групи сульфатів» (спеціальність 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»), Львів, 22 грудня 2021 р.

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях:

За звітний рік опубліковано 1 монографію, 7 статей (з них 6 статті у Scopus), 12 тез доповідей.

**ФТ-16П** «Новітні монокристалічні, композитні і низькорозмірні матеріали на основі фероїків, широкозонних напівпровідників і діелектриків» № д/р 0121U109624, 2021 – 2022 (наук. керівник, проф., д. ф-м. н. Капустяник В. Б.)

### **2.1. Резюме**

Розроблені нові технології отримання систем різної розмірності, в тім числі, монокристалів, мікро- і нанокомпозитів, а також удосконалено наявні та розроблені в попередніх проектах технології синтезу таких матеріалів. Отримано зразки матеріалів для сенсорики, відновлюваної енергетики і функціональної електроніки з оптимальними сцинтиляційними, магнітними, електрофізичними властивостями, механічною і термічною стійкістю. Створено експериментальні зразки: елементів сенсорів зі спрощеною технологією виготовлення порівняно з промисловими зразками; нові, дешеві ефективні сцинтилятори для криогенних датчиків іонізаційного випромінювання. Виявлено нові типи фероїків та реалізовано способи інженерії нових мультифероїків з оптимальними магнітними, сегнетоелектричними і магнітоелектричними характеристиками, а також більш досконалих підкладок на основі нітриду галію для застосування у силовій та високочастотній електроніці. Розроблено теоретичні моделі природи фазових переходів та нових явищ і ефектів, зокрема, фотовольтаїчного ефекту у фероїках або перехресних ефектів у мультифероїках, та релаксації електронних збуджень в сцинтиляторах.

### **Résumé**

New technologies for obtaining systems of various dimensions, including single crystals, micro- and nanocomposites, were developed, as well as existing and developed technologies for the synthesis of such materials were improved. Samples of materials for sensors, renewable energy and functional electronics with optimal scintillation, magnetic, electrophysical properties, mechanical and thermal stability were obtained. Experimental samples were created: sensor elements with simplified manufacturing technology compared to industrial samples; new, low-cost efficient scintillators for cryogenic ionizing radiation sensors. New types of ferroics have been identified and methods of engineering new multiferroics with optimal magnetic, ferroelectric and magnetoelectric characteristics, as well as more advanced substrates based on gallium nitride for use in power and high-frequency electronics, have been implemented. Theoretical models of the nature of phase transitions and new phenomena and effects have been developed, in particular, the photovoltaic effect in ferroics or cross effects in multiferroics, and the relaxation of electronic excitations in scintillators.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: 2 дисертації доктора філософії ( за звітний рік – 1).

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях:

всього: 2 монографії, 28 статей, 32 тези (за звітний рік: **1** монографія, **14** статей, **1** патент на корисну модель та **1** заявка на корисну модель.).

**ФЛ-17П** «Синтез, структура та властивості нанокомпозитних матеріалів на основі легких високоентропійних сплавів», № д/р 0121U109730, 2021–2022 (наук. керівник С.І. Мудрий).

### **2.1. Резюме**

Досліджено структуру, фазовий склад та встановлено закономірності структурно-фазових перетворень і формування фізичних властивостей в нанокомпозитних легких високоентропійних сплавах на основі Al, Cu, Sn, Zn, Si на базі комплексних досліджень,

використовуючи високоінформативні структурні дифракційні методи, методи дослідження фізичних властивостей а також методи комп'ютерного моделювання.

Отримані в роботі результати дали змогу встановити умови формування структури, близької до ідеального атомного розчину в сплавах на основі алюмінію. При цьому крім результатів отримуваних для потрібних сплавів використовувалися також і результати проведених нами раніше досліджень для відповідних подвійних систем (Al-Zn, Al-Cu, Cu-Si, Al-Si, Cu-Sn). Виходячи зі структурних параметрів чистих компонентів, термодинамічних даних, а також результатів власних досліджень структури і властивостей, показано, що легкі сплави еквіатомного складу на основі Al, Zn і Si утворюють атомарний розчин. Встановлено, типи кластерів зі структурою інтерметалідів які можуть утворюватися в розплаві і при яких температурах можлива їхня дисоціація. Встановлення розмірів таких кластерів у передкристалізаційному інтервалі температур дало змогу спрогнозувати, якими стануть розміри відповідних нанокристалітів після кристалізації і яким чином вони можуть виконувати функцію наповнювача у композитах з матрицею на основі високоентропійного сплаву.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: немає

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях – всього: 8 статей, 15 тез доповідей.

**ФФ-27Ф** «Класичні та квантові системи на різних просторово-часових масштабах та вплив квантованості простору на їх властивості», № д/р 0122U001558, 2022–2024 (наук. керівник проф. Ткачук В. М.)

### **2.1. Резюме**

На комп'ютері *ibmq-santiago* визначено еволюцію середнього значення спіну 1 в магнітному полі, а також кореляції між двома спінами 1, взаємодія між якими описується моделлю Ізінга. Проаналізовано функції Гріна електромагнетного поля, отримані з різних джерел, та застосовано методи регуляризації самодії точкового заряду, узгоджені з симетрією простору. Досліджено виконання слабого принципу еквівалентності у просторі з мінімальною довжиною. Досліджено еволюцію ромбічного кластера, що складається із двох типів взаємодіючих спінів. Спираючись на густину квантових станів електронів отримано квантову ємність в графеновому шарі. Знайдено вплив цієї ємності на накопичення енергії в конденсаторах, що складаються із графенових нанотрубок. Показано, що низька квантова ємність збільшує накопичення енергії в таких конденсаторах. Побудовано теорію квантованого простору з мінімальними довжиною та імпульсом, яка узгоджується з фундаментальними законами та принципами, а саме зі збереженим слабким принципом еквівалентності, законом збереження енергії, симетрійними принципами. У загальному випадку деформованої алгебри Гейзенберга з мінімальною довжиною запропоновано визначення потенціалу  $\delta'(x)$  як лінійного ядра оператора потенціальної енергії в імпульсному зображенні. Знайдені точні вирази для енергетичного рівня та відповідної власної функції для потенціалів  $\delta'(x)$  та  $\delta(x)-\delta'(x)$  у загальному випадку деформованого простору. Проаналізовано енергетичний спектр для різних часткових випадків функції деформації.

### **Résumé**

The evolution of the mean value of spin 1 in the magnetic field, as well as the correlation between two spins 1, with the interaction described by the Ising model was obtained on *ibmq-santiago*. The Green's functions of the electromagnetic field, obtained from various sources, were analyzed, and methods of regularization of the self-action of a point charge, consistent with the symmetry of space, were applied. The implementation of the weak equivalence principle in a space with a minimum length was studied. The evolution of a rhombic cluster consisting of two types of interacting spins was examined. The quantum capacity in the graphene layer was obtained on the basis of the density of

quantum states of electrons. The effect of this capacity on energy storage in capacitors consisting of graphene nanotubes was found. It was shown that the low quantum capacity increases the energy storage in such capacitors. A theory of quantized space with minimal length and momentum which is consistent with fundamental laws and principles, namely with the conserved weak principle of equivalence, the law of conservation of energy, and symmetry principles was constructed. In the general case of the deformed Heisenberg algebra with minimal length, the definition of the potential  $\delta'(x)$  as the linear kernel of the potential energy operator in the momentum representation was proposed. Exact expressions for the energy level and the corresponding eigenfunction for the potentials  $\delta'(x)$  and  $\delta(x) - \delta'(x)$  in the general case of deformed space were found. The energy spectrum for various partial cases of the deformation function was analyzed.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: 1 докторська дисертація (за звітний рік — немає).

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях: всього: 5 статей, 10 тез доповідей (за звітний рік: 5 статей, 10 тез доповідей).

**ФФ-11Нр** «Еволюція матерії у Всесвіті та квантованість простору на планківських масштабах», № д/р 0121U100058, 2021–2023 (наук. керівник доц. Гнатенко Х. П.)

### **2.1. Резюме**

Знайдено розв'язок задачі Кеплера в загальній теорії відносності із врахуванням ефектів квантованості простору. На основі порівняння отриманих теоретичних результатів з експериментальними даними для кута прецесії орбіт планет проведено оцінку мінімальної довжини. Досліджено вплив мінімальної довжини на еволюцію Всесвіту в моделі Фрідмана. Проаналізовано залежність параметрів моделі від вибору функції деформації у випадку додатної, нульової та від'ємної постійної кривизни. В рамках деформованих алгебр нелінійного типу, які описують квантованість простору на планківських масштабах досліджено виконання слабого принципу еквівалентності. Запропоновано вирази для параметрів алгебр при яких рух частинки у гравітаційному полі не залежить від маси та зберігається принцип еквівалентності у квантованому просторі. Отримано співвідношення маса-радіус для білих карликів у загальному випадку деформації комутаційних співвідношень. Розраховано енергетичні і структурні характеристики (форму поверхні, розподіл густини, масу, повну енергію, момент інерції, екваторіальну гравітацію) холодних вироджених карликів та проаналізовано їх залежність від параметрів моделі - кутової швидкості, хімічного складу і параметра релятивізму у центрі зорі.

### **Resume**

Solution of the Kepler's problem was found in the general theory of relativity, taking into account the effects of the space quantization. On the basis of a comparison of the obtained theoretical results with experimental data for the precession angle of the planetary orbits the minimal length was estimated. The influence of the minimum length on the evolution of the universe in the Friedman model was studied. The dependence of the model parameters on the choice of the deformation function in the case of positive, zero, and negative constant curvature is analyzed. Within the framework of deformed algebras of nonlinear type, which describe the quantization of space on Planck scales, the implementation of the weak equivalence principle was investigated. Expressions for the parameters of the algebras in which the motion of the particle in the gravitational field does not depend on the mass and the principle of equivalence in the quantized space is preserved are proposed. The mass-radius ratio for white dwarfs in the general case of deformation of commutation ratios was obtained. The energetic and structural characteristics (surface shape, density distribution, mass, total energy, moment of inertia, equatorial gravity) of cold degenerate dwarfs were calculated and their dependence on the model parameters - angular velocity, chemical composition, and the relativistic parameter in the center of the star - was analyzed.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: немає

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях — всього: 1 навчальний посібник, 12 статей, 22 тез доповідей, розділ монографії англійською мовою прийнято до друку (за звітний рік: 7 статей, 9 тез доповідей).

**ФЛ-29П** «Оптимізація фізичних властивостей нанокompозитів на основі металевих евтектик для безсвинцевих припоїв» № д/р 0122U001521, 2022-2023, науковий керівник ст. наук.спів., д-р фіз.-мат. наук Плевачук Ю.О.

### **2.1. Резюме**

Досліджено вплив домішок карбонових наносфер і нанотрубок з напиленими наночастинками Au-Pd та Pt на мікроструктуру контактного шару, утвореного під час взаємодії сплаву  $\text{Sn}_{95,8}\text{Ag}_{3,28}\text{Cu}_{0,93}$  з Cu. Металеві наночастинки напилювали для утворення так званого "мосту" між матричним металевим сплавом і незмочуваними карбоновими наноматеріалами. Виявлено, що домішки карбонових нанотрубок як без напилення, так і напилених металами, сповільнюють розростання інтерметалічного прошарку  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  у контактному шарі. Показано, що таке сповільнення відбувається за рахунок адсорбції наночастинок на поверхні зерна під час кристалізації. Встановлено, що додавання домішок карбонових нанотрубок істотно не впливає на зміну електричних властивостей, що важливо для забезпечення надійного електричного контакту в композитних матеріалах для мікроелектроніки за одночасного підвищення мікротвердості, міцності на розтяг і на зсув спаїв між сплавом та мідною основою внаслідок зменшення середньої товщини інтерметалічних шарів  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  і  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ .

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: 1 дисертація доктора філософії.

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях:

Всього (за звітний рік): статті в журналах, що індексуються БД – 5; статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України – 5, патенти – 1.

**ФТ-30П** «Синтез і характеристика нових багатофункціональних матеріалів на основі широкозонних напівпровідників, діелектриків і полімерів» № д/р 0122U001520, 2022 – 2023 (наук. керівник, канд. ф-м. н. Турко Б. І.)

### **2.1. Резюме**

Вперше досліджено температурну еволюцію спектрів поглинання тонкої плівки  $\text{Alq}_3$ , отриманої методом вакуумного термічного випаровування, в інтервалі 16–320 К. Пористу пластину з ZnO з мікро- та наноелементами структури поверхні отримано спіканням металевого порошку цинку, охарактеризовано та випробувано на фотодеградацію модельного органічного барвника (метилоранжу) у воді. Поверхня пластини містила мікрогранули діаметром приблизно 10 мкм та агрегати мікрогранул діаметром до 30 мкм. Поверхні сферичних мікрогранул були покриті мікроголками довжиною приблизно 10 мкм, з діаметром основи та верхньої частини приблизно 1 мкм і 100 нм, відповідно. Під час фотокаталізу максимум поглинання барвника (за 465 нм) поступово зменшувався. Вже після 30 хв опромінення фотокаталізатора ефективність розпаду барвника досягла 100 %. Постійне зниження поглинання свідчить про зменшення концентрації метилоранжу, що візуально підтверджувалося зміною кольору реакційного розчину. Для кількісної оцінки фотокаталітичної активності зразка використано константу швидкості реакції  $k$ , яку визначено з нахилу залежності концентрації барвника  $C_t$  від часу. Значення  $k$  для пористої пластини ZnO з мікро- та наноелементами структури поверхні становило  $2,7 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ . Отриманий фотокаталізатор мав високу каталітичну активність, легко відділявся від розчину та зберігав свою цілісність після багаторазових експериментів, що важливо для комерційного використання. Досліджено залежність фотокаталітичних властивостей плівок ZnO від концентрації домішки ітрію.



### **Résumé**

For the first time, the temperature evolution of the absorption spectra of Alq<sub>3</sub> thin film prepared by the method of vacuum thermal evaporation has been examined in the range 16–320 K. The zinc oxide porous plate with micro- and nanoelements of the surface structure was obtained by sintering metallic zinc powder, characterized and tested for the photodegradation of model organic dye (methyl orange) in water. The kinetics of dye photodegradation was studied via measurement of variation of the optical density at the maximum observed for the dye at 465 nm. After 30 min of illumination, the photodegradation efficiency of methyl orange was found to be about 100 % when the ZnO plate with overall dimensions of 35 mm × 7 mm × 1 mm was used. The reaction rate constant calculated using the first-order approximation was equal to  $2.7 \cdot 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ . It is necessary to point that the sample keeps its integrity after multiple experiments, which is important for practical applications. The obtained results evidently demonstrate the potential of the method of sintering metallic zinc powder for production of efficient catalysts. The dependence of the photocatalytic properties of ZnO films on the concentration of the yttrium impurity has been studied.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: 2 кандидатські дисертація ( за звітний рік – 1).

