

**Національна академія наук України  
Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова**

**НАЙВАЖЛИВІШІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ  
ІНСТИТУТУ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ  
ІМ. М.М. БОГОЛЮБОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ  
У 2025 РОЦІ**

**TOPMOST SCIENTIFIC RESULTS 2025  
OF THE BOGOLYUBOV INSTITUTE  
FOR THEORETICAL PHYSICS  
OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF UKRAINE**

**Київ 2026**

Відділ фізики високих густин енергії .....	3
Відділ теорії ядра і квантової теорії поля .....	4
Відділ математичних методів у теоретичній фізиці .....	6
Відділ астрофізики та елементарних частинок.....	8
Відділ теорії квантових процесів у наносистемах.....	10
Відділ теорії нелінійних процесів у конденсованих середовищах	11
Відділ теоретичної та обчислювальної біофізики.....	12
Відділ синергетики.....	14
Відділ комп'ютерного забезпечення наукових досліджень .....	16
Кафедра теоретичної та математичної фізики .....	17
Наукові публікації.....	18
Конференції та семінари.....	18
Нагороди та відзнаки .....	19

## CONTENTS

Department of High-Density Energy Physics .....	20
Department of Theory of Nuclei and Quantum Field Theory .....	21
Department of Mathematical Methods in Theoretical Physics.....	23
Department of Astrophysics and Elementary Particles .....	25
Department of Quantum Processes in Nanosystems.....	26
Department of Nonlinear Processes in Condensed Matter.....	27
Department of Theoretical and Computational Biophysics.....	29
Department of Synergetics .....	30
Department of Computer Maintenance.....	33
Department of Theoretical and Mathematical Physics.....	33
Scientific publications.....	34
Conferences & Seminars .....	34
Prizes and Awards.....	35

## ВІДДІЛ ФІЗИКИ ВИСОКИХ ГУСТИН ЕНЕРГІЇ

Сильні взаємодії зберігають ізоспінову симетрію між кварками вгору (u) та вниз (d), що є частиною більш загальної симетрії аромату. У випадку утворення K-мезонів, якби ця ізоспінова симетрія була точною, це призвело б до рівної кількості заряджених ( $K^+$  та  $K^-$ ) та нейтральних ( $K^0$  та анти- $K^0$ ) мезонів, що утворюються в зіткненнях ізоспін-симетричних атомних ядер. Виявлено, що кількість утворених  $K^+$  та  $K^-$  мезонів на 18,4% вища, ніж нейтральних K-мезонів. Використовуючи добре встановлені моделі утворення адронів, продемонстровано, що відомі ефекти порушення ізоспінової симетрії та початкові ядра, які містять більше нейтронів, ніж протонів, призводять лише до невеликого (кілька відсотків) відхилення співвідношення заряджених до нейтральних каонів від одиниці при високих енергіях. Таким чином, вони не можуть пояснити результатів вимірювання. Для встановлення причини спостережуваного порушення ізоспінової симетрії необхідні нові систематичні, високоточні вимірювання та додаткові теоретичні зусилля. (М.І. Горенштейн, Р.В. Побережнюк)

- Adhikar, H. (NA61/SHINE); Gorenstein, M.; Poberezhnyuk, R., 2025. Excess of charged over neutral K meson production in high-energy collisions of atomic nuclei. *Nature Communications*, **16**, 2849. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57234-6>

Розроблено модель для опису динаміки сильновзаємодійної матерії у релятивістських ядро-ядерних зіткненнях в умовах, характерних для експериментальних програм RHIC BES, FAIR CBM та HADES. Запропонована модель є розширенням попередньої версії Інтегрованої гідрокінетичної моделі (iHKM) і враховує специфіку процесів за нижчих енергій. Вона включає п'ять послідовних стадій, що охоплюють як мікроскопічний опис нерівноважного стану матерії, так і макроскопічний гідродинамічний опис рівноважної фази гарячої кварк-глюонної плазми, із виконанням законів збереження енергії, імпульсу, а також баріонного, електричного й дивного зарядів. Модель дає змогу досліджувати властивості матерії через рівняння стану, транспортні коефіцієнти, темпи термалізації та інші параметри, що впливають на спостережувані величини. Крім того, вона відтворює поступову термалізацію системи та допускає можливість її часткової термалізації (М.Д. Аджимамбетов, Ю.М. Синюков)

- Adzhymambetov, M.; Sinyukov, Y., 2025. Extension of the integrated hydrokinetic model to nuclear collision energies relevant for the RHIC Beam-Energy Scan program and the research program at GSI-FAIR. *Physical Review C*, **112**, 034906. [doi.org/10.1103/2g39-y1d1](https://doi.org/10.1103/2g39-y1d1)

Виконано дослідження фазової структури тривимірних калібрувальних теорій  $Z(2)$  та  $SU(2)$  з полями Гігса методами Монте-Карло та аналітичними підходами. Обчислено два різні параметри порядку, що дають змогу розрізняти три фази теорії: (1) оператор Фреденгагена-Марчу, який використовується для розрізнення фаз деконфайнменту та конфайнменту/Гігса, і (2) оператор Грінсайта-Мацуяма, нещодавно запропонований для розрізнення фаз конфайнменту та Гігса. Детально досліджено та описано фазову діаграму моделі. (О.А. Борисенко)