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях:

всього: 2 монографії, 28 статей, 32 тези (за звітний рік: **1** монографія, **14** статей, **1** патент на корисну модель та **1** заявка на корисну модель.).

**Фе-28Ф** «Релаксація електронних збуджень в неорганічних галоїдних перовськітах типу АВХ<sub>3</sub>», № д/р 0122U001860, 2022–2024 (наук. керівник проф. А.С. Волошиновський)

#### **2.1. Резюме**

Проект спрямований на з'ясування механізмів електронних та екситонних процесів у нових функціональних матеріалах на основі галоїдних перовскітів типу АВХ<sub>3</sub> (А = Cs, Rb, К; В = Pb, Sn; Х = F, Cl, Br, I), які на сьогодні є топовими матеріалами для застосування у світлодіодах, сонячних елементах, детекторах випромінювання, біомедичних дослідженнях тощо. Вирощено чисті та активовані іонами кадмію монокристали перовскітів CsPbCl<sub>3</sub> та CsPbBr<sub>3</sub>. Рентгеноструктурний аналіз підтверджує отримання кристалів перовскітів в орторомбічній фазі. Синтезовано з розчину за кімнатної температури та методом гарячої інжекції за температури 150° колоїдні наночастинки перовскітів CsPbCl<sub>3</sub> та CsPbBr<sub>3</sub>. Методами рентгенівської дифракції за півшириною дифракційних піків визначили розміри наночастинок, які змінювались в межах 12 – 25 нм залежно від умов синтезу. Гістограми розподілу наночастинок за розмірами визначали за результатами зображень скануючого електронного мікроскопа. Розміри наночастинок підтверджені опосередковано за результатами вимірювань екситонної люмінесценції.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: 1 дисертація доктора філософії.

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях:

всього: 1 монографія, 1 навч. посібник, 8 статей, 2 тез доповідей.

**2.4.** Подані заявки, одержані рішення, патенти.

**2.5.** Інше (макети приладів, нові методики, технології, експериментальні зразки матеріалів, рекламна діяльність тощо) .

**ФФ-31Ф** «Роль кількочастинкових ефектів у формуванні властивостей макроскопічних систем в обмежених геометріях», № д/р 0122U001514, 2022–2024 (наук. керівник проф. Ровенчак А. А.)

### **2.1. Резюме**

Досліджено потенціали індукованої взаємодії між двома статичними домішками в дво- та тривимірному слабо взаємодіючих бозе-газах. Для одновимірного ідеального бозе-газу, захопленого крутим потенціалом експоненціального типу, розраховано термодинамічні функції для різних комбінацій параметрів потенціалу та кількості частинок  $N$ . Розглянуто як термодинамічну границю, так і випадок скінченних  $N$ . У термодинамічній границі передбачено конденсацію Бозе–Айнштейна для певних параметрів потенціалу. Задачу розсіяння на потенціальному бар'єрі переформульовано в термінах квантовомеханічного хвильового імпедансу, проведено порівняння з класичними підходами до цієї задачі. Розглянуто два приклади реальних фізичних систем, наближено описаних за допомогою дробової неадитивної статистики Поліхронакоса. Значення двох параметрів статистики пов'язано з властивостями модельованих систем за допомогою віріального розвинення. Для двовимірного фермі-газу з контактними взаємодіями досягнуто точності до третього віріального коефіцієнта. Детально проаналізовано підхід до моделювання другого віріального коефіцієнта неабелевих еніонів із м'якою серцевиною.

### **Résumé**

The potentials of the induced interaction between two static impurities in two- and three-dimensional weakly interacting Bose gases are studied. For a one-dimensional ideal Bose gas captured by a steep exponential potential, thermodynamic functions are calculated for various combinations of potential parameters and the number of particles  $N$ . Both the thermodynamic limit and the case of finite  $N$  are considered. In the thermodynamic limit, Bose–Einstein condensation is predicted for certain potential parameters. The problem of scattering on a potential barrier is reformulated in terms of quantum mechanical wave impedance, and a comparison with classical approaches to this problem is made. Two examples of real physical systems, approximately described by means of fractional non-additive Polychronakos statistics, are considered. The value of the two statistics parameters is related to the properties of the modelled systems using virial expansion. For a two-dimensional Fermi gas with contact interactions, accuracy up to the third virial coefficient is achieved. The approach to modeling the second virial coefficient of soft-core non-Abelian anyons is analyzed in detail.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: немає.

**2.3.** Опубліковані монографії, підручники, навчальні посібники, словники, переклади наукових праць, кількість статей, тез доповідей на конференціях: всього: 3 статті, 2 тези доповідей (за звітний рік: 3 статті, 2 тези доповідей).

**П2-БФ.** Тематичний напрямок "Нові речовини, матеріали, види матерії та підходи до енергозбереження та охорони довкілля", № д/р 0121U113567, 01.07.2021–31.12.2025 рр. (наук. керівник проф. Волошиновський А. С.).

### **2.1. Резюме**

Дослідження у рамках даного наукового напрямку спрямовано на синтез та з'ясування фізичних властивостей нових неорганічних та органічних сполук, твердих розчинів, а також полімерних композитів на їхній основі, які можуть бути використані для створення нових матеріалів для перетворення та зберігання енергії та в інших галузях функціональної електроніки.

За допомогою методу приєднаних проекційних хвиль розраховано зонну енергетичну структуру кристалів  $\text{CeBr}_2\text{I}$  та  $\text{CeBrI}_2$ . Встановлено, що валентна зона утворена гібридизованими станами  $4p$  Br і  $5p$  I,  $4f$ -стани Ce розташовані в забороненій зоні. Дно зони провідності утворено локалізованими  $5d1$ -станами в кристалі  $\text{CeBr}_2\text{I}$ . Локальний характер дна зони провідності сприяє утворенню автолокалізованих екситонів Френкеля, а переходи між

станами 5d1 і 4f відповідають за свічення екситонів. У випадку кристала  $\text{CeBrI}_2$  дно зони провідності утворюється шляхом змішування локалізованого 5d1 та делокалізованого 5d2 станів, що призводить до зменшення світлового виходу, незважаючи на зменшення ширини забороненої зони.

Розраховано енергетичну зонну структуру, парціальну та загальну густини станів кристалів  $\text{LaF}_3:\text{Yb}$  та  $\text{LaF}_3:\text{Lu}$  в рамках теорії функціоналу густини з використанням методу приєднаних проекційних хвиль та поправок Хаббарда (DFT+U). Проаналізовано вплив геометричної оптимізації на результати розрахунків енергетичних зон кристалів  $\text{LaF}_3:\text{Ln}$  ( $\text{Ln} = \text{Yb}, \text{Lu}$ ) та підтверджено, що відсутність процедури релаксації комірки негативно впливає на енергетичне положення станів та їх дисперсії.

Research in this field is aimed at the synthesis and elucidation of physical properties of new inorganic and organic compounds, solid solutions, and polymer composites based on them, which can be used to create new materials for energy conversion and storage and in other areas of functional electronics. In particular, for the registration and conversion of electromagnetic radiation into light and other types of energy, for the development of new economical fluorescent radiation sources, high-speed detectors of ionizing radiation, photoelectric converters.

**2.2.** К-ть захищених дисертацій співробітниками і аспірантами: 1 кандидатська дисертація.

### **3. Теми, які виконуються в межах робочого часу викладачів.**

У 2022 році немає.

### **4. Гранти**

Науково-дослідний проект в рамках Програми спільних дій між Україною і Францією в галузі науково-технологічного співробітництва «Дніпро» «Нові фотовольтаїчні матеріали на основі перовскітів і фероїків» за договором М/47–2022 від 24.05.2022 р. (термін виконання: 01.06.2022 – 20.12.2022 рр, номер держреєстрації 0122U200116).

Створено установку для дослідження фотовольтаїчного ефекту у сегнетоелектриках. Досліджено вплив одностороннього механічного і гідростатичного тисків на фотовольтаїчний ефект у твердому розчині PMNT з родини перовскітів. Запропоновані модель, яка пояснює відповідну асиметрію цього ефекту у сегнетоелектриках, і методи оптимізації властивостей таких фотовольтаїчних матеріалів.

**М/68-2022** “Вплив наночастинок, осаджених металом, і флюсів, легованих наночастинами, на з’єднання безсвинцевих припоїв з металевими підкладками” - міжнародний науковий проєкт МОН України; номер державної реєстрації: 0122U002643; термін виконання: 01.06.2022-20.12.2022; науковий керівник: Плевачук Юрій Олександрович, д-р фіз.-мат. наук, проф.

Досліджено фізичні властивості сплавів на базі Sn, як функції хімічного складу, температури та термічної історії розплаву.

**М/64-2022** “Теплофізичні властивості багатокомпонентних високоентропійних сплавів” - міжнародний науковий проєкт МОН України; номер державної реєстрації: 0122U002631; термін виконання: 01.06.2022-20.12.2022; науковий керівник: Плевачук Юрій Олександрович, д-р фіз.-мат. наук, проф.

Досліджено структурні параметри сплавів  $\text{Al}(x)\text{CoCrCuFeNi}$  у рідкому і твердому стані та проведено мікроскопічний аналіз зразків.

5. Інші форми наукової діяльності (робота спеціалізованих вчених, експертних рад, рецензування та опонування дисертацій тощо).

- Члени спеціалізованої Вченої ради Д 35.051.09 при Львівському національному університеті імені Івана Франка: проф. Волошиновський А.С., проф. Якібчук П. М., проф. Мудрий С. І., проф. Щерба І. Д., гол.н.сп. Плевачук Ю.О., проф. Ваврух М.В., , проф. Капустяник В.Б., проф. Ткачук В.М., проф. Стадник В.Й., проф. Ровенчак А.А.
- Члени спеціалізованої Вченої ради Д.35.156.01 при Інституті фізики конденсованих систем НАН України (м. Львів): проф. Щерба І. Д.
- Члени редколегії «Журналу фізичних досліджень»: проф. Ткачук В.М., проф. Ровенчак А.А., проф. Ваврух М.В., проф. Капустяник В.Б., гол.н.сп. Плевачук Ю.О.
- Члени редколегії «Вісника Львівського університету. Серія фізична»: проф. Якібчук П. М., проф. Волошиновський А.С., проф. Ткачук В.М., проф. Мудрий С. І., проф. Вістовський В.В., проф. Ваврух М.В., проф. Капустяник В.Б., проф. Стадник В.Й., проф. Щерба І. Д., доц.. Королишин А.В., гол.н.сп. Склярчук В.М., с.н.с. Мелех Б.Я.
- Експерти Наукової ради МОН України: *проф. Ткачук В. М., проф. Ровенчак А. А* (секція «Загальна фізика»).
- *Проф. Ровенчак А. А* – член редколегії журналу «Glottometrics»; член Наукової ради з проблеми «Фізика низьких температур і криогенна техніка» при Відділенні фізики і астрономії НАН України.
- *С.н.с. Мелех Б.Я.* – член спеціалізованої вченої ради з захисту докторських дисертацій в Одеському національному університеті імені І.І.Мечникова, член науково-методичної комісії 6 (з біології, природничих наук та математики, підкомісії спеціальності 104. “Фізика та астрономія” сектору вищої освіти Науково-методичної ради Міністерства освіти і науки України. Голова журі Всеукраїнської учнівської Інтернет-олімпіади з астрономії у 2021-2022рр. та 2022-2023рр.
- *Проф. Стадник В.Й.* – голова екзаменаційної комісії з атестації здобувачів вищої освіти за напрямом підготовки 6.040203 «Фізика» у Дрогобицькому педагогічному університеті ім. І. Франка; член науково-методичної комісії з фізики та астрономії (104), член акредитаційної комісії вищих навчальних закладів і спеціальностей у вищих навчальних закладах та член експертної комісії з матеріалознавства з експертної оцінки наукових проектів МОН України; член редколегій «Вісника Львівського університету. Серія фізична» та «Військово-технічного збірника» Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.
- *Ст. наук. сп. Рудши М.Я.* – член експертної комісії при Міністерстві освіти і науки України з експертної оцінки наукових проектів молодих вчених, які виконуються вищими навчальними закладами III – IV рівня акредитації за рахунок коштів загального фонду держбюджету України.
- *Доц. Гнатенко Х. П.* – заступник Голови секції “Сучасне машинобудування, інтелектуальний, «зелений» та інтегрований транспорт; розвиток галузі ядерної фізики, радіофізики, астрономії та ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, військової техніки ”Експертної ради МОН з експертизи наукових робіт, науково-технічних (експериментальних розробок) молодих вчених, які працюють (навчаються) у ЗВО та НУ, що належать до сфери управління МОН; експерт за фаховими напрямком Експертної ради МОН: «Нові технології розвитку: транспортної системи, у тому числі розумний, зелений та інтегрований транспорт; ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування; озброєння та військової техніки; дослідження з найбільш важливих проблем ядерної фізики, радіофізики та астрономії»; експерт за науковим напрямком «Природничі, технічні науки і математика» конкурсів Національного фонду досліджень.

**Опонування дисертацій:**

- *Доц. Кузьмак А. Р.* – членом разової вченої ради ДФ 35.156.002 (офіційний опонент) дисертаційної роботи Гутака Тараса Ігоровича «Термодинаміка фрустрованих квантових спінових систем» на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія (захищено 14.12.2021 р. в ІФКС НАН України).
- *Проф. Ровенчак А. А.* – опонент дисертації доктора філософії: Олійник А. О. «Топологічні структури в нелінійних середовищах» (Київський національний університет імені Тараса Шевченка; захищено 30 грудня 2021 р.).

**Відгуки на монографії, посібники:**

- Навчально-методичний посібник «Лабораторний практикум з фізики. Ч. 1: Механіка та молекулярна фізика» авторів: Зачек І.Р., Юр'єв С.О., Лопатинський І.Є., Гончар Ф.М., Ільчук Г. А., Каркульовська М. С., Кравчук І.М., Петрович І. В., Романюк М. М., Семків І.В., Товстюк Н.К.. Рецензент проф. Демків Т.М.

**6 Зовнішні зв'язки**

6.1 Співпраця з науковими установами НАН України та галузевих академій наук України (наукові стажування, кількість спільних публікацій, спільні наукові заходи).

*Кафедра теоретичної фізики*

- Інститут фізики конденсованих систем НАН України (м. Львів): 1 спільна стаття.
- Науковці кафедри теоретичної фізики та ІФКС спільно беруть участь у конференціях та семінарах, які організують обидві сторони.
- Науковці ІФКС беруть участь у роботі спеціалізованої вченої ради Д 35.051.09.

*Кафедра загальної фізики*

- Інститут фізичної оптики Міністерства освіти і науки України (м. Львів).
- Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України (м. Харків).

*Кафедра експериментальної фізики*

- Інститут фізики конденсованих систем НАН України (м. Львів): виконання магістерських і курсових робіт на базі ІФКС.
- Науковці кафедри теоретичної фізики та ІФКС спільно беруть участь у конференціях та семінарах, які організують обидві сторони.

6.2 Співпраця із закордонними науковими установами та фірмами (наукові стажування, гранти (додаток 3), контракти, кількість спільних публікацій, спільні наукові заходи, запрошення закордонних науковців).

*Кафедра астрофізики*

Продовжується співпраця зав. каф. Мелеха Б.Я. з проф. Г.Генслером та др. С.Реккі (кафедра астрофізики Віденського університету, Австрія).

*Кафедра загальної фізики*

- Інститут фізики Польської Академії наук (м. Варшава, Польща).
- Університет кардинала Стефана Вишинського (м. Варшава, Польща).

- Університет ім. Яна Длугоша (Ченстохова, Польща).
- Ченстоховський політехнічний університет (Польща).
- Кошалінський технологічний університет (Польща).

#### *Кафедра теоретичної фізики*

- Проф. Ткачук В. М. – Erasmus+, Вроцлавський університет (Польща) (червень 2022)
- Проф. Ткачук В. М. – наукове стажування, Вроцлавський університет (Польща) (червень 2022)
- Проф. Гнатенко Х. П. – Erasmus+, Університет Зельоної Гури (Польща) (квітень 2022)
- Проф. Гнатенко Х. П. – Erasmus+, Вроцлавський університет (Польща) (вересень 2022)
- Доц. Стецко М. М. — стажування у Пенсильванському університеті (США) (у рамках гранту фундації Фулбрайта (листопад 2021 – травень 2022) та за підтримки університету Пенсильванії (з червня 2022 по даний час)).
- Університет Зельоної Гури (Польща): проф. Гіоргі Мелікідзе (Giorgi Melikidze) – член редколегії «Журналу фізичних досліджень»;
- Лабораторія LLACAN, Нац. Інститут східних мов і культур INALCO (Париж) – міждисциплінарні дослідження, проекти «Corpus Bambara de Référence», «Corpora for Manding Languages»;
- Університет Мартіна Лютера (Галле-Віттенберг, Німеччина): д-р габ. Ярослав Павлюх (Yaroslav Pavlyukh) — член редколегії «Журналу фізичних досліджень»;
- Університет ім. Тона Дика Тханга, Хошимін, В'єтнам): проф. Пінакі Рой (Pinaki Roy) – член редколегії «Журналу фізичних досліджень»;
- Університет Калькутти (Індія);
- Єльський Університет (Нью-Гейвен, США) – 1 спільна публікація.
- SoftServe Inc (США)

#### *Кафедра експериментальної фізики*

- Проводяться спільні роботи з Вроцлавським (проф. Чапля З.), Познанським (проф. Станковська Я.) університетами, Університетом імені Яна Длугоша в Ченстохові (Польща).

#### *Кафедра фізики твердого тіла*

Садовий Б.С. приймав участь в проведенні спільних досліджень в Інституті фізики високих тисків Польської Академії Наук (м. Варшава, Республіка Польща).

Капустяник В.Б. проходив наукове стажування в Інституті фізики і хімії матеріалів (м. Страсбург, Франція) для реалізації завдань українсько-французького проекту M/47-2022 в рамках програми "Дніпро". Проведено спільні дослідження фотовольтаїчного ефекту у сегнетоелектриках-перовскітах.

Викладачі кафедри співпрацюють з науковцями Оксфордського університету (Великобританія), Університету м. Анже (Франція), Віденського університету (Австрія) Вроцлавського університету, Інституту високих тисків ПАН, Академії ім. Яна Длугоша і Технічного університету в м. Ченстохова (Республіка Польща) за напрямками: фізика фероїків, нанотехнології, фізика сцинтиляторів. Кількість спільних публікацій – 10.

#### *Кафедра фізики металів*

- Інститут металургії та матеріалознавства, м. Краків (Польща) (проф. Л. Забдир) – консультації з вивчення фізико-хімічних властивостей багатокомпонентних матеріалів для безсвинцевих припоїв.
- Технічний університет Хемнітц (Німеччина) (проф. І-Б. Гоєр) – вивчення кінетичних та структурних властивостей матеріалів для безсвинцевих припоїв.

- Університет м. Метц (Франція) (проф. Ж.Ж.Гассер) – дослідження електрофізичних властивостей металевих подвійних розплавів.
- Віденський університет м. Відень (Австрія) (проф. Г. Іпсер, проф. А. Мікула) – консультації з вивчення комплексу фізико-хімічних властивостей багатокомпонентних матеріалів для виготовлення безсвинцевих припоїв, підготовка спільного проекту.
- Інститут фізики металів, Словацька Академія Наук, м. Братіслава (Словаччина) (д-р П.Щвец) – співробітництво в галузі дослідження аморфних металевих матеріалів.

## 7 Аспірантура та докторантура

### 7.1.1. Захист дисертацій випускниками докторантури\*

Прізвище, ініціали	Науковий консультант, посада, установа	Спеціальність	Рік закінчення	Дата і місце захисту	Тема дисертації
--------------------	--	---------------	----------------	----------------------	-----------------

\* Співробітники

### 7.1.2 Захист дисертацій випускниками аспірантури\*

Прізвище, ініціали	Науковий керівник, посада, установа	Спеціальність	Рік закінчення	Дата і місце захисту	Тема дисертації
Матвіїв Р. Б.	Проф. Стадник В.Й., зав. кафедри загальної фізики ЛНУ імені Івана Франка	105 Прикладна фізика та наноматеріали	2022	22.12.2021 ДФ 35.051.038 ЛНУ імені Івана Франка	Вплив домішок на оптико-електронні параметри діелектричних кристалів групи сульфатів
Ткач О. Р.*	Проф. Плевачук Ю. О., начальник НДЧ ЛНУ імені Івана Франка	104 Фізика та астрономія	2020	26.08.2022 ДФ 35.051.064 ЛНУ імені Івана Франка	Вплив наночастинок на структурно-чутливі властивості евтектичних та біляевтектичних сплавів на основі Sn
Чорній Ю. В.	Капустяник В. Б., зав. кафедри фізики твердого тіла ЛНУ імені Івана Франка.	105 Прикладна фізика та наноматеріали	2022	30.08.2022 ДФ 35.051.063 ЛНУ імені Івана Франка	Вплив модифікації метал-галогенних комплексів та катіонного заміщення на природу фазових переходів в органічно-неорганічних фероїках

\* Співробітники

### 7.2.1 Захист докторських дисертацій співробітниками\*\*

Прізвище, ініціали	Посада, кафедра	Науковий консультант,	Спеціальність	Дата і місце	Тема дисертації
--------------------	-----------------	-----------------------	---------------	--------------	-----------------

		посада, установа		захисту	
--	--	---------------------	--	---------	--

**\*\* Випускники докторантури**

**7.2.2 Захист дисертацій доктора філософії співробітниками в одноразових радах \*\***

Прізвище, ініціали	Посада, кафедра	Науковий керівник, посада, установа	Спеціальність	Дата і місце захисту	Тема дисертації
Ткач О. Р.**	Молодший науковий співробітник, кафедра фізики металів	Проф. Плевачук Ю. О., начальник НДЧ ЛНУ імені Івана Франка	104 Фізика та астрономія	22.12.2021 ДФ 35.051.038 ЛНУ імені Івана Франка	Вплив наночастинок на структурно-чутливі властивості евтектичних та біляевтектичних сплавів на основі Sn

**\*\* Випускники аспірантури**

**7.3.1. Захисти докторських дисертацій у спеціалізованих вчених радах Університету сторонніми працівниками**

Прізвище, ініціали	Науковий консультант, посада, установа	Спеціальність	Дата захисту	Тема дисертації

**7.3.2. Захисти кандидатських дисертацій у спеціалізованих вчених радах Університету сторонніми працівниками**

Прізвище, ініціали	Науковий керівник, посада, установа	Спеціальність	Дата захисту	Тема дисертації

## **8. Студентська наукова робота**

8 Студентська наукова робота: кількість наукових гуртків і кількість студентів, що беруть участь у їхній роботі; участь (кількість студентів) у виконанні держбюджетної чи іншої наукової тематики; проведені студентські наукові конференції на базі університету; виступи на конференціях (кількість доповідей за участю студентів, назви конференцій); індивідуальні та спільні зі співробітниками університету публікації; отримані нагороди у II етапі Всеукраїнських студентських Олімпіад, міжнародних Олімпіадах, Всеукраїнських конкурсах студентських наукових робіт, турнірах, чемпіонатах тощо.

У I етапі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук з спеціальності «Фізика та астрономія» взяли участь 12 студентів факультету. На факультеті діє шість наукових студентських гуртки, роботою яких охоплено 62 студенти.



PhD-студентка кафедри астрофізики взяла участь у RAC International summer school 2022. Advanced materials design at x-ray and neutron facilities (Varberg, Sweden, August 14-21, 2022), навчаючись там за наступним напрямом Focal theme: X-rays and Neutrons for a Sustainable Future.

### Студенти факультету взяли участь в конференціях:

1. Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики "Еврика-2022", Львів, 18–20 жовтня, 2022 р.
2. 22-nd Gamow International Astronomical Conference "Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, astroparticle physics, radio astronomy and astrobiology". Abstracts. August 22-26, 2022. Odessa, Ukraine
3. XXIII Annual conference YUCOMAT 2022 & XII World round table conference on sintering XII WRTCS, Herceg Novi, Montenegro, August 29 – September 2, 2022
4. International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2022)", Lviv, Ukraine, 25–27 August 2022 – 2022.

Публікації: статті – 2, тези конференцій – 13 (1– самостійно).

### Публікації за участю студентів

Статті:

1. **Гусєв М.** Параметризація рангово-частотних розподілів послідовностей нуклеотидів у вірусних РНК / **М. Гусєв**, А. Ровенчак // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 2021. – Вип. 58 – С. 72–84. – DOI: <https://doi.org/10.30970/vph.58.2021.72>
2. Плевачук Ю. Електропровідність розплавів Sn–Ag–Cu з нанорозмірними керамічними домішками / Ю. Плевачук, О. Ткач, М. Дуфанець, **В. Повержук** // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 2022. – Вип. 59 – С. 42-52. – DOI: 10.30970/vph.59.2022.42.

Тези доповідей на конференціях:

1. **Гойнець Ю.М.**, Енергетичні положення рівнів  $\text{Ce}^{3+}$  в кристалі  $\text{LaCl}_3$  / Ю.М. Гойнець, Я.М. Чорнодольський // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», 18–20 жовтня, 2022. – Львів, Україна. – С. В11.
2. **Фещук Т.В.**, Електронна структура кристалів  $\text{LaBr}_3$  та  $\text{CeBr}_3$  / Т.В. Фещук, В.О. Карнаушенко, Я.М. Чорнодольський // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», 18–20 жовтня, 2022. – Львів, Україна. – С. В13.
3. Костецький О. Двопроменезаломлюючі властивості одновісних навантажених кристалів  $\beta\text{-LiNH}_4\text{SO}_4$  з домішкою марганцю // О. Костецький, М.Я. Рудиш, Р.С. Брезвін, П.А. Щепанський, В.Й. Стадник, **Д.І. Якимець** // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», 18–20 жовтня, 2022. – Львів, Україна. – С. В6.
4. **Швець В.**, Поглинання та фотолюмінесценція монокристалів  $\text{CsSnBr}_3$  / **В. Швець**, Д. Підручний, Т. Демків // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», 18–20 жовтня, 2022. – Львів, Україна. – С. В9.
5. **Лупанов А.** Знаходження основних станів спінових систем з взаємодією Ізінга на квантовому комп'ютері компанії ІВМ / **А. Лупанов** // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики "Еврика-2022", Львів, 18-20 жовтня 2022 р.: Тези доповідей. – С. D4.

6. M. Kasheba, B.Ya. Melekh, **A. Vilka** Photoionization analysis of the hydrodynamical models of planetary nebulae evolution // 22-nd Gamow International Astronomical Conference "Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, astroparticle physics, radio astronomy and astrobiology". Abstracts. August 22-26, 2022. Odessa, Ukraine.– P.11.
7. Shcherba I. Structural chemistry, electrical and X-ray spectroscopic properties of the ternary Ce–Ni–P compounds / I. Shcherba, **V. Denys**, V. Babizhetskyy, V. Antonov, D. Uskoković, H. Noga, B. Jatsyk // XXIII Annual conference YUCOMAT 2022 & XII World round table conference on sintering XII WRTCS : Book of abstracts, Herceg Novi, Montenegro, August 29 – September 2, 2022 – Belgrade : Materials Research Society of Serbia, 2022. – 11.
8. **Shobei M.** Spin-polarized electronic structure of  $[(\text{CH}_3)_3\text{NH}]\text{MnCl}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$  crystals / M. Shobei, O. Kozachenko, M. Kovalenko, O. Bovgyra // International Conference of Students and Young Researchers in Theoretical and Experimental Physics "HEUREKA-2022". : Book of abstracts, Lviv, Ukraine, October 18-20, 2022 – Lviv, 2022. – P. 9.
9. **Tkach P.V.** Zinc oxide nanotubes: An ab initio investigation of their structural and electronic properties / P.V. Tkach, M.V. Kovalenko, O.V. Bovgyra // Abstract book International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2022)", Lviv, Ukraine, 25–27 August 2022 – 2022. – P. 192.
10. **Віра О.** Фотовольтаїчний ефект в сегнетоелектрику  $\text{LiH}_3(\text{SeO}_3)_2$  / О. Віра, Ю. Еліяшевський, У. Мостовой, В. Капустяник // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЄВРИКА–2022 : Збірник тез доповідей, Львів, Україна, 18-20 жовтня 2022 р. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім.І. Франка, 2022. – С. А24.
11. **Ляшенко В.** Структура і електронні властивості моношару  $\text{ZnO}$  легованого атомами рідкісноземельних елементів / В. Ляшенко, М.Коваленко, О. Бовгира // Тези доповідей Міжнародної конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЄВРИКА-2022, Львів, Україна, 18-20 жовтня 2022 р. – 2022. – 18.
12. **Zakrevs'kuy O.** Electrophysical properties and thermal conductivity of reduced graphene oxide– $\text{ZnO}$  composites / O. Zakrevs'kuy, V. Vasil'ev, B. Turko // International Conference of Students and Young Scientists in Theoretical and Experimental Physics «HEUREKA-2022», Львів, Україна, 18–20 жовтня 2022 р. – 2022. – P. 19.
13. Костецький О. Двопроменезаломлюючі властивості одновісно навантажених кристалів  $\beta\text{-LiNH}_4\text{SO}_4$  з домішкою марганцю / О. Костецький, М. Я. Рудиш, Р. С. Брезвін, П. А. Щепанський, В. Й. Стадник, **Д. І. Якимець** // Inter. Conf in Theor. and Exper Physics «HEUREKA-2022» : Inter. Conf in Theor. and Exper Physics «HEUREKA-2022»: Book of abstracts, Lviv, Ukraine, 18-20.10.2022 – Lviv, 2022. – С. В6.