- Alles, V.V.; Borisenko, O.; Papa, A., 2025. Confinement-Higgs and deconfinement-Higgs transitions in three-dimensional  $Z(2)$  LGT. *Physical Review D*, **111**, 014509. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.111.014509>

## ВІДДІЛ ТЕОРІЇ ЯДРА І КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ПОЛЯ

Досліджено термодинамічні властивості взаємодійної релятивістської системи бозонних частинок і античастинок. Знайдено, що при постійній густині ізоспіну (заряду) така система виявляє чотири типи фазових переходів у фазу Бозе-Айнштайнівського конденсату. Три типи належать до фазового переходу другого роду і один - до першого. (Д.В. Анчишкін, В.О. Гнатовський, Д.В. Журавель, В.О. Карпенко)

- Anchishkin, D.; Gnatovsky, V.; Zhuravel, D.; Mishustin, I.; Stoecker, H., 2025. Four types of phase transitions in interacting boson (meson) matter at high temperatures. *Journal of Subatomic Particles and Cosmology*, **4**, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.jspsc.2025.100073>

Показано, що в системі частинок із взаємодією або без взаємодії конденсат утворюється виключно частинками, які визначають надлишковий ізоспіновий заряд. Наприклад, у системі пі-мезонів, яка виникає у ядро-ядерних зіткненнях, конденсат буде складатися з пі-мінус мезонів, кількість яких переважає кількість пі-плюс мезонів. Показано, що порушення симетрії основного стану за нульової температури є результатом фазового переходу першого роду, пов'язаного з утворенням конденсату Бозе-Айнштейна. В той же час цей фазовий перехід не є спонтанним у строгому теоретико-польовому сенсі, а натомість індукується зовнішньою інжекцією частинок. (Д.В. Анчишкін, В.О. Гнатовський, Д.В. Журавель, В.О. Карпенко)

- Anchishkin, D.; Gnatovsky, V.; Kondakova, I., 2025. Ideal Boson Particle-Antiparticle System at Finite Temperatures. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, **52**, 115002. <https://doi.org/10.1088/1361-6471/ae1152>

Детально досліджено природу та структуру високоенергетичних резонансних станів ядра  ${}^8\text{Be}$ , розташованих біля порога розпаду  $p+{}^7\text{Li}$ . Для опису формування цих резонансів використано мікроскопічну багатокластерну, багатоканальну модель, яка враховує три різні трикластерні конфігурації:  ${}^4\text{He}+{}^3\text{H}+p$ ,  ${}^4\text{He}+{}^3\text{He}+n$  та  ${}^4\text{He}+d+d$ . Це дає змогу послідовно описати всі основні бінарні канали розпаду  ${}^8\text{Be}$ , а саме  ${}^4\text{He}+{}^4\text{He}$ ,  $p+{}^7\text{Li}$ ,  $n+{}^7\text{Be}$  та  $d+{}^6\text{Li}$ . Основну увагу зосереджено на будові та доміантних каналах розпаду спарених («twin») резонансних станів з квантовими числами  $1^+$ ,  $2^+$ ,  $3^+$  та  $4^+$ . Окрему увагу приділено  $2^+$  резонансним станам, що лежать нижче порога  $p+{}^7\text{Li}$ . Запропоновано й реалізовано модель, яка пояснює механізм їх утворення. Показано, що ці стани є резонансами Фешбаха, які виникають унаслідок зв'язку відкритого каналу  ${}^4\text{He}+{}^4\text{He}$  із закритими каналами  $p+{}^7\text{Li}$ ,  $n+{}^7\text{Be}$  та  $d+{}^6\text{Li}$ . Запропонований підхід забезпечує реалістичний опис експериментально спостережуваного спектра резонансних рівнів поблизу порога розпаду  ${}^7\text{Li}+p$ , включно зі станами з від'ємною парністю  $1^-$  і  $2^-$ . Наші результати узгоджуються з іншими мікроскопічними обчисленнями, водночас надаючи більш детальну інформацію про внутрішню структуру та канали розпаду цих резонансів. (В.І. Жаба, Ю.А. Лашко, В.С. Василевський)

- Zhaba, V.I.; Lashko, Yu.A.; Vasilevsky, V.S., 2025. Many-channel microscopic cluster model of  ${}^8\text{Be}$ : Formation of high-energy resonance states, *Phys. Rev. C*, **112**, 014328 (15 pp.), 2025. <https://doi.org/10.1103/r7fr-n59r>

Виявлено аналогію між нерелятивістською квантовою механікою у формулюванні Маделунга та квантовою геометродинамікою, що базується на узагальненому рівнянні Вілера–Девітта для максимально симетричного простору. Для сферії отримано рівняння гідродинамічного типу, еквівалентні рівнянню неперервності та квантовому аналогу рівняння Ейлера. Знайдено явні аналітичні розв'язки рівнянь, що описують залежність космічного масштабного фактора від конформного часу для різних космологічних систем. (В.Є. Кузьмичов, В.В. Кузьмичов)

- Kuzmichev, V.E.; Kuzmichev, V.V, 2025. Minisuperspace quantum cosmology in the Madelung–Bohm formalism *Ukr. J. Phys.*, **70**, 217-228. [doi.org/10.15407/ujpe70.4.217](https://doi.org/10.15407/ujpe70.4.217)