## 9 Публікації (бібліографічний опис згідно з державним стандартом).

### Монографії

Видано 4 монографії загальним обсягом 54,8 друк. арк.

Бібліографічний опис	Обсяг, друк. арк.
Ваврух М. Ефект депресії у неперервному випромінюванні Сонця / М. Ваврух, О. Стельмах – Львів : Растр-7, 2022. – 240 с.	19,5
Рудиш М.Я. Зонна структура та рефрактивні параметри кристалів з ізотропною точкою // М.Я. Рудиш, П.С. Щепанський, В.Й. Стадник, Р.С. Брезвін – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2022. – 264 с.	15,3
Капустяник В. Б. Багатофункціональні матеріали на основі фероїків / В. Б. Капустяник, Ю. В. Чорній – Кишинів : GlobeEdit, 2022. – 202 с.	12,6
Булавенко О.В. Флуоресцентна спектроскопія: можливості застосування в медичній практиці / О.В. Булавенко, Л.Р. Остап'юк, А.С. Волошиновський, В.О. Рудь, В.С. Савчин, Т.С. Малий – Вінниця : ТВОРИ, 2022. – 352 с.	22,3 у тім числі авторів ун-ту 7,4

### Підручники

Видано \_\_\_ підручників загальним обсягом \_\_\_ друк. арк.

Бібліографічний опис	Обсяг, друк. арк.

### Навчальні посібники

Видано 1 навчальний посібник загальним обсягом 8,0 друк. арк.

Бібліографічний опис	Обсяг, друк. арк.
Пушак А.С. Програмування РІС-контролерів : навч. пос. / А.С. Пушак, Т.С. Малий – Львів : УАД, 2022. – 276 стор.	16,0 у тім числі авторів ф-ту 8,0

### Наукові журнали

Видано 3 журналів загальним обсягом 34,9 друк. арк.

Серія, випуск	Обсяг, друк. арк.
«Журнал фізичних досліджень», том 25, №1 (2021)	12,1
«Журнал фізичних досліджень», том 25, №2 (2021)	12,1
«Журнал фізичних досліджень», том 25, №3 (2021)	10,7

### Вісники

Видано 1 випуск вісників загальним обсягом 10,7 друк. арк.

Серія, випуск	Обсяг, друк. арк.
Вісник Львівського університету. Серія фізична. – Вип. 58 – 2021	10,7

**Інші наукові і навчальні видання**  
загальним обсягом 18,5 друк. арк.

Бібліографічний опис	Обсяг, друк. арк.
<b>Кузьмак А. Р.</b> Деякі задачі теоретичної механіки: теорія і практика: Методичні вказівки. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2022. – 72 с.	4,0
Gbetnkom S. C. $\hat{P} \hat{P} \hat{\sigma} \hat{\sigma} \hat{\sigma} \hat{\sigma} \hat{\sigma} = Lo' \text{ t\`u lu lul\`ure pon nti\`en} =$ Des ombres r\`esilientes = From the resilient shadows / Samuel Calvin Gbetnkom ; edited by Charles L. Riley and <b>Andrij Rovenchak</b> . – New Haven: Athinkra; Kasahorow, 2022. – 52 p. ISBN 978-0-9818294-2-5	3,2
<b>П. А. Щепанський, М. Я. Рудиш.</b> Моделювання фізичних властивостей матеріалів : методичні вказівки до лабораторних робіт. – Львів, «ГАЛИЧ-ПРЕС», 2022. – 52 с.	3,0
Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «ЕВРИКА-2022». – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2022. – 112 с.	7,0
Програма і тези доповідей наукової конференції “25-ті Різдвяні дискусії 2022”. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2022. – 21 с.	1,3

**Статті**

*1 Статті у виданнях, які мають імпакт-фактор (IF, CiteScore):*

1. Hryhorchak O. Efimov-like physics in fraction-dimensional Bose systems with three-body interaction / O. Hryhorchak, V. Pastukhov // Eur. Phys. J. A. – 2022. – Vol. 58, No. 11. Art. 215. – 8 p. <https://doi.org/10.1140/epja/s10050-022-00874-9>
2. Gnatenko Kh. P. Energy levels estimation on a quantum computer by evolution of a physical quantity / Kh. P. Gnatenko, H. P. Laba, V. M. Tkachuk // Phys. Lett. A. – 2022. – Vol. 424. – Art. 127843. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2021.127843>
3. Rovenchak A. Ideal Bose gas in steep one-dimensional traps / A. Rovenchak, Yu. Krynytskyi // Fiz. Nyzk. Temp. – 2022. – Vol. 48, No. 1. – P. 23-29; Low Temp. Phys. – 2022. – Vol. 48, No. 1. – P. 20-25. <https://doi.org/10.1063/10.000895>
4. Bravo-Gaete M. Planar black holes configurations and shear viscosity in arbitrary dimensions with shift and reflection symmetric scalar-tensor theories / M. Bravo-Gaete, M. M. Stetsko // Phys.

- Rev. D. – 2022. – Vol. 105, No. 2. – Art. 024038. – 12 p.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.105.024038>
5. Gnatenko Kh. P. Detection of energy levels of a spin system on a quantum computer by probe spin evolution / Kh. P. Gnatenko, H. P. Laba, V. M. Tkachuk // *Eur. Phys. J. Plus.* – 2022. – Vol. 137, No. 4. – Art. 522. – 10 p. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-02753-0>
  6. Sobko B. Effective modeling of physical systems with fractional statistics / B. Sobko, A. Rovenchak // *Fiz. Nyzk. Temp.* – 2022. – Vol. 48, No. 8. – P. 702-709; *Low Temp. Phys.* – 2022. – Vol. 48, No. 8. – P. 621-627. <https://doi.org/10.1063/10.0012649>
  7. Gnatenko Kh. P. Weak equivalence principle in quantum space // Kh. P. Gnatenko, V. M. Tkachuk // *Front. Astron. Space Sci.* – 2022. – Vol. 9. – Art. 950468. – 8 p. <https://doi.org/10.3389/fspas.2022.950468>
  8. Samar M. I. Regularization of  $\delta'$  potential in general case of deformed space with minimal length / M. I. Samar, V. M. Tkachuk // *J. Phys. A: Math. Theor.* – 2022. – Vol. 55, No. 41. – Art. 415201. – 14 p. <https://doi.org/10.1088/1751-8121/ac90fe>
  9. Gnatenko Kh. P. Geometric properties of evolutionary graph states and their detection on a quantum computer / Kh. P. Gnatenko, H. P. Laba, V. M. Tkachuk // *Phys. Lett. A.* – 2022. – Vol. 452. – Art. 128434. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2022.128434>
  10. Gnatenko Kh. P. Geometric measure of entanglement of multi-qubit graph states and its detection on a quantum computer / Kh. P. Gnatenko, N. A. Susulovska // *EPL (Europhys. Lett.)*. – 2021. – Vol. 136, No. 4. – Art. 40003. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/ac419b>
  11. Rovenchak A. [Comment on: P. Kelly, J. Winters, H. Miton, and O. Morin, The predictable evolution of letter shapes: An emergent script of West Africa recapitulates historical change in writing systems] / A. Rovenchak // *Current Anthropology*. – 2021. – Vol. 62, No. 6. – P. 685–686.
  12. Panochko G. Static impurities in a weakly interacting Bose gas / G. Panochko, V. Pastukhov // *Atoms*. – 2022. – Vol. 10, No. 1. – Art. 19. – 12 p. <https://doi.org/10.3390/atoms10010019>
  13. Rovenchak A. Juda Kreisler (1904–1940s?): A bio-bibliographical sketch of a Lviv physicist and a popularizer of science / A. Rovenchak, O. Rovenchak // *Studia Historiae Scientiarum*. – 2022. – Vol. 21. – P. 357–395. <https://doi.org/10.4467/2543702XSHS.22.011.15977>
  14. Hryhorchak O. I. Reformulation of transmission and reflection problems in terms of quantum wave impedance function / O. I. Hryhorchak // *J. Phys. Stud.* – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4001. – 9 p. <https://doi.org/10.30970/jps.25.4001>
  15. Vavrukh M. Inverse problem of white dwarfs theory with rapid axial rotation / M. Vavrukh, D. Dzikovskyi, S. Smerechynskyi // *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*. – 2022. – Vol. 52, No. 2 – P. 25-43. – DOI: <https://doi.org/10.31577/caosp.2022.52.2.25>.
  16. Ваврух М. Самуїл Каплан та розвиток астрофізичних досліджень у Львівському університеті (до 100-річчя від дня народження) / М. Ваврух, Н. Вірун, Б. Гнатик, Ю. Кулініч, Б. Мелех, Б. Новосядлий, О. Петрук, Р. Пляцко, М. Ціж // *J. Phys. Stud.* – 2022. – Т. 26, №. 3 – С. 1-24. – DOI: <https://doi.org/10.30970/jps.26.3001>.
  17. Novosyadlyj B. Samuil Kaplan and the development of astrophysical research at the Lviv University / B. Novosyadlyj, B. Hnatyk, Yu. Kulinich, B. Melekh, O. Petruk, R. Plyatsko, M. Tsizh, M. Vavrukh, N. Virun // *The European Physical Journal H*. – 2022. – Vol. 47 – P. 1-25. – DOI: <https://doi.org/10.1140/epjh/s13129-022-00045-w>.
  18. Ваврух М. Метод інтегральних рівнянь у теорії обертових вироджених карликів / М. Ваврух, С. Смеречинський, Д. Дзіковський // *Journal of Physical Studies (Журнал фізичних досліджень)*. – 2022. – Т. 26, №. 1 – С. 1-24. – DOI: <https://doi.org/10.30970/jps.26.1902>.
  19. Vavrukh M. White dwarfs with rapid rotation / M. Vavrukh, D. Dzikovskyi, S. Smerechynskyi // *Mathematical Modeling and Computing*. – 2022. – Vol. 9, No. 2 – P. 278-302. – DOI: <https://doi.org/10.23939/mmc2022.02.278>.

20. Novosyadlyj B. The first molecules in the intergalactic medium and halos of the Dark Ages and Cosmic Dawn / B. Novosyadlyj, Yu. Kulinich, B., Melekh, V. Shulga // *Astron. Astrophys.* – 2022. – 663 – A120 (1-16) – DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202243238>.
21. Rudysh M.Ya. Electronic structure, optical and elastic properties of AgGaS<sub>2</sub> crystal: theoretical study. / M.Ya. Rudysh, N.Y. Ftomyn, P.A. Shchepanskyi, G.L. Myronchuk, A.I. Popov, N. Lemée, V.Yo. Stadnyk, M.G. Brik, M. Piasecki // *Advanced Theory and Simulations.* – 2022. – Vol. 5, 2200247(16p.). <https://doi.org/10.1002/adts.202200247>
22. Mytsyk B. Determination of hydrogen diffusion coefficients in metals by the method of low mechanical stresses / B. Mytsyk, O. Hembara, P. Shchepanskyi // *Arch. Appl. Mech.* – 2022. – Vol. 92(11), – P. 3203–3213. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2022.106814>
23. Stadnyk V.Yo. Concentration dependences of dielectric parameters of impurity K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> crystals / V.Yo. Stadnyk, P.A. Shchepanskyi, M.Ya. Rudysh, R.B. Matviiv, R.S. Brezvin // *Ukr. J. Phys.* – 2022. – Vol. 67, No. 4. – P. 284-291. <https://doi.org/10.15407/ujpe67.4.284>
24. Rudysh M.Ya. Optical and electronic parameters of Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> crystals / M.Ya. Rudysh, I. A. Pryshko, P.A. Shchepanskyi, V.Yo. Stadnyk, R.S. Brezvin, Z.O. Kogut // *Optik.* – 2022, – Vol. 269, – P. 169875. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169875>
25. Brezvin R.S. Dilatometric study of LiNH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub> crystals with manganese impurity / R.S. Brezvin, O.YA. Kostetskyi, V.YO. Stadnyk, P.A. Shchepanskyi, O.M. Horina, M.YA. Rudysh, A.O. Shaprawskyi // *Ukr. J. Phys.* – 2022. – Vol. 67, No. 7 – P.536-543.
26. Aksimentyeva O. I. Nanofabrication of conducting polymer fillers in polymer matrix: Polystyrene-poly-o-toluidine composites / O.I. Aksimentyeva, O. I. Konopelnyk, Yu. Yu. Horbenko, G. V. Martyniuk // *Molec. Cryst. Liq. Cryst.* – 2022. <https://doi.org/10.1080/15421406.2022.2073531>
27. Horbenko Yu.Yu. Features of electrochemical formation and optical properties of PEDOT/GO films on flexible ITO/PET substrates / Yu.Yu. Horbenko · O.Aksimentyeva · H.O. Starykov, · Kh.B. Ivaniuk · O.I. Konopelnyk · V.I. Raby // *Applied Nanoscience* – 2022. <https://doi.org/10.1007/s13204-022-02661-w>
28. Shopa M. High-accuracy polarimetric studies on lead germanate single crystals / M. Shopa, N. Ftomyn, Ya. Shopa // *Journal of Applied Crystallography.* – 2021. – V. 54. – P. 1615-1620. DOI: 10.1107/S1600576721009286.
29. Ftomyn N. Dispersion of optical activity of Ca<sub>3</sub>Ga<sub>2</sub>Ge<sub>4</sub>O<sub>14</sub> Crystals / N. Ftomyn, Ya. Shopa // *Acta Physica Polonica A.* – 2022. – V. 141, No 4. – P. 361-364. DOI: 10.12693/APhysPolA.141.361.
30. Кашуба А.І. Вплив тиску на електронний енергетичний спектр кристалу сульфїду кадмію зі структурою сфалерит /А.І. Кашуба, Б. Андрїєвський, І.В. Семків, Г.А. Ільчук, М.Я. Рудиш, П.А. Щепанський, М.С. Каркульовська, Р.Ю. Петрусь // *Журнал фізичних досліджень.* – 2022. – Т. 26, № 1. 1701 (6 с.). <https://doi.org/10.30970/jps.26.1701>
31. Bulyk L.-I. I., Conductivity of CsPbBr<sub>3</sub> at ambient conditions / L.-I. I. Bulyk, O. T. Antonyak, Ya. M. Chornodolskyu, R. V. Gamernyk, T. M. Demkiv, V. V. Vistovskyu, A. Suchocki, A. S. Voloshinovskii // *Journal of Physical Studies.* – 2021. – Vol. 25, No. 4. – P. 4801 (5p.). <https://doi.org/10.30970/jps.25.4801>
32. Padlyak B.V. Local structure, spectroscopic properties and intrinsic photoluminescence of the undoped lead-containing glasses of different composition / Bohdan V. Padlyak, Ihor I. Kindrat, Yurii O. Kulyk, Stepan I. Mudry, Adam Drzewiecki, Yurii S. Hordieiev, Victor I. Goleus, Radosław Lisiecki // *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology.* – 2022. – Vol.278 – P. 1-13. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2022.115655>.
33. Максимів О. В. Насичення наноструктурованого шару вуглецем за поверхневого механоімпульсного оброблення сталей / О. В. Максимів, В. І. Кирилів, Б. П. Чайковський, Ю. П. Білаш, Ю. О. Кулик, І. М. Курнат // *Фізико-хімічна механіка матеріалів (Materials Science).* – 2022. – No. 2 – С. 59-65.