Для вивчення квантового біквадратичного ангармонічного осцилятора, який є однією з класичних традиційних моделей квантової механіки та квантової теорії поля, застосовано та продемонстровано метод розкладу хвильової функції системи за повним набором власних

функції гармонічного осцилятора. Розраховано та побудовано хвильові функції ангармонічного осцилятора для ряду значень константи зв'язку осцилятора  $\lambda$ . Запропоновано і докладно досліджено покращений модифікований метод розкладу за узагальненим оптимізуючим осциляторним базисом з варійованою частотою цього базису, який дає змогу кардинально прискорити збіжність розкладів у всій області зміни константи зв'язку  $\lambda$  і таким чином значно підвищити ефективність застосованого методу, уможливлючи проведення розрахунків з використанням малого числа базисних функцій. (В.О. Бабенко, О.В. Нестеров)

- Babenko, V.A.; Nesterov, A.V., 2025. Study of the quartic anharmonic oscillator using expansion in the oscillator basis. *International Journal of Modern Physics A*, **40**, 2550073. <https://dx.doi.org/10.1142/S0217751X25500733>

## ВІДДІЛ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ В ТЕОРЕТИЧНІЙ ФІЗИЦІ

Виведено  $\mu$ -деформований аналог рівнянь Айнштейна на основі узагальненої термодинаміки  $\mu$ -аналога моделі Бозе-газу, в рамках адаптованого підходу Верлінде. Показано базову роль параметра деформації: він уможливлює змінність космологічної сталої (КС). Завдяки цьому запропоновано новий погляд на проблему КС в рамках  $\mu$ -деформації. Трактуючи  $\mu$ -деформовану КС як ефективну та належним чином варіюючи параметр  $\mu$ , можна суттєво зменшити її значення і навіть отримати винятково малу величину, що узгоджується зі спостереженнями. Виявлено принципово важливий зв'язок із темною матерією. (О.П. Михайлів, Ю.А. Міщенко, О.М. Гаврилик)

- Mykhailiv, O.P.; Mishchenko, Yu.A.; Gavrilik, O.M., 2025. The  $\mu$ -Deformed Einstein Field Equations with  $\mu$ -Dependent Effective Cosmological Constant. *Ukr. J. Phys.*, **70**, 12, 831-843. [doi.org/10.15407/ujpe70.12.831](https://doi.org/10.15407/ujpe70.12.831)

Досліджено резонансно-тунелюючий вплив вузької потенціальної ями на проходження квантових частинок крізь бар'єр довільного профілю. Показано, що в граничному випадку, коли ширина ями стискається до нульових розмірів, ймовірність проходження частинок крізь нього блокується для всіх значень параметрів ями, окрім ізольованих точок (ефект фільтра). Описано сценарій цього ефекту: в результаті стискання ями до нульових розмірів резонансні піки стають все гострішими і в нульовій границі утворюють резонансну множину дискретних точок, на якій тунелювання частинок стає ідеальним. (О.В. Золотарюк, Я.О. Золотарюк)

- Zolotaryuk, Y.; Zolotaryuk, A.V., 2025. Influence of a squeezed prewell on tunneling properties and bound states in heterostructures. *Ann. Phys. NY*, **477**, 169999. [doi: 10.1016/j.aop.2025.169999](https://doi.org/10.1016/j.aop.2025.169999)

Досліджено тунелювання електромагнітних хвиль, що падають під кутом, з поперечною магнітною поляризацією на немагнітну двошарову структуру зі збалансованими областями підсилення й затухання, що має РТ-симетрію парності та інверсії часу. Виведено загальні формули для амплітуд проходження-відбиття, які виражено у термінах елементів матриці, що з'єднує граничні умови магнітного поля на зовнішніх сторонах шарів. Знайдено умови для повного (з нульовим відбиттям) тунелювання крізь системи з РТ-симетрією. (О.В. Золотарюк)

- Zolotaryuk, A.V.; Tsironis, G.P.; Kovalchuk, S., 2025. Tunneling of electromagnetic waves through bilayers: Special cases and point approximations. *Low Temp. Phys.*, **51**, 695-701. [doi: 10.1063/10.0036528](https://doi.org/10.1063/10.0036528)

У моделі бозе-конденсатної темної матерії (ТМ) показано, що аксіоноподібна взаємодія зумовлює чергування стійких і нестійких фаз, залежне від амплітуди хвильової функції конденсату. Перша нестійка фаза виникає за малої амплітуди, тоді як стійка – за більшої амплітуди – формує щільне ядро та пригнічує квантові флуктуації в гало ТМ галактик після досягнення порогу 12% від загальної маси. Відмінності у впливі квантових флуктуацій на термодинаміку ТМ з різним складом фаз спричиняють фазовий перехід першого роду, що підтверджується аналізом станів ТМ у галактиці NGC 2366 та її аналогах. Хоча показники ТМ в NGC 2366 з часткою стійкої фази 19% належать до надкритичної області, фазовий перехід дає змогу чітко відокремлювати стабільні конфігурації ТМ від нестабільних. (А.В. Назаренко)

- Nazarenko, A.V., 2025. Macroscopic states in Bose–Einstein condensate dark matter model with axionlike interaction. *Eur. Phys. J. C*, **85**, 10, 1171. [doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-14893-5](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-14893-5)

Розглянуто класичні та квантові квадратичні *abcd*-алгебри Лакса з раціональними  $gl(n) \times gl(n)$ -значними тензорами, що задовольняють узагальнені диференціальні та напівдинамічні рівняння типу Янга–Бакстера. Показано, що лінеаризація відповідної квадратичної структури приводить до лінійної тензорної структури з некососиметричною раціональною  $r$ -матрицею, яка є квазіградуваною деформацією стандартної кососиметричної раціональної  $r$ -матриці. Класичні та квантові *abcd* структури, що відповідають найпростішому випадку  $n = 2$ , були розглянуті детально. (Т. Скрипник)

- Skrypnyk, T., 2025. On new rational non-dynamical ABCD-matrices for quadratic classical and quantum algebras. *Nucl. Phys. B*, **1017**, 116936. [doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2025.116936](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2025.116936)

Розглянута деформація детермінантів Фредгольма інтегровного типу для інтегральних операторів, що визначені на замкненому контурі та залежать від відстані та температури. Такі вирази природно виникають в задачі про статичні двоточкові кореляційні функції в моделях вільних ферміонів і можуть бути еквівалентно представлені в термінах детермінантів Тепліца. Відповідний символ детермінанта Тепліца, або фазовий зсув, пов'язаний з температурним розподілом. Розроблено елементарний метод отримання асимптотичної поведінки цих детермінантів на великих відстанях, навіть коли фазовий зсув має ненульове число обмотки. Ідея методу полягає в деформації вихідного ядра до так званого ядра ефективних формфакторів, яке має повністю розв'язну матричну задачу Рімана-Гільберта. Це дало змогу явно знайти резольвенту відповідного інтегрального оператора й усі сублідируючі поправки до асимптотики.

- Gamayun, O.; Zhuravlev, Yu., 2025. On finite-temperature Fredholm determinants. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, **479**, 134716. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2025.134716>

## ВІДДІЛ АСТРОФІЗИКИ ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК

За допомогою космічного телескопа Габбла проведено спостереження одинадцяти компактних галактик із зореутворенням в діапазоні червоного зміщення  $z = 0,6 - 1,0$  для визначення форми іонізаційного континууму на довжинах хвиль спокою  $\sim 600-900 \text{ \AA}$ . Зазвичай в галактиках спостерігається зоряне іонізаційне випромінювання. В цьому дослідженні вперше спостережними засобами відкрито газове іонізаційне випромінювання у двох галактиках як опуклість у спектрі на довжинах хвиль, трохи менших довжини хвиль  $912 \text{ \AA}$ , межі континууму Лаймана. (академік НАН України Ю.І. Ізотов, Н.Г. Гусева)

- Izotov, Y.I.; Schaerer, D.; Worseck, G.; Guseva, N.G.; Verhamme, A.; Simmonds, C.; Chisholm, J., 2025. A great diversity of spectral shapes in the ionising spectra of  $z \sim 0.6-1$  galaxies revealed by HST/COS and possible detection of nebular LyC emission. *Astronomy and Astrophysics*, **704**, A19. [DOI:10.1051/0004-6361/202556004](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202556004)

Останні результати, отримані за допомогою Спектроскопічного інструмента темної енергії (Dark Energy Spectroscopic Instrument, DESI), вказують на те, що темна енергія може нетривіально еволюціонувати з часом, а не залишатися сталою. Другий випуск даних DESI (DR2) — найточніше на сьогодні визначення динаміки космічного розширення — свідчить, що параметр рівняння стану темної енергії  $w(z)$  змінюється з часом. Переважають моделі, в яких темна енергія в минулому, за червоних зміщень  $z \gtrsim 0,5$ , мала «фантомний» характер ( $w < -1$ ), тоді як за менших значень червоного зміщення, ближчих до сучасної епохи, її властивості стають подібними до «квінтесенції» ( $w > -1$ ).

У нещодавньому дослідженні ми показали, що така поведінка виникає, якщо темна енергія походить від скалярного поля, замість космологічної сталої, у багатовимірній моделі світу на брані. Така модель добре узгоджується як із даними DESI DR2, так і зі спостереженнями наднових типу *Ia* та космічного мікрохвильового фону. У цьому сценарії наш 3+1-вимірний Всесвіт розглядається як мембрана (брана), занурена у 4+1-вимірний простір. Ця модель, започаткована Варуном Сагні та Юрієм Штановим на початку 2000-х, нині отримує нове застосування завдяки результатам DESI — і вказує на можливість того, що додаткові виміри можуть впливати на космічне розширення. (Ю.В. Штанов)

- Mishra, S.S.; Matthewson, W.L.; Sahni, V.; Shafieloo, A.; Shtanov, Yu., 2025. Braneworld Dark Energy in light of DESI DR2. *JCAP*, **11**, 018. [DOI:10.1088/1475-7516/2025/11/018](https://doi.org/10.1088/1475-7516/2025/11/018)

Для двошарового графену з повернутими відносно один до одного шарами отримано за теорією збурень аналітичний вираз для вільної енергії двох домішок зі спінами (взаємодія Рудермана-Кіттеля-Касуї-Йосіди). Поблизу так званого «магічного» кута, де гамільтоніан системи зводиться до графенового, але зі значно зменшеною швидкістю Фермі, отримано ефективні константи взаємодії квадратичних і четвертих за спінами домішок доданків. Розрахована функціональна залежність цих констант взаємодії від відстані між домішками, кута повороту шарів, температури й хімічного потенціалу. Виявлено умови, за яких ефективна взаємодія квадратичних спінових членів стає значно слабшою, ніж біквадратична взаємодія, і розташування домішок з упорядкуванням спінів буде переважно визначатися біквадратичною взаємодією. (академік НАН України В.П. Гусинін)