34. Mudry S.I. Nanocrystallization of amorphous alloy  $Al_{87}Ni_8Dy_5$  induced by heat treatment / S.I.Mudry, O.Kulyk Yu., L.M.Boichyshyn // *Materials Today: Proceeding.* – 2022. – Vol. 62, Part. 9 – P. 5800-5804. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.493>.
35. Ptashnyk V. Nanoarchitectonics and electrochemical properties of chromium-doped supramolecular carbon material / V. Ptashnyk, I. Bordun, D. Calus, P. Chabecki, V. Maksymych, M. Malovanyy, A. Borysiuk, Y. Kulyk // *Applied Physics A.* – 2022. – Vol.128 (7) – P. 1-11. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00339-022-05705-8>.
36. Kostyshyn N. Effects of Zoledronic Acid on Bone Structure and Organization of Nanocomposites in Rats with Glucocorticoid-Induced Osteoporosis / N. Kostyshyn, L. Kostyshyn, I. Shtablavyi // *Biointerface Res. Appl. Chem.* – 2022. – Vol. 12 – P. 2041-2049. – DOI: [10.33263/BRIAC122.20412049](https://doi.org/10.33263/BRIAC122.20412049).
37. Plechystyy V. Atomic Composition and Structure Evolution of the Solid-Liquid Boundary in Al-Si System During Interfacial Diffusion and Contact Melting / V. Plechystyy, I. Shtablavyi, B. Tsizh, S. Mudry and J. Rybicki // *J. Phase Equilib. Diffus.* – 2022. – Vol. 43 – P. 256-265. – DOI: [10.1007/s11669-022-00955-8](https://doi.org/10.1007/s11669-022-00955-8).
38. Nykyruy Yu. Formation of laser-induced periodic surface structures on amorphous Fe and Co-based alloys and its impact on magnetic properties / Yu Nykyruy, S. Mudry, I. Shtablavyi, A. Borysiuk, Ya Tsekhmister, I. Gnilitskyi // *Materials Chemistry and Physics.* – 2022. – V. 287 – 126317 – DOI: [10.1016/j.matchemphys.2022.126317](https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.126317).
39. Nykyruy Yu. Nanostructuring of  $Fe_{73.5}Nb_3Cu_1Si_{15.5}B_7$  amorphous alloy surface by laser induced periodic structure formation / Yu. Nykyruy, S. Mudry, I. Shtablavyi, Ia. Gnilitskyi // *Appl. Nanosci.* – 2022. – Vol. 12 – P. 1337-1345. – DOI: [10.1007/s13204-021-01866-9](https://doi.org/10.1007/s13204-021-01866-9).
40. Mudry S. I. High-Temperature Investigation of Rapidly Quenched Al-Fe-Nb Alloys / S. I. Mudry, O. V. Shved // *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii.* – 2021. – Vol. 43, No. 10 – P. 1387-1399. DOI: [10.15407/mfint.43.10.1387](https://doi.org/10.15407/mfint.43.10.1387).
41. Shtablavyi The structure of the Zr-Cu-Al melts in the glass forming range of concentrations. / N. Popilovskyi, S. Mudry, O. Poplavskyi // *Physics and Chemistry of Solid State.* – 2022. – Vol. 23, No. 2 – P. 416-423. – DOI: [10.15330/pcss.23.2.416-423](https://doi.org/10.15330/pcss.23.2.416-423).
42. Рубіш В.М. Швидкісні методи формування неупорядкованих масивів наночастинок Au і Ag, їх морфологія та оптичні характеристики / В.М. Рубіш, В.К. Кириленко, М.О. Дуркот, Л.І. Макар, М.М. Поп, А.А. Тарнай, М.Л. Трунов, С.І. Мудрий // *Фізика і хімія твердого тіла.* – 2021. – Т. 22, № 4 – С. 804-810. – DOI: [10.15330/pcss.22.4.804-810](https://doi.org/10.15330/pcss.22.4.804-810).
43. Ivanichok N.Ya. Porous Structure of Carbon Materials Obtained from the Shell of Walnuts / N.Ya. Ivanichok, O.M. Ivanichok, P.I. Kolkovskiy, B.I. Rachiy, S.-V.S. Sklepova, Yu.O. Kulyk, V.V. Bachuk // *Physics and Chemistry of solid state.* – 2022. – Vol.23, No.1 – P. 172-178. – DOI: [10.15330/pcss.23.1.172-178](https://doi.org/10.15330/pcss.23.1.172-178).
44. Yakymovych A. Nanocomposite SAC Solders: the Effect of Heat Treatment on the Morphology of Sn-3.0Ag-0.5Cu/Cu Solder Joints Reinforced with Ni and Ni-Sn Nanoparticles / A. Yakymovych, Yu. Plevachuk, L. Orovcik, P. Švec Sr. // *Applied Nanoscience.* – 2022. – 12 – P. 977-982. – DOI: [10.1007/s13204-021-01750-6](https://doi.org/10.1007/s13204-021-01750-6).
45. Bovgyra O. V. First principle study of electronic properties of ZnO nanoclusters with native point defects during gas adsorption / O. V. Bovgyra, R. Bovhyra, D. Popovych, Y. Venhryn, A. Serednytski // *Applied Nanoscience.* – 2022. – 12(4). – P. 983–993. DOI:[10.1007/s13204-021-01756-0](https://doi.org/10.1007/s13204-021-01756-0).
46. Коваленко М. В. Структура та електронні властивості перовскіту  $CsPbBr_3$ : першопринципні розрахунки / М. В. Коваленко, О. В. Бовгира, В. А. Коломієць // *J. Phys. Stud.* – 2021. – Т. 25, №4 – Art. 4701 – 9с. <https://doi.org/10.30970/jps.25.4701>
47. Bovgyra O. Band structure and magnetic properties of quasi-one-dimensional antiferromagnet  $(TrMA)MnCl_3 \times 2H_2O$  / O. Bovgyra, O. Kozachenko, M. Kovalenko, V. Kapustianyk // *Appl. Nanosci.* – 2022. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1007/s13204-022-02662-9>



48. Kapustianyk V. Manifestation of the ferroelastoelectric phase transition in the absorption spectra of  $(\text{NH}_4)_2\text{CuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  crystals / V. Kapustianyk, S. Semak, Yu. Chornii, O. Bovgyra, M. Kovalenko // *Physica B.* – 2022. – Vol. 639 – Art. 413929. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2022.413929>
49. Турко Б. Низькотемпературна технологія отримання прозорих плівок оксиду індію-олова з високою провідністю / Б. Турко, В. Васільєв, Ю. Еліяшевський, М. Рудко, Н. Швець, А. Васьків, Л. Грицак, В. Капустяник, А. Коструба, С. Семак // *J. Phys. Stud.* – 2022. – Т. 26 – С. 4402. – 7с. <https://doi.org/10.30970/jps.26.4402>
50. Hrytsak L. Porous zinc oxide plate with micro- and nanoelements of the surface structure for heterogeneous photocatalysis. / L. Hrytsak, B. Turko, V. Vasil'yev, R. Serkiz, A. Kostruba // *J. Phys. Stud.* – 2022. – Vol. 26 – P. 3401. – 4p. <https://doi.org/10.30970/jps.26.3401>
51. Kapustianyk V. Magnetic and Ferroelectric Properties of New Potential Magnetic Multiferroic  $[\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_4]_2\text{CoCl}_2\text{Br}_2$  / V. Kapustianyk, B. Cristóvão, D. Osypiuk, Yu. Eliyashevskyy, Yu. Chornii, B. Sadovyi // *Acta Phys. Pol. A.* – 2021. – 140, 5 – P. 450. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.140.450>
52. Kapustianyk V. The correlation between electric polarization and magnetic properties in  $[\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_4]_2\text{CoCl}_2\text{Br}_2$  crystal at low temperatures. / Kapustianyk V., Eliyashevskyy Yu., U. Mostovoi1, S. Semak1, Tarasenko R., Tkáč V., Feher A., Čížmár E. // *Physica B: Condensed Matter.* – 2022. – Vol. 646 – P. 414299. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2022.414299>
53. Kapustianyk V. Manifestation of ferroelastoelectric phase transition in temperature changes of the optical absorption edge in  $(\text{NH}_4)_2\text{CuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  crystal / V. Kapustianyk, S. Semak, Yu. Chornii, M. Rudko // *Phase Transitions.* – 2022. – 95 – P. 626-633. <https://doi.org/10.1080/01411594.2022.2088372>
54. Stasyuk N. Reusable alcohol oxidase-nPtCu/alginate beads for highly sensitive ethanol assay in beverages / Stasyuk N., Demkiv O., Gayda G., Zakalska O., Zakalskiy A., Serkiz R., Kavetsky T., Gonchar M. // *RSC Advances.* – 2022. – Vol 12, , Issue 33 – P. 21309-21317. <https://doi.org/10.1039/d2ra02106d>
55. Mykhaylyk V. Growth, structure, and temperature dependent emission processes in emerging metal hexachloride scintillators  $\text{Cs}_2\text{HfCl}_6$  and  $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6$  / V. Mykhaylyk, S. S. Nagorny, V. V. Nahorna, P. Wang, M. D. Frogley, L. Swiderski, V. Kolomiets, L. Vasylechko // *Dalton Transactions.* – 2022. – 51, 17 – C. 6944-6954. <https://doi.org/10.1039/d2dt00223j>
56. Brezvin R.S. Influence of  $\text{Mn}^{2+}$  doping on refractive and electronic properties of  $\beta\text{-LiNH}_4\text{SO}_4$  crystals / R.S. Brezvin, M. Piasecki, O.Ya. Kostetskyi, P.A. Shchepanskyi, V.Yo. Stadnyk, O.R. Onufriv, M.Ya. Rudysh // *Physica B.* – 2023. – Vol. 648. – P. 414426.
57. Malyi T. Template synthesis of luminescent oligoperoxide coated  $\gamma\text{BO}_3$  nanoparticles doped with  $\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Tb}^{3+}$  and  $\text{Eu}^{3+}$  ions / T. Malyi, V. Tsiumra, V. Vistovsky, N. Mitina, N. Musat, H. Stryhanyuk, A. Kondyr, A. Zaichenko, A. Voloshinovskii // *Opt. Mater.* – 2022. – 124 – 112008 (1-8) – DOI: 10.1016/j.optmat.2022.112008.
58. Vasylechko V.O. Sorption-luminescence method for determination of cerium using Transcarpathian clinoptilolite. / V.O. Vasylechko, H.P. Sak, G.V. Gryshchouk, A. Gloskovskii, Ya. Kalychak, A. Voloshinovskii, V. Vistovsky // *Appl. Nanosci.* – 2022. – 12, 3 – P. 543-551. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01719-5>.
59. Berezovskaya, I.V. Experimental and first-principles studies on photoluminescence of  $\text{Ce}^{3+}$ -doped calcium chloroborate  $\text{Ca}_2\text{BO}_3\text{Cl}$  / I.V Berezovskaya, S. Zhou, B. Lou, A.S. Voloshinovskii, V.P. Dotsenko // *J. Lumin.* – 2022. – 244 – 118730 – DOI: 10.1016/j.jlumin.2022.118730.
60. Aksimentyeva O. Broadband Electromagnetic Radiation Absorber Based on Bifunctional Polymer-Magnetite Composite / O. Aksimentyeva, S. Malynych, R. Filipsonov, R. Gamernyk // *Acta Phys. Pol. A.* – 2022. – 144 – P. 356-360. – DOI: 10.12693/APhysPolA.141.356.



61. Virt I. Transient Photoconduction and Relaxation Photocurrent of ZnO Thin Films Produced by Pulsed Laser Deposition / I. Virt, R. Gamernyk, P. Potera, B. Cieniek, A. Lozynsky // *ECS J. Solid State Sci. Technol.* – 2022. – 11, 6 – 063013 – DOI: 10.1149/2162-8777/ac765f.
62. Myagkota S. Spectral and Luminescence Properties of Linseed Oils of Different Prehistory / S. Myagkota, R. Shevchuk, O. Sukach, A. Pushak, T. Malyi, M. Fulmes // *Journal of Fluorescence.* – 2022. – 32, 6 – С. 1991-1998. – DOI: 10.1007/s10895-022-02993-4.
63. Kashuba A. I. Concentration dependences of electronic band structure of CdSe<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub> thin films / A.I. Kashuba, B. Andriyevsky, O.S. Kushnir, I.V. Semkiv, T.S. Malyi, R.Yu. Petrus // *Appl. Nanosci.* – 2022. – 13 September 2022 – P. 1-10. – DOI: 10.1007/s13204-022-02613-4.

**2 Статті в інших виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science, Scopus та інших;**

1. Susulovska N. A. Quantifying geometric measure of entanglement of multi-qubit graph states on the IBM's quantum computer / N.A. Susulovska, K.P. Gnatenko // 2021 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE), Broomfield, CO, USA, 17-22 October 2021. – P. 465-466.
2. Gnatenko K. P. Detecting energy levels of spin systems on IBM's quantum computer by evolution of mean value of physical quantity / K.P. Gnatenko, H.P. Laba, V.M. Tkachuk // 2021 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE), Broomfield, CO, USA, 17-22 October 2021. – P. 433-434.