- Oriekhov, D.O.; Osterholt, T.T.; Duine, R.A.; Gusynin, V.P., 2025. RKKY quadratic and biquadratic spin-spin interactions in twisted bilayer graphene. *Phys. Rev. B*, **112**, 4, 045142. [DOI:10.1103/wkp4-2n5b](https://doi.org/10.1103/wkp4-2n5b)

## ВІДДІЛ ТЕОРІЇ КВАНТОВИХ ПРОЦЕСІВ У НАНОСИСТЕМАХ

Ґрунтуючись на результатах квантово-хімічних *ab initio* розрахунків електронних і конформаційних властивостей функціоналізованої фотохромної молекули *DASA* — особливої органічної сполуки, яка змінює форму й колір під дією світла — інтерпретовано особливості впорядкування та відмінності контрасту її відкритої і закритої форм, виявлені в експериментах зі скануючої тунельної мікроскопії. Показано, що обидві форми можуть співіснувати в змішаній структурі моношарів, що відкриває нові можливості для створення фоточутливих матеріалів та молекулярних пристроїв. (О.Л. Капітанчук)

- Senenko, A.I.; Marchenko, A.A.; Kurochkin, O.; Kapitanchuk, O.L.; Kravets, M.; Nazarenko, V.G.; Sashuk, V., 2025. Spontaneous switching and fine structure of donor-acceptor Stenhouse adducts on Au(111). *Nanoscale*, **17**, 214-218. <https://doi.org/10.1039/D4NR03942D>

Аналітично розв'язано рівняння Ландау-Ліфшиця для динаміки колективної намагніченості в наночастинці синтетичного антиферромагнетика (SAF) і встановлено режим безбар'єрного перемикавання під дією короткого імпульсу магнітного поля малої амплітуди, прикладеного перпендикулярно до площини SAF. (С.П. Кручинін)

- Dzhzherya, Yu.; Kalita, V.; Polynchuk, P.; Kravets, A.; Korenivski, V.; Kruchinin, S.; Belucci, S., 2025. Fast barrier-free switching in synthetic antiferromagnets. *Scientific Reports*, **15**, 931. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67287-0>

Запропоновано механізм квантової комунікації між наномагнітами, вбудованими в мікрохвильові резонатори. Механізм базується на формуванні суперобмінного зв'язку між локалізованими магнонами, що утворюються в резонаторах внаслідок взаємодії електромагнітної моди резонатора з магнітостатичною модою спінового збудження в наномагнетіку. Суперобмінний зв'язок проявляється в тунелюванні магнітостатичного магнона через ферромагнітний ланцюжок, що з'єднує наномагнетіки. (член-кореспондент НАН України Е.Г. Петров, С.М. Тунік)

- Tunyk, S.M.; Petrov, E.G., 2025. Coherent transfer of magnon along a ferromagnetic chain. The 13-th international research and practice conference

## ВІДДІЛ ТЕОРІЇ НЕЛІНІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В КОНДЕНСОВАНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Отримано і проаналізовано густину станів і диференціальну ентропію на частинку для діраківських електронів у графені, які зазнають дії перпендикулярного магнітного поля і плоского електричного поля. У дослідженні розглянуто балістичні електрони, а також враховано ефект слабкого розсіяння на домішках. В останньому випадку аналітично досліджено границю нульового магнітного поля і так званий колапс рівнів Ландау в графені. Порівнюючи результати з чисельними розрахунками на графенових стрічках, продемонстровано, що процедуру Ландау для підрахунку кількості станів необхідно модифікувати для діракоподібних електронів, що призводить до залежного від поля коефіцієнта виродження рівнів Ландау. (С.Г. Шарапов)

- Chaika, A.A.; Kulynych, Ye.; Oriekhov, D.O.; Sharapov, S.G., 2025. Density of states and differential entropy in the Dirac materials in crossed magnetic and in-plane electric fields. *Physical Review B*, **111**, 085426. [DOI: 10.1103/PhysRevB.111.085426](https://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.085426)

Знайдено точні аналітичні вирази для струму за нульової температури в системах "метал – молекулярний контакт – метал", де контактом є спряжені олігомери поліпарафенілену й полінафталену. Одержано залежності струму від кількості мономерів, параметра, що характеризує зв'язок між контактом та електродами, та різниці потенціалів між лівим та правим електродами. (Л.І. Малишева)

- Malysheva, L., 2025. Electron transport in bounded conjugated oligomers. *Low Temp. Phys.*, **51**, 5, 636-642. <https://doi.org/10.1063/10.0036530>

Для передемпфованого джозефсонівського контакту, що враховує прозорість діелектричного прошарку і, як наслідок, має несинусоїдальну струм-фазову залежність, аналітичними методами отримано залежність джозефсонівської фази від часу та відповідні вольт-амперні характеристики. Показано, що середнє падіння напруги на контакті зменшується з підвищенням прозорості. З урахуванням впливу теплових флуктуацій на динаміку фази встановлено, що середній час перебування переходу в надпровідному стані різко зростає при зменшенні прозорості діелектричного шару. (І.О. Стародуб, Я.О. Золотарюк)