**3 Статті в інших закордонних виданнях;**

3. Stasyuk N. Highly Sensitive Amperometric Biosensors Based on Oxidases and CuCe Nanoparticles Coupled with Porous Gold / N. Stasyuk, O. Demkiv, G. Gayda, R. Serkiz, A. Zakalskiy, O. Zakalska, H. Klepach, G. Al-Maali, N. Bisko, M. Gonchar // *Engineering Proceedings.* – 2022. – Vol 16(1), Issue 3. <https://doi.org/10.3390/IECB2022-12251>

**4 Статті у фахових виданнях України;**

1. Гусєв М. Параметризація рангово-частотних розподілів послідовностей нуклеотидів у вірусних РНК / М. Гусєв, А. Ровенчак // *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. фіз.* – 2021. – Вип. 58. – С. 72-84. <https://doi.org/10.30970/vph.58.2021.72>
2. Щепанський П. Кристалооптичні параметри одновісно затиснутих кристалів LiNaSO<sub>4</sub> // П. Щепанський, В. Стадник, М. Рудиш, І. Матвійшин // *Електроніка та інформаційні технології.* – 2022. – Випуск 18. – С. 78–86.
3. Дендебера М.П., Люмінесценція наночастинок CsPbBr<sub>3</sub>, вкраплених у KBr / М.П. Дендебера, Т.С. Малий, А.С. Пушак, Я.М. Чорнодольський, О.Т. Антоняк, В.В. Вістовський, А.С. Волошиновський // *Вісник Львівського університету. Серія фізична* – 2021. – Том 58. – С. 98-107. <https://doi.org/10.30970/vph.58.2021.98>
4. Ваврух М. В. Ефект депресії у спектрах неперервного випромінювання Сонця і зір / М. В. Ваврух, О. М. Стельмах, Д. В. Дзіковський // *Вісник Львівського університету. Серія фізична.* – 2021. – вип.58 – С. 39-49. – DOI: <https://doi.org/10.30970/vph.58.2021.39>.
5. Плевачук Ю. Електропровідність розплавів Sn–Ag–Cu з нанорозмірними керамічними домішками / Ю. Плевачук, О. Ткач, М. Дуфанець, В. Повержук // *Вісник Львівського університету. Серія фізична.* – 2022. – Вип. 59 – С. 42-52. – DOI: 10.30970/vph.59.2022.42.
6. Капустяник В. Вивчення модифікації хромофорної групи у сегнетоеластоелектрику (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CuCl<sub>4</sub> × 2H<sub>2</sub>O з використанням абсорбційної спектроскопії і комп'ютерного моделювання / В. Капустяник, С. Семак, Ю. Чорній, О. Бовгира, М. Коваленко // *Вісник Львівського університету. Серія фізична.* – 2022. – Т. 59 – С. 23-40. <https://doi.org/10.30970/vph.59.2022.23>

7. Козаченко О. Першопринципне моделювання структурних, електронних і оптичних властивостей  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  / О. Козаченко, О. Бовгира, М. Коваленко, В. Капустяник, П. Якібчук // Електроніка та інформаційні технології. – 2022. – Вип. 18 – С. 65-77. <https://doi.org/10.30970/eli.18.7>
8. Карбовник І. Поляризована фотолюмінесценція отриманих методом осадження під косим кутом тонких плівок диціанометиленапірану та його похідних / І. Карбовник, Б. Турко, В. Васильєв, А. Кухта, О. Кушнір, Г. Клим // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 2021. – Вип. 58 – С. 50-60. <https://doi.org/10.30970/vph.58.2021.50>
9. Ковалишин Я. Електричні властивості катодного матеріалу літєвих хдс на основі поліаніліну, синтезованого за різних мольних надлишків пероксидисульфату / Я. Ковалишин, М. Коров'яков, Б. Остапович, Т. Гречух // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. – 2022. – Т. 63 – С. 347-354. <https://doi.org/10.30970/vch.6301.347>
10. Капустяник В. Вивчення модифікації хромофорної групи у сегнетоеластоелектрику  $(\text{NH}_4)_2\text{CuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  з використанням абсорбційної спектроскопії і комп'ютерного моделювання / В. Капустяник, С. Семак, Ю. Чорній, О. Бовгира, М. Коваленко // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 2022. – Т. 59 – С. 23-40. <https://doi.org/10.30970/vph.59.2022.23>
11. Mykhaylyk V. Growth, structure, and temperature dependent emission processes in emerging metal hexachloride scintillators  $\text{Cs}_2\text{HfCl}_6$  and  $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6$  / V. Mykhaylyk, S. S. Nagorny, V. V. Nahorna, P. Wang, M. D. Frogley, L. Swiderski, V. Kolomiets, L. Vasylechko // Dalton Transactions. – 2022. – 51, 17 – С. 6944-6954. <https://doi.org/10.1039/d2dt00223j>
12. Нестерівська С. Видалення  $\text{Cr}(\text{VI})$  із водних розчинів зразками поліаніліну, допованого фосфатною кислотою / С. Нестерівська, Л. Вірста, М. Яцишин, М. Сидорко, В. Макогон, Р. Серкіз, Н. Пандяк, О. Решетняк // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. – 2022. – 63 – С. 289-307. <https://doi.org/10.30970/vch.6301.289>
13. Сидорко М. Адсорбція  $\text{Cr}(\text{VI})$  поліаніліном та композитом цеоліт/поліанілін–сульфатна кислота / М. Сидорко, С. Нестерівська, М. Яцишин, І. Марчук, Н. Думанчук, Р. Серкіз, А. Зелінський, О. Решетняк // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. – 2022. – 63 – С. 314-336. <https://doi.org/10.30970/vch.6301.314>
14. Parandiy P. Microprocessor system for investigation of sensor characteristics on the basis of porous silicon / P. Parandiy, V. Rabyk, B. Turko // Електроніка та інформаційні технології. – 2021. – Vol. 16 – Р. 69-79. <https://doi.org/10.30970/eli.16.7>
15. Рудиш М. Анізотропія пружних та акустичних властивостей кристалів  $\text{AgGaTe}_2$  / М. Рудиш, Г. Мирончук, О. Рудиш // Фізика та освітні технології. – 2022. – Т.1 – С. 70-78.

### **5 Статті в інших виданнях України.**

1. Мудрий С.І. Мікронеоднорідність структури металевих розплавів / С.І. Мудрий, І.І. Штаблавий // Наукова рада з проблеми «Фізика м'якої речовини». Короткий підсумок діяльності протягом 2016–2020 років. – 2021. – С. 55-70.

### **Тези доповідей на конференціях**

Тези доповідей на міжнародних конференціях.

1. Panochko G., Pastukhov V. Bi-polaron in  $\text{SU}(3)$  Fermi gas with three-body interaction // 29th International Conference on Low Temperature Physics (LT29), August 18-24, 2022, Sapporo, Japan. – Poster P19-SF1-26.
2. Gnatenko Kh. Studies of graph properties on IBM's quantum computer // International Conference of Students and Young Researchers in Theoretical and Experimental Physics "Heureka-2022", October 18-20, 2022. Lviv, Ukraine: Book of Abstracts. – P. D3.
3. Лупанов А. Знаходження основних станів спінових систем з взаємодією Ізінга на квантовому комп'ютері компанії ІВМ // Міжнародна конференція студентів і молодих

- науковців з теоретичної та експериментальної фізики "Еврика-2022", Львів, 18-20 жовтня 2022 р.: Тези доповідей. – С. D4.
4. Gnatenko Kh. P., Laba H. P., Tkachuk V. M. Quantifying of graph properties on a quantum computer // 14th Workshop on Current Problems in Physics, 24-27 October 2022, Zielona Góra, Poland: Book of Abstracts. – P. 11.
  5. Tkachuk V. M., Gnatenko Kh. P. Studies of the spin-1 tunneling on IBM's quantum computer // 14th Workshop on Current Problems in Physics, 24-27 October 2022, Zielona Góra, Poland: Book of Abstracts. – P. 17.
  6. Kuzmak A. R. Entanglement in the rhombic spin cluster // 14th Workshop on Current Problems in Physics, 24-27 October 2022, Zielona Góra, Poland: Book of Abstracts. – P. 29.
  7. Susulovska N. A. Quantum computations of the geometric measure of entanglement of multi-qubit graph states // 14th Workshop on Current Problems in Physics, 24-27 October 2022, Zielona Góra, Poland: Book of Abstracts. – P. 35.
  8. Gnatenko Kh. P., Laba H. P., Tkachuk V. M. Estimation of energy levels of spin systems on IBM's quantum computer through the studies of mean value evolution [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 2.
  9. Samar M. I., Tkachuk V. M. Dirac  $\delta$ -function potential in quasiposition representation of deformed space with minimal length [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 4.
  10. Susulovska N. A. Relation of entanglement of multi-qubit graph states with a vertex degree and its detection on a quantum computer [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 6.
  11. Tymyk S. Investigation of Heisenberg spin systems on an IBM's quantum computer [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 8.
  12. Kuzmak A. R. Modeling and measurement of spin-1 on a quantum computer [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 10.
  13. Hryhorchak O. Finding eigenenergies and eigenfunctions of a quantum mechanical system of barriers and wells in the quantum mechanical impedance approach [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 11.
  14. Tkachuk V. M. Tunneling of entangled particles [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 13.
  15. Kryzhova A. V. Detection of the probability of a quantum state determination among N possible ones on a quantum computer [Workshop on Current Problems in Physics, Lviv, 25-27 October 2021] // J. Phys. Stud. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – Art. 4998. – P. 14.
  16. Дзіковський Д. Вироджені карлики зі швидким осьовим обертанням / Д. Дзіковський, М. Ваврух // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики Еврика-2022 : Тези доповідей, м. Львів, Україна, 18-20 жовтня 2022 р. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2022. – С. 1.
  17. Koshmak I. Ionization-correction factors obtained by photoionization modeling of III regions surrounding continuous star-forming regions / I. Koshmak, B. Melekh // 22-nd Gamow International Astronomical Conference "Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, astroparticle physics, radio astronomy and astrobiology", Odesa, Ukraine, 22-26 August 2022 – 2022. – P. 11.
  18. Kasheba M. Photoionization analysis of the hydrodynamical models of planetary nebulae evolution / M. Kasheba, B.Ya. Melekh, A. Vilkhа // 22-nd Gamow International Astronomical Conference "Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, astroparticle

- physics, radio astronomy and astrobiology ", Odesa, Ukraine, August 22-26, 2022 – 2022. – P. 11.
19. Мелех Б.Я., Деякі актуальні задачі в області космічної ситуаційної обізнаності / Б.Я. Мелех, Е.Б. Вовчик, А.І. Білінський, Р.Т. Ногач, К.П. Мартинюк-Лотоцький, О.С. Сорока, Я.М. Чорнодольський // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19–21 жовтня 2022 р., – Харків, Україна. – С. 1055.
  20. Patrii M. Dopplerography of the Tycho supernova remnant. / Mariana Patrii // RAC International summer school 2022. Advanced materials design at x-ray and neutron facilities. Focal theme: X-rays and Neutrons for a Sustainable Future - Advanced Materials, Climate Crisis, Human Health : Abstracts and Participants, Varberg, Sweden, August 14-21, 2022 – 2022.
  21. Horon B. I. Refractive indices of ammonium fluoroberyllate crystals in a wide range of temperatures // B. I. Horon, V. Y. Stadnyk, O. S. Kushnir // 11 Inter. conf. RNAOPM-2022 – Proceeding, Book of abstr. – Lutsk – 01.06-05.06.2022. – P. 44-45.
  22. Rudysh M.Ya. Ab initio study of electronic, optical, elastic, and vibrational properties of AgAlS<sub>2</sub> crystal // M.Ya. Rudysh, G.L. Myronchuk, M. Piasecki, V.Yo. Stadnyk, R.S. Brezvin, P.A. Shchepanskyi // 11 Inter. conf. RNAOPM-2022 – Proceeding, Book of abstr. – Lutsk – 01.06-05.06.2022. – P. 67-68.
  23. Костецький О.Я. Термічне розширення домішкових кристалів  $\beta$ -LiNH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub>: Mn // О. Я. Костецький, Р. С. Брезвін, В. Й. Стадник, П. А. Щепанський, М. Я. Рудиш, А. О. Шаправський // XI Міжн. наук. конф. РНАОПМ-2022 – Матеріали. – Луцьк – 01.06-05.06.2022. – С. 49-50.
  24. Мицик Б. Фотопружність кристалів фторберилату амонію // Б. Мицик, В.Стадник, Н. Дем'янишин, П. Щепанський, А. Андрушак // XI Міжн. наук. конф. РНАОПМ-2022 – Матеріали. – Луцьк – 01.06-05.06.2022. – С. 54-58.
  25. Костецький О. Я. Оптико-спектральні властивості домішкових кристалів  $\beta$ -LiNH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub>: Mn // О. Я. Костецький, Р. С. Брезвін, В. Й. Стадник, П. А. Щепанський, М. Я. Рудиш, А. О. Шаправський // XI Міжн. наук. конф. РНАОПМ-2022 – Матеріали. – Луцьк – 01.06-05.06.2022. – С. 51-52.
  26. Пришко І.А. Оптико-електронні параметри кристалів Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> // І.А. Пришко, М.Я. Рудиш, В.Й. Стадник, Р.С. Брезвін, П.А. Щепанський XI Міжн. наук. конф. РНАОПМ-2022 – Матеріали. – Луцьк – 01.06-05.06.2022. – С. 63-64.
  27. Шаправський А.О. Рефрактивні параметри кристала (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>ZnCl<sub>5</sub> // А.О. Шаправський, М.Я. Рудиш, Р.С. Брезвін, П.А. Щепанський, В.Й. Стадник // Міжн. конф. з теор. та експ.фізики «ЕВРИКА–2022»: Збірник тез, 18-20.10. 21, Львів, Україна – С. В5.
  28. Костецький О. Двопроменезаломлюючі властивості одновісно навантажених кристалів  $\beta$ -LiNH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub> з домішкою марганцю // О. Костецький, М.Я. Рудиш, Р.С. Брезвін, П.А. Щепанський, В.Й. Стадник, Д.І. Якимець // Міжн. конф. з теор. та експ.фізики «ЕВРИКА–2022»: Збірник тез, 18-20.10. 21, Львів, Україна – С. В6.
  29. Пришко І. Кристалооптика сполуки Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> // І. Пришко, М. Рудиш, Р. Брезвін, В. Стадник, П. Щепанський // Міжн. конф. з теор. та експ.фізики «ЕВРИКА–2022»: Збірник тез, 18-20.10. 21, Львів, Україна – С. В8.
  30. Rudysh M.Ya. Structure and properties of AgAlS<sub>2</sub> crystal: dft study // M.Ya. Rudysh, A.O. Fedorchuk, G.L. Myronchuk, V.Yo. Stadnyk, R.S. Brezvin, P.A. Shchepanskyi // Inter. Conf in Theor. and Exper Physics «HEUREKA-2022»: Book of abstracts, 18-20. 10.22. – Lviv, Ukraine. –P. B12.
  31. Horon B. Influence of structural defects on incommensurate-ferroelectric phase transition in ammonium fluoroberyllate // B. Horon, O. Kushnir, M. Rudysh, V. Stadnyk // Inter. Conf in