- Shutovskyi, A.M.; Sakhnyuk, V.; Starodub, I.O.; Zolotaryuk, Y., 2025. Influence of a dielectric layer transparency on the overdamped Josephson junction dynamics. *Low Temp. Phys.*, **51**, 596-603. [doi.org/10.1063/10.0036518](https://doi.org/10.1063/10.0036518)

Побудовано нові нелінійні інтегровні динамічні системи на квазіодновимірних ґратках – дванадцятикомпонентну та шестикомпонентну. Встановлено два типи допустимих симетрій для дванадцятикомпонентної системи та один тип симетрії для шестикомпонентної системи. Показано, що повний локальний струм забезпечує перенесення заряду лише чотирма з шести підсистем, інкорпорованих у дванадцятикомпонентну систему. Вказано, що дванадцятикомпонентна система дає змогу моделювати впливи зовнішнього параметричного урухомлювання та зовнішнього однорідного магнетного поля через часові залежності та фазові фактори параметрів міжвузлового зв'язку. (О.О. Вахненко)

- Vakhnenko, O.O.; Vakhnenko, V.O., 2025. Integrable twelve-component nonlinear dynamical system on a quasi-one-dimensional lattice. *SIGMA*, **21**, 089. <https://doi.org/10.3842/SIGMA.2025.089>

На основі розв'язків рівняння Дірака розраховано енергетичний спектр квазіодновимірних електронів в атомарному ланцюжку. Наявність повного набору інтегралів руху, що включає гамільтоніан системи та проєкції на вісь ланцюжка векторів імпульсу електрона, його повного кутового моменту та релятивістського вектора спінової поляризації, забезпечує інтегровність рівнянь Дірака, точні розв'язки якого описують одновимірний рух електронів, зв'язаних кулонівським полем атомів ланцюжка. Знайдено додатковий спінорний інтеграл руху, наявність якого пояснює так зване “випадкове” виродження електронного спектра відносно спінового квантового числа. (О.О. Єремко, Л.С. Брижик, академік НАН України В.М. Локтєв)

- Eremko, A.; Brizhik, L.; Loktev, V., 2025. Bound electron states in a charged chain within the Dirac description. *Low Temp. Phys.*, **51**, 680–687. <https://doi.org/10.1063/10.0036744>

## ВІДДІЛ ТЕОРЕТИЧНОЇ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ БІОФІЗИКИ

Проведено молекулярно-динамічні симуляції п'яти систем з ДНК, молекули води та катіонами лужних металів ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ). На основі отриманих траєкторій розраховано коливальні спектри елементів досліджуваних систем за допомогою двох незалежних підходів, що базуються на автокореляційних функціях швидкостей та

автокореляційних функціях дипольних моментів. Аналіз інфрачервоних спектрів ДНК у розчинах із різними солями показав, що досліджувані іони мало впливають на коливальну динаміку атомних груп ДНК. Винятком є іони  $\text{Li}^+$ , вплив яких спостерігається в діапазоні спектра, де лежать коливання остова подвійної спіралі. За допомогою розрахованих спектрів густини коливальних станів катіонів, що локалізовані у різних областях ДНК, було виявлено вплив характеру гідратації іонів на їх коливальну динаміку. Додатково розраховано спектри густини коливальних станів молекул води гідратних оболонок досліджуваних іонів та показано, що в отриманих спектрах спостерігається ізобестична точка, яка виникає внаслідок стеричних обмежень, які спричинені поверхнею ДНК, а також іонами. (Т.Л. Бубон, С.М. Перепелиця)

- Bubon, T.; Azizi, K., 2025. Effects of alkali-metal counterions on the vibrational dynamics of the DNA hydration shell. *The Journal of Physical Chemistry B*, **129** (1), 28–40. [DOI:10.1021/acs.jpcc.4c04449](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c04449)

У роботі проаналізовано проблеми спостерігача й вимірювання в квантовій механіці, окреслені П. Діраком і Дж. Беллом, на основі критичного переосмислення класичних і сучасних підходів. Запропоновано нову аналітичну модель вимірювального експерименту, що дає змогу по-новому інтерпретувати роль вимірювання та обговорено її основні наслідки. (Є.С. Крячко)

- Kryachko, E.S., 2025. On Generalization of the Eigenvalue Problem in Quantum Measurement: A Measurement That Would Be Better Not To Exist. *Annali d'Italia*, **63**, 34-42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14726348>

Представлено модель деформації макромолекул ДНК, що враховує як зовнішні, так і внутрішні компоненти деформації та їх взаємозв'язок. Зовнішні компоненти описують скручування й розтягування подвійної спіралі, тоді як внутрішні характеризуються відносним зсувом структурних елементів всередині пар основ подвійної спіралі. Модель передбачає взаємодію між деформаціями скручування, розтягування та внутрішньою компонентою. В результаті виявлено нетипову поведінку: під дією сили розтягування подвійна спіраль ДНК може зазнавати більшого скручування. Така аномальна поведінка зберігається до досягнення певної критичної сили, після якої молекула демонструє більш звичайну поведінку, розкручуючись у відповідь на подальше розтягнення. Результати підкреслюють вирішальну роль взаємодії між внутрішніми та зовнішніми компонентами в механіці подвійної спіралі під впливом прикладеної сили в діапазоні піконьютонів. Модель добре

узгоджується з експериментальними даними, що підтверджує її вірогідність. (П.П. Каневська, С.Н. Волков)

- Kanevska, P.P.; Volkov, S.N., 2025. Conformation impact in the deformation of DNA TATA-box. *Ukrainian Journal of Physics* (accepted).

## ВІДДІЛ СИНЕРГЕТИКИ

На прикладі оптичної неklasичності, запропоновано метод виявлення квантових ресурсів за умов інформаційно неповних вимірювань. Розроблено підхід, що придатний для одномодових квантових станів, підготовлених умовно через вимірювання над іншою модою двомодової системи. Запропоновано строгий теоретичний опис керованості прихованої неklasичності — класу кореляцій, що виходить за межі квантової запутаності та квантового дискорду. Отримані результати забезпечують коректне виявлення прихованої неklasичності у практичних вимірювальних сценаріях та розширюють можливості експериментального аналізу квантових властивостей оптичних полів. (член-кореспондент НАН України А.О. Семенов, В.С. Ковтонюк)

- Kovtoniuk, V.S.; Klimov, A.B.; Semenov, A.A., 2025. Latent optical nonclassicality of conditionally prepared states. *Phys. Rev. A*, **111**, 053701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.111.053701>

Запропоновано модель кругового пучка для опису поширення квантового світла в турбулентній атмосфері. Ця модель усуває систематичну похибку, що виникає через істотно негаусівську форму пучка після його проходження крізь атмосферу. Отримані результати мають ширший діапазон застосування порівняно з раніше запропонованими підходами та надають новий практичний інструмент для аналізу атмосферних квантових каналів. (член-кореспондент НАН України А.О. Семенов, І. Печонкін)

- Pechonkin, I.; Klen, M.; Semenov, A.A., 2025. Circular-beam approximation for quantum channels in a turbulent atmosphere. *Phys. Rev. A*, **112**, 063716. <https://doi.org/10.1103/pv7j-4zpf>

Запропоновано схему детектування пар мікрохвильових фотонів, яка є розширенням однофотонного порогового детектора — фотопомножувача на джозефсонових контактах. Для створення двофотонного порога детектування, використовується двофотонна взаємодія між двома резонаторами, що породжується нелінійністю надпровідного квантового інтерферометричного пристрою, через який з'єднуються резонатори. Показано, що для реалістичних параметрів

системи можна досягти точності детектування вищої за 99% за час, що не перевищує 50 нс. Запропонований детектор може бути використаний для підвищення точності зчитування стану надпровідних кубітів в схемній квантовій електродинаміці та як “будівельний блок” для створення мікрохвильового фотодетектора, що уможлиблює розрізнення кількості фотонів. (Є.В. Столяров)

- Stolyarov, E.V.; Baskov, R.A., 2025. Detector of microwave photon pairs based on a Josephson photomultiplier. *Phys. Rev. Res.*, **7**, 03326. <https://doi.org/10.1103/6p8x-snzm>
- Stolyarov, E.V.; Andriichuk, V.L.; Sokolov, A.M., 2025. Two-photon coupling via Josephson element: Breaking the symmetry with magnetic fields. *Phys. Rev. B*, **111**, 214517. <https://doi.org/10.1103/w12t-92qg>

Для системи з неоднорідним розподілом макроскопічних параметрів отримано термодинамічне співвідношення, яке залежить від просторової координати. У цьому підході використано основні ідеї методу нерівноважного статистичного оператора в поєднанні з перетворенням Хаббарда-Стратоновича. Визначено термодинамічне співвідношення для системи з однорідним розподілом частинок. Передбачено можливі особливості поведінки систем з різним характером взаємодії в нерівноважному випадку. Методом сідлових точок знайдено домінуючі внески у функцію статистичної суми та отримано всі термодинамічні параметри систем з різним характером взаємодії. Формування сідлового стану у всіх системах взаємодіючих частинок при різних температурах та розподілах частинок має однакову фізичну природу і тому може бути описано однаково. Розглянуто системи з притягальною та відштовхувальною взаємодіями, а також самогравітаційні системи. (А.П. Ребеш, академік НАН України Б.І. Лев, академік НАН України А.Г. Загородній)

- Rebesh, A.P.; Lev, B.I.; Zagorodny, A.G., 2025. Thermodynamic relation for the systems with inhomogeneous distribution of particles. *Condensed Matter Physics*, **28**, 3, 33502. [DOI: 10.5488/CMP.28.33502](https://doi.org/10.5488/CMP.28.33502)

Сформульовано тризонну модель Глешоу-Вайнберга-Салама зі слабкими джозефсонівськими зв'язками між сильно асиметричними конденсатами скалярних полів. Знайдено два стерильні надлегкі бозони Леггетта, конденсат Бозе-Ейнштейна яких утворює гало темної матерії навколо галактик. Також у рамках цієї моделі запропоновано механізм генерації мас нейтрино та розраховано маси нейтрино. Запропоновано експериментальний тест для моделі. (К.В. Григоришин)

- Grigorishin, K.V., 2025. Three-band extension for the Glashow-Weinberg-Salam model. *Acta Physica Polonica B*, **56**, 8, A2, [doi.org/10.5506/aphyspolb.56.8-a2](https://doi.org/10.5506/aphyspolb.56.8-a2)