- Theor. and Exper Physics «HEUREKA-2022»: Book of abstracts, 18-20. 10.22. – Lviv, Ukraine. –P. B7.
32. Horon B. Comparison of Levanyuk–Sannikov and Prelovšek–Levstik–Filipič models for incommensurate–ferroelectric phase transition in ammonium fluoroberyllate// B. Horon, O. Kushnir, M. Rudysh, V. Stadnyk // XI International seminar “Properties of ferroelectric and superionic systems”: Book of abstracts, 28.10.22. – Uzhhorod, Ukraine. –P. 2.
  33. Rudysh M.Ya. Electronic structure, optical, and elastic properties of AgAlS<sub>2</sub> crystal at high pressure phase // M. Ya. Rudysh, M. Piasecki, A.O. Fedorchuk, G.L. Myronchuk, V. Yo. Stadnyk, R. S. Brezvin, P. A. Shchepanskyi // XI International seminar “Properties of ferroelectric and superionic systems”: Book of abstracts, 28.10.22. – Uzhhorod, Ukraine. – P. 12.
  34. Rudysh M. Ya. Electronic structure, optical, and elastic properties of AgAlS<sub>2</sub> crystal at high pressure phase // Ya. Rudysh, M. Piasecki, A.O. Fedorchuk, G.L. Myronchuk, V. Yo. Stadnyk, R. S. Brezvin, P. A. Shchepanskyi// // XI International seminar “Properties of ferroelectric and superionic systems”: Book of abstracts, 28.10.22. – Uzhhorod, Ukraine. – P. 13.
  35. Aksimtyeva O. Poly(o-anisidine)- Graphene Oxide Nanocomposites / O. Aksimtyeva, O. Konopelnyk, Yuliia Horbenko, Hrygorii Starykov // Abstracts of 12th International Conference “Nanomaterials: Applications & Properties” (NAP-2022), Sept. 11-16, 2021.- Kraków, Poland. – P. NSS- 294 eP64.
  36. Швець В., Поглинання та фотолюмінесценція монокристалів CsSnBr<sub>3</sub>/ В. Швець, Д. Підручний, Т. Демків // // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», 18–20 жовтня, 2022. – Львів, Україна. – С. В9.
  37. Гойнець Ю.М., Енергетичні положення рівнів Ce<sup>3+</sup> в кристалі LaCl<sub>3</sub> / Ю.М. Гойнець, Я.М. Чорнодольський // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», 18–20 жовтня, 2022. – Львів, Україна. – С. В11.
  38. Фещук Т.В., Електронна структура кристалів LaBr<sub>3</sub> та CeBr<sub>3</sub> / Т.В. Фещук, В.О. Карнаушенко, Я.М. Чорнодольський // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», 18–20 жовтня, 2022. – Львів, Україна. – С. В13.
  39. Грабчак В.І., Застосування природних деструкторів для ліквідації екологічних забруднень, пов’язаних з військовою діяльністю / В.І. Грабчак, П.І. Ванкевич, П.А. Болкот, А.Д. Черненко, С.О. Ігнацевич, Я.М. Чорнодольський // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19–21 жовтня 2022 р., – Харків, Україна. – С. 1001.
  40. Ігнацевич С.О., Практичне використання мікроемульсії / С.О. Ігнацевич, Я.М. Чорнодольський, В.І. Грабчак, П.І. Ванкевич, А.Д. Черненко, П.А. Болкот // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19–21 жовтня 2022 р., – Харків, Україна. – С. 1016.
  41. Shtablavyi I. Fabrication of Cu-based-CNT composites via electroplating and powder metallurgy techniques / I. Shtablavyi, N. Popilovskyi, Yu. Kulyk, R. Serkiz, B. Tsizh, S. Mudry // International research and practice conference “Nanotechnology and Nanomaterials”, Lviv, Україна, 25-27 of August 2022 – 2022. – P. 187.
  42. Shtablavyi I. Formation of nanoscale phases during rapid solidification of Al-Cu-Si alloys. / I. Shtablavyi, N. Popilovskyi, Yu. Kulyk, R. Serkiz, B. Tsizh, S. Mudry // International research and practice conference “Nanotechnology and Nanomaterials” , Lviv, Україна, 25-27 of August 2022 – 2022. – P. 188.

43. Plevachuk Yu Investigation of Wetting Processes and Interphase Interaction in the System of Sn - NiO Powder / Yu Plevachuk, I. Shtablavyi, Yu. Kulyk, S. Mudry // 10th International Conference on High Temperature Capillarity HTC 2022, Kraków, Poland, 12–16 of September, 2022 – 2022. – P. 67.
44. Mudry S. I. Self-organization in amorphous-nanocrystalline Fe-based alloys induced by pulsed laser heating and Joule heating / S. I. Mudry Y. S. Nykyruy // The 18th International Conference on Functional and Nanostructured Materials, Zielona Góra, Польша, 26-28 September, 2022 – 2022.
45. Prunitsa V Structure and physical properties changes of Fe-based amorphous alloys at annealing by electrical current. / Mudry S.I., Kulyk Y.O., Nykyruy Y.S. Prunitsa V // The International research and practice conference “Nanotechnology and nanomaterials” (NANO-2022), Львів, Україна, 25–27 August 2022 – Kyiv : LLC APF POLYGRAPH SERVICE, 2022. – P. 507.
46. Mudry S. Inhomogeneous metallic liquids: experimental studies and model description. / S. Mudry, I. Shtablavyi, N. Popilovskyi // 14th Workshop on Current Problems in Physics 2022 (WCPP'22), Zielona Góra, Poland, 24 - 27 October 2022 – 2022. – P. 32.
47. Prsyazhnyuk V. Flooding of massive samples and thin films of the Gd-Fe system / Prsyazhnyuk V. // Nanotechnology and Nanomaterials : Збірник тез доповідей, Львів, Україна, 25-27 серпня 2022 року – Львів : Галицька видавнича спілка, 2022. – P. 323.
48. Prsyazhnyuk V. Influence of flooding on compounds and films of the Gd-Fe system / Prsyazhnyuk V. // Nanoobjects & Nanostructuring : Львів, Львів, Україна, 25-28 вересня 2022 року – Львів : ЛНУ, 2022. – P. 97.
49. Shcherba I. Structural chemistry, electrical and X-ray spectroscopic properties of the ternary Ce–Ni–P compounds / I. Shcherba, V. Denys, V. Babizhetskyy, V. Antonov, D. Uskoković, H. Noga, B. Jatsyk // XXIII Annual conference YUCOMAT 2022 & XII World round table conference on sintering XII WRTCS : Book of abstracts, Herceg Novi, Montenegro, August 29 – September 2, 2022 – Belgrade : Materials Research Society of Serbia, 2022. – 11.
50. Попільовський Н. Молекулярнодинамічне моделювання та експериментальне дослідження структури потрійних розплавів системи Al-Cu-Si / Н. Попільовський, І. Штаблавий, Ю. Кулик // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЕВРИКА–2022 , Lviv, Україна, 18-20 жовтня 2022 – 2022. – С. А23.
51. Brillo J. Surface tension of liquid Ti-V alloys and their interaction with oxygen / J. Brillo, B. Reiplinger, Yu. Plevachuk, J. Wessing // 13th Asian Microgravity Symposium - 2022, Jeju Island, Republic of Korea, 24 - 28 October, 2022 – 2022.
52. Plevachuk Yu. Effect of metal deposited nanoparticles and the nanoparticle doped flux on solder joints between lead-free solders and metal substrates / Yu. Plevachuk, P. Švec Sr, P. Švec, V. Sklyarchuk // 10th International Conference on High Temperature Capillarity (HTC2022), Krakow, Poland, 12 - 16 September, 2022 – Krakow : Polish Foundrymen's Association, 2022. – P. 45.
53. Reiplinger B. Surface tension of liquid Ti, V and their binary alloys measured by electromagnetic levitation / B. Reiplinger, Y. Plevachuk, J. Brillo // Book of Abstracts, Krakow, Poland, 12 - 16 September, 2022 – Krakow : Polish Foundrymen's Association, 2022. – P. 40.
54. Yakymovych A. Metal deposited nanoparticles as “bridge materials” for lead-free solder nanocomposites / A. Yakymovych, Yu. Plevachuk, P. Švec Sr, P. Švec, V. Sklyarchuk // 10th jubilee International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" (NANO-2022) : Book of Abstracts, Lviv, Ukraine, 25 - 27 August 2022 – Lviv, 2022. – P. 206.
55. Shobei M. Spin-polarized electronic structure of [(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NH]MnCl<sub>3</sub>×2H<sub>2</sub>O crystals / M. Shobei, O. Kozachenko, M. Kovalenko, O. Bovgyra // International Conference of Students and Young Researchers in Theoretical and Experimental Physics “HEUREKA-2022”. : Book of abstracts, Lviv, Ukraine, October 18-20, 2022 – Lviv, 2022. – P. 9.

56. Дзіковський В. Вплив легування атомами Y на електронну структуру ZnO: моделювання з перших принципів / В. Дзіковський, М. Коваленко, О. Бовгира // Тези доповідей Міжнародної конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЕВРИКА-2022, Львів, Україна, 18-20 жовтня 2022 р. – 2022. – С. 16.
57. Kozachenko O. First-principles studies of the local structure and electronic properties of  $Pb[(Mg_{1/3}Nb_{2/3})_xTi_{1-x}]O_3$  crystal / O. Kozachenko, O. Bovgyra, M. Kovalenko // International Conference of Students and Young Researchers in Theoretical and Experimental Physics “HEUREKA-2022”. Book of abstracts, Lviv, Ukraine, October 18-20, 2022 – 2022. – P.17.
58. Ляшенко В. Структура і електронні властивості моношару ZnO легованого атомами рідкісноземельних елементів / В. Ляшенко, М.Коваленко, О. Бовгира // Тези доповідей Міжнародної конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЕВРИКА-2022, Львів, Україна, 18-20 жовтня 2022 р. – 2022. – С. 18.
59. Dzikovskyi V. An ab initio study of small gases adsorbed on Pt-doped ZnO nanotubes / V. Dzikovskyi, O. Bovgyra, M. Kovalenko, R. Bovhyra // Book of abstracts 2nd International research and practice conference «NANOOBJECTS & NANOSTRUCTURING» (N&N-2022), Lviv, Ukraine, September 26–28, 2022 – 2022. – P. 60-61.
60. Tkach P.V. Zinc oxide nanotubes: An ab initio investigation of their structural and electronic properties / P.V. Tkach, M.V. Kovalenko, O.V. Bovgyra // Abstract book International research and practice conference “Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2022)”, Lviv, Ukraine, 25–27 August 2022 – 2022. – P. 192.
61. Bovgyra O.V. Electronic and optical properties of hybrid copper (II) chloride layered perovskites for photovoltaics / O.V. Bovgyra, M. V. Kovalenko, O.V. Kozachenko // VII International scientific and practical conference "Semiconductor materials, information technologies and photovoltaics": Book of abstracts. , Kremenchuk, Ukraine, May 14-15, 2022 – 2022. – P. 20.
62. Bovhyra R.V. Ab initio study of the effect of metal doping on electronic properties of (ZnO)<sub>n</sub> (n= 96, 120) nanoclusters / R.V. Bovhyra, D.I. Popovych, O.V. Bovgyra // Abstract book International research and practice conference “Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2022)”, Lviv, Ukraine, 25–27 August 2022 – 2022. – P. 384.
63. Moroz M. I. Neural network approaches for equilibrium geometry prediction / M. I. Moroz, O. V. Bovgyra // VII International scientific and practical conference "Semiconductor materials, information technologies and photovoltaics": Book of abstracts., Kremenchuk, Ukraine, May 14-15, 2022 – 2022. – P. 86.
64. Moroz M. Utilizing neural networks for efficient equilibrium geometry search / M.Moroz, O. Bovgyra // International Conference of Students and Young Researchers in Theoretical and Experimental Physics “HEUREKA-2022”. : Book of abstracts, Lviv, October 18-20, 2022 – 2022. – С. 24.
65. Vasil'ev V. Photovoltaic cell based on gallium nitride film and zinc oxide microstructures / V. Vasil'ev, B. Turko, B. Sadovyi, Y. Eliyashevskiy // International Conference of Students and Young Scientists in Theoretical and Experimental Physics «HEUREKA-2022», Львів, Україна, 18–20 жовтня – 2022. – P. 15.
66. Zakrevs'kuy O. Electrophysical properties and thermal conductivity of reduced graphene oxide–ZnO composites / O. Zakrevs'kuy, V. Vasil'ev, B. Turko // International Conference of Students and Young Scientists in Theoretical and Experimental Physics «HEUREKA-2022», Львів, Україна, 18–20 жовтня 2022 р. – 2022. – P. 19.
67. Vasil'yev V. Low-temperature studies of the absorption spectra of Alq<sub>3</sub> thin film / V. Vasilyev, B. Turko, L. Hryzak, M. Rudko // 2nd International Research and Practice Conference

- «Nanoobjects & Nanostructuring» (N&N2022), Lviv, Ukraine, 26-28 вересня 2022 р. – 2022. – P. 19-20.
68. Hrytsak L. Zinc oxide porous plate with micro- and nanoelements of the surface structure for heterogeneous photocatalysis / L. Hrytsak, B. Turko, V. Vasilyev, R. Serkiz // 2nd International Research and Practice Conference «Nanoobjects & Nanostructuring» (N&N2022), Lviv, Ukraine, 26-28 вересня 2022 р. – 2022. – P. 27-28.
  69. Hrytsak L. Effect of yttrium doping on the photocatalytic properties of ZnO thin films / L. Hrytsak, B. Turko, V. Vasil'yev // 7th International Congress «Environment Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management», Lviv, Ukraine, 12–14 жовтня 2022 р. – 2022. – P. 91.
  70. Hrytsak L. Photocatalytic degradation of organic pollutants in water by the porous ZnO plate with micro-and nanoelements / L. Hrytsak, B. Turko, V. Vasil'yev // 7th International Congress «Environment Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management», Lviv, Ukraine, 12–14 жовтня 2022 р. – 2022. – P. 92.
  71. Vasil'yev V. Low-temperature technology for obtaining transparent ITO films with high conductivity / V. Vasil'yev, B. Turko, L. Hrytsak, M. Rudko // 7th International Congress «Environment Protection. Energy Saving. Sustainable Environmental Management», Lviv, Ukraine, 12–14 жовтня 2022 р. – 2022. – P. 101.
  72. Hrytsak L. Zinc oxide porous plate with micro- and nanoelements of the surface structure for heterogeneous photocatalysis / L. Hrytsak, B. Turko, V. Vasilyev, R. Serkiz // 2nd International Research and Practice Conference «Nanoobjects & Nanostructuring» (N&N2022), Lviv, Ukraine, 26-28 вересня 2022 р. – 2022. – P. 27-28.
  73. Віра О. Фотовольтаїчний ефект в сегнетоелектрику  $\text{LiH}_3(\text{SeO}_3)_2$  / О. Віра, Ю. Еліяшевський, У. Мостовой, В. Капустяник // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЄВРИКА–2022 : Збірник тез доповідей, Львів, Україна, 18-20 жовтня 2022 р. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім.І. Франка, 2022. – С. А24.
  74. Moroz M. Real-time visualization of space-time metrics using the hamiltonian formulation of the geodesic equation / M. Moroz // International Conference of Students and Young Researchers in Theoretical and Experimental Physics “HEUREKA-2022” : Book of abstracts, Lviv, October 18-20, 2022 – 2022. – P. F3.
  75. Чорній Ю. В. Термохромні нано- та мікрокомпозиції на основі кристалів  $(\text{NH}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2)_2\text{CuCl}_4$  / Ю. В. Чорній, С. І. Семак, В. Б. Капустяник – Ужгород, 2021. – С. 72-73.
  76. Stashkiv O. Sorption-luminescence method for determination of ytterbium / Stashkiv O., V. Vasylechko, R. Gamernyk // 7th International Conference “Ecological and Environmental Chemistry-2022” (EEC-2022) : Book of Abstracts of the 7th International Conference “Ecological and Environmental Chemistry-2022” (EEC-2022), Chisinau, Republic of Moldova, March 3-4, 2022 – Chisinau, 2022. – P. 46.
  77. Aksimentyeva O. Broadband absorbers of electromagnetic radiation / O. Aksimentyeva, S. Malynych, R. Filipsonov, R. Gamernyk, Yu. Horbenko // International Conference of Radiation in various Field of Research (RAD 2022) : Book of Abstract, Herceg Novi, Montenegro, 12-17 June 2022 – 2022. – P. 158.
  78. Рудиш М.Я. Зонна структура кристалів  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$  / М.Я. Рудиш, Д. Мирончук, А. Рижук, С. Понедельник, М. Пясецький // XI міжнародна наукова конференція Релаксаційно, нелінійно, акустооптичні процеси і матеріали РНАОПМ-2022, Луцьк, Україна, 1-5 червня, 2022 р. – Луцьк, 2022. – С. 142-143.
  79. Myronchuk G.L. Peculiarities of electronic structure and properties of  $\text{Pb}_4\text{Ga}_4\text{Ge}(\text{S},\text{Se})_{12}$  crystals / G.L. Myronchuk, O. Nyhmatullina, M.Ya. Rudysh, O.Y. Khyzhun, H.K. Bellagra, Y.M. Kogut, L.V. Piskach, M. Piasecki // International Conference of Students and Young



Scientists in Theoretical and Experimental Physics HEUREKA-2022, Lviv, Ukraine, 18-20 October, 2022 – Lviv, 2022. – P. B10.

80. Rudysh M. Electronic structure and properties of Ag<sub>3</sub>SbS<sub>3</sub> crystal / M. Rudysh, G. Myronchuk, O. Marchuk // International Conference of Students and Young Scientists in Theoretical and Experimental Physics HEUREKA-2022, Lviv, Ukraine, 18-20 October, 2022 – Lviv, 2022. – P. B14.

Тези доповідей на українських конференціях.

1. Gnatenko Kh. P., Laba H. P., Tkachuk V. M. Quantifying the geometric properties of graph states on a quantum computer [Christmass Discussions 2022, Lviv, January 11-12, 2022] // J. Phys. Stud. – 2022. – Vol. 26, No. 1. – P. 1998-5.
2. Hryhorchak O. Quantum wave impedance calculation for an arbitrary piecewise constant potential [Christmass Discussions 2022, Lviv, January 11-12, 2022] // J. Phys. Stud. – 2022. – Vol. 26, No. 1. – P. 1998-7.
3. Samar M. I. Classical cosmology with minimal length uncertainty relation [Christmass Discussions 2022, Lviv, January 11-12, 2022] // J. Phys. Stud. – 2022. – Vol. 26, No. 1. – P. 1998-8.
4. Gnatenko Kh. P., Tkachuk V. M. Studying the spin-1 tunneling on a quantum computer [Різдвяні дискусії 2022, Львів, 11-12 січня 2022] // J. Phys. Stud. – 2022. – Vol. 26, No. 1. – P. 1998-9.
5. Ваврух М. Характеристики обертових вироджених карликів / М. Ваврух, Д. Дзіковський, С. Смеречинський // Різдвяні дискусії : Збірник тез доповідей, м. Львів, Україна, 11-12 січня 2022 р. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2022. – С. 14.
6. Ваврух М. Узагальнена політропна модель для зір типу Сонця / М. Ваврух, Д. Дзіковський // Нестандартні підходи в астрофізиці та релятивістичній механіці : Програма та тези доповідей, м. Львів, Україна, 16-17 вересня 2022 р. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2022. – С. 6.
7. Ваврух М. Обернена задача теорії білих карликів зі швидким осьовим обертанням / М. Ваврух, Д. Дзіковський, С. Смеречинський // Нестандартні підходи в астрофізиці та релятивістичній механіці : Програма та тези доповідей, м. Львів, Україна, 16-17 вересня 2022 р. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2022. – С. 8.
8. Мелех Б. Детальний фотоіонізаційний аналіз результатів хемодинамічних симуляцій еволюції карликових галактик з активним зореутворенням / Б. Мелех // Науковий семінар «Нестандартні підходи в астрофізиці та релятивістичній механіці». Програма та тези доповідей, Львів, Україна, 16-17 вересня – Львів, 2022. – С. 6.
9. Кашеба М. Фотоіонізаційне моделювання за результатами гідродинамічних симуляцій еволюції планетарних туманностей / М. Кашеба, Б. Мелех // Науковий семінар «Нестандартні підходи в астрофізиці та релятивістичній механіці». Програма та тези доповідей, Львів, Україна, 16-17 вересня – Львів, 2022. – С. 7.
10. Кошмак І.О. Виведення іонізаційно-корекційних множників за результатами фотоіонізаційного моделювання зон НІІ навколо областей неперервного зореутворення // Нестандартні підходи в астрофізиці та релятивістичній механіці. 16-17 вересня, 2022 р. – Львів, Україна. – С. 7.
11. Горон Б. Інфрачервоні спектри кристалів (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>BeF<sub>4</sub> / Б. Горон, М. Рудиш, В. Стадник, П. Щепанський // Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених “Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи”, 21-22 жовтня 2022 р., – Луцьк, Україна. – С. 9-10.
12. Пришко І. Зміни показників заломлення кристалів Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / І. Пришко, М. Рудиш, В. Стадник, П. Щепанський // Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції

- здобувачів вищої освіти та молодих вчених “Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи”, 21-22 жовтня 2022 р., – Луцьк, Україна. – С. 40-41.
13. Rudysh M.Ya. Calculation of NLO properties of AgGaS<sub>2</sub> crystal / M.Ya. Rudysh, N.Y. Ftomyn, G.L. Myronchuk, A.O. Fedorchuk, V.Yo. Stadnyk, P.A. Shchepanskyi, R.S. Brezvin // Materials of VII All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists “ Physics and chemistry of the solid state. Status, achievements and prospects ”, 21-22 October 2022, – Lutsk, Ukraine. – P. 93-94.
  14. Грицак Л. Гетерогенний фотокаталіз пористої пластини ZnO з мікро- та нанoeлементами на її поверхні / Л. Грицак, Б. Турко, В. Васильєв, Р. Серкіз // Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики», Київ, Україна, 15 червня 2022 р. – 2022. – С. 34-36.
  15. Васильєв В. Низькотемпературна технологія отримання прозорих плівок ІТО з високою провідністю / В. Васильєв, Б. Турко, Л. Грицак, М. Рудко, Н. Швець // Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики», Київ, Україна, 15 червня 2022 р. – 2022. – С. 14-18.
  16. Васильєв В. Низькотемпературні дослідження спектрів поглинання тонкої плівки Alq<sub>3</sub> / В. Васильєв, Б. Турко, Л. Грицак, М. Рудко // Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики», Київ, Україна, 15 червня 2022 р. – 2022. – С. 19-21.
  17. Vira O. Manifestation of photovoltaic effect in LiH<sub>3</sub>(SeO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> crystal. / O. Vira, Yu. Eliyashevskyy, U. Mostovoy, V. Kapustianyk // Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи» : Матеріали, Луцьк, Україна, 21-22 жовтня 2022 р. – Луцьк, 2022. – Р. 8.
  18. Козаченко О. Локальна структура та електронні властивості Pb[(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>]O<sub>3</sub> під впливом тиску: першопринципне дослідження / О. Козаченко, О. Бовгира, М. Коваленко, В. Капустяник // Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи» : Матеріали, м. Луцьк, Україна, 21-22 жовтня 2022 р. – 2022. – С. 17.
  19. Rudysh M.Ya. Application of DFT + U approach to electronic structure study of AgInSe<sub>2</sub> chalcopyrite crystal / M.Ya. Rudysh, G.L. Myronchuk, M. Piasecki, M.G. Brik // VII All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education graduates and young scientists “ Physics and chemistry of the solid state. Status, achievements and prospects ”, Lutsk, Ukraine, 21-22 October, 2022 – Lutsk, 2022. – P. 42.

## 10 Конференції

**11–12 січня 2022 року** на кафедрі теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука Львівського національного університету імені Івана Франка відбувалися **25-і Різдвяні наукові дискусії** – науковий форум, в рамках якого провідні вчені дискутують на теми проблем квантової механіки, фазових переходів, статистичної фізики, астрофізики, космології, теорії складних систем, фізики твердого тіла, математики та історії науки.

**16-17 вересня 2022 року** відбувся науковий семінар “**Нестандартні підходи в астрофізиці та релятивістичній механіці**”, присвячений 80-річчю професора кафедри астрофізики, заслуженого професора Університету Маркіяна Васильовича Вавруха.

Під час семінару заслухано наукові доповіді з актуальних проблем фізики зір, космології, релятивістичної фізики, квантової механіки та небулярної астрофізики, які представили відомі науковці Львова, Одеси та Тюбінгену. Також цікаві доповіді було презентовано молодими науковцями-астрофізиками у дистанційному режимі. Впродовж засідань велися цікаві дискусії, які породили і висвітлили нові підходи до розв'язку актуальних задач сучасної астрофізики.

### **18-20 жовтня 2022 року відбулась Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «ЕВРИКА-2022», Львів.**

Окрім молодих науковців з ЛНУ ім. Івана Франка, участь у конференції взяли студенти та аспіранти із низки відомих закладів вищої освіти Києва, Львова, Запоріжжя, Харкова, Івано-Франківська, Одеси, Сум, Ужгорода, Кам'янського, Рівного, Луцька, Конотопу, а також представники закордонних наукових установ Віллербану (Франція), Валенсії (Іспанія), Женеви (Швейцарія), Берліна (Німеччина), Вроцлава (Польща), Ченстохови, (Польща), Ургенча (Узбекистан), Актобе (Казахстан), Хошиміну (В'єтнам).

Понад 80 учасників представили свої дослідження, які охоплюють широкий діапазон тем зі сфери теоретичної фізики, прикладної та експериментальної фізики, електроніки та інформаційних технологій. Зокрема, науковці обговорили проблеми квантової теорії, квантової інформатики, фізики конденсованих систем, астрофізики, методи тестування та дослідження в сучасному матеріалознавстві, технологію та інженерію наноструктурованих та сучасних матеріалів, комп'ютерну симуляцію та моделювання явищ і процесів, системи штучного інтелекту.

## **11 Патентно-ліцензійна діяльність:**

11.1 Заявки на винахід (корисну модель) (на видачу патенту на винахід (корисну модель)) – автори, назва, № заявки, дата подачі, заявник(и);

1. Капустяник В. Б., Семак С. І., Чорній Ю. В. Ємнісний датчик магнітного поля на основі магнітодіелектричного ефекту. Заявка на корисну модель №u202107212 від 13.12.2021. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка.
2. Капустяник В. Б., Коломієць В.А., Рудко М.С., Михайлик В.В. Чутливий елемент детектора іонізаційного випромінювання. Заявка на корисну модель №u202202226 від 28.06.2022. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка.
3. Турко Б. І., Грицак Л. Р., Васільєв В. С., Серкіз Р. Я. Фотокаталізатор на основі ZnO, Заявка на корисну модель №u202201730 від 03.06.2022. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка.

11.2 Патенти на винахід (корисну модель) – автори, назва, № патенту, дата видачі, заявник(и).

1. Пат. 126494 Україна, МПК В23К 35/24, В23К 35/26, С22С 13/00, В82У 30/00. Безсвинцевий припій на основі олова / Плевачук Ю. О., Склярчук В. М., Никируй Ю. С., Якимович А. С. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка. Заявка №a202102223 від 27.04.2021. Опубл. 12.10.2022, Бюл. №41.
2. Пат. 150189 Україна, МПК G02F 1/00, С08L 33/00. Спосіб отримання композитного матеріалу з покращеними термохромними властивостями / Скальський В. Р., Семак П.М., Капустяник В. Б., Семак С. І., Чорній Ю. В. Заявники і власники – ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львівський національний університет імені Івана Франка. Заявка №u202104493 від 03.08.2021. Опубл. 12.01.2022, Бюл. №2.

3. Пат. 151487 Україна, МПК G01R 33/02, G01R 27/26. Ємнісний датчик магнітного поля на основі магнітодіелектричного ефекту / Капустяник В. Б., Семак С. І., Чорній Ю. В. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка. Заявка №u202107212 від 13.12.2021. Опубл. 03.08.2022, Бюл. №31.
4. Пат. 152103 Україна, МПК G01T 1/00, G01T 1/20, G01T 1/202. Чутливий елемент детектора іонізаційного випромінювання / Капустяник В. Б., Коломієць В.А., Рудко М.С., Михайлик В.В. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка. Заявка № u202202226 від 28.06.2022. Опубл. 26.10.2022, Бюл. №43.

12 Матеріальна база підрозділу (обладнання, придбане за звітний період чи введене в дію на кінець звітного року).

13 Пропозиції щодо нових форм організації наукової роботи в ринкових умовах.

Кооперація в межах факультету та університету, використання нової та сучасної апаратури для проведення експериментальних досліджень.

Активніша діяльність в електронних засобах наукової інформації.

Реклама об'єктів інтелектуальної власності; підготовка та подача нових запитів на гранти; пошук замовників на виконання госпдоговірних робіт.

Публікації наукових результатів у рейтингових вітчизняних та закордонних журналах.

Участь у конкурсах на отримання вітчизняних грантів для проведення наукових досліджень.

Співпраця з інститутами НАН України, використання практики створення тимчасових творчих колективів.

Передбачати кошти для прийому іноземних науковців, які відвідують фізичний факультет в рамках угод між університетами.

Забезпечення навчальними установками для проведення лабораторних занять з відповідних спецкурсів.

Враховувати пропозиції кафедр при плануванні закупівель наукового обладнання.

Звіт заслухано і затверджено на Вченій раді фізичного факультету  
від 17 листопада 2022 р. протокол № 9

**В.о. декана фізичного факультету**  
доцент

**Ярослав ЧОРНОДОЛЬСЬКИЙ**