Отримано аналітичний вираз для плазмонної густини станів драбиноподібного масиву джозефсонівських контактів що складається з  $N$  рядів. Встановлено, що густина станів має  $3N-2$  сингулярності. Показано, що анізотропія найбільше впливає на густину станів, призводячи до суттєвих переміщень її сингулярностей вздовж осі частот. Амплітуди всіх мод виражаються через ортогональні поліноми, подібні до поліномів Чебишева. (Д. Букатова, І.О. Стародуб, Я.О. Золотарюк)

- Bukatova, D.; Starodub, I.O.; Zolotaryuk, Y., 2025. Spectral properties of the ladder-like Josephson junction array, *Phys. Lett. A*, **562**, 130983. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2025.130983>

Встановлено умови, за яких відбувається сталий розвиток економіки. На основі встановлених теорем розроблено метод дослідження реальних економічних систем на предмет їхнього сталого розвитку. Наведено повну характеристику систем оподаткування, за допомогою яких можна перевести економічну систему, що описується агреговано, в режим сталого розвитку. Описано системи оподаткування, які можуть перевести економічну систему, описану агреговано, в дотаційний режим. Показано, що американська економіка протягом 2010 - 2014 рр. була близькою до режиму сталого розвитку. (М.С. Гончар)

- Gonchar, N.S., 2025. American economy and sustainable development. *Journal of Mathematical Finance*, **15**, 2, 186-232. <https://doi.org/10.4236/jmf.2025.152009>

## **ВІДДІЛ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Найважливішим результатом виконання проекту «Технологічний розвиток та підтримка Репозитарію відкритих даних НАН України» є забезпечення промислової експлуатації Репозитарію відкритих даних НАН України DataverseUA (<https://opendata.nas.gov.ua/>), його технологічний розвиток, розміщення та зберігання наукових даних для центрів колективного користування та наукових установ НАН України зі збереженням прав інтелектуальної власності дослідників. Проведено навчання кураторів даних та користувачів. Розміщені в Репозитарії DataverseUA набори даних досліджень співробітників НАН України отримують унікальний ідентифікатор DOI, що забезпечує пошук та повторне використання даних досліджень зі збереженням авторських прав надавача набору даних. (С.Я. Свістунов, П.В. Свірін, Ю.В. Гончар)

## КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Кафедра теоретичної та математичної фізики (ТМФ) Київського академічного університету (КАУ) при Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України проводила навчання і підготовку магістрів за науково-освітньою програмою «Теоретична та математична фізика». Зокрема, викладачі кафедри читали спецкурси з передових напрямів фізики конденсованого стану, квантової оптики та квантової інформації, фізики високих енергій та інтегрованих квантових систем, квантової теорії поля, загальних проблем теоретичної фізики та проблематики наукових досліджень. Кафедра також приділяє значну увагу підготовці студентів-теоретиків до вступу в магістратуру КАУ.

Працівники кафедри спільно з Науково-освітнім центром інституту та із залученням інших кафедр КАУ організовують щорічні школи з сучасних проблем теоретичної фізики для студентів та аспірантів, наукові семінари й лекції, влаштовують факультативи з фізики та математики для студентів 1-го і 2-го курсів фізичних і математичних факультетів київських університетів.

Зокрема, у 2025 році співробітниками інституту проведено такі заходи:

1. 24-28.03.2025. Школа з квантової сенсорики та метрології.  
Лектор: Андрій Семенов, доктор наук зі спеціальності "Природничі науки", старший науковий співробітник.
2. 10-11.04.2025. Міжнародна наукова подія, присвячена Всесвітньому квантовому дню.  
Лектор: Андрій Семенов, доктор наук зі спеціальності "Природничі науки", старший науковий співробітник.
3. 14-15.07.2025. The International Workshop on Unconventional Magnetism in Quantum Materials.  
Лектор: Сергій Шарапов, доктор фіз.-мат. наук, завідувач лабораторії.
4. 12.11.2025. Вебінар «Дослідницькі дані та Репозитарій DataverseUA».  
Лектор: Сергій Свістунов, канд. техн. наук, завідувач відділу.

## НАУКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

### Монографії

1. Загородній, А.; Хіміч, О.; Андон, П.; Свістунов, С.; та інші. **Відкрита наука: візія Національної академії наук України, 2025**, – Київ: *Академперіодика*, –202 с. ISBN 978-966-360-555-5  
[https://akademperiodyka.org.ua/uk/books/scientific\\_monographs/open-science/](https://akademperiodyka.org.ua/uk/books/scientific_monographs/open-science/)

**Статей в журналах – 117:**

українських – 26, іноземних – 91.

### КОНФЕРЕНЦІЇ ТА СЕМІНАРИ

- Семінар “Проблеми теоретичної фізики”, присвячений пам’яті академіка Олексія Ситенка. Київ, 11 лютого 2025 р.
- КМРВ-Ukraine Workshop, 4-6 березня 2025 р.
- 6-й Міжнародний науковий семінар “Швеція-Україна”, 11 березня 2025 р.
- Сателітний симпозіум «Квантова наука в Україні 2025» в рамках Глобального саміту Американського фізичного товариства, 18 березня 2025 р.
- Sweden-Ukraine Conference: Theoretical and Computational Physics, 29.04.2025 р.
- XIV Конференція молодих вчених “Проблеми теоретичної фізики”, 10-12 червня 2025 р.
- COST-COSY School (CPCS-2025) «Computational Physics of Confined Systems: From Life to Material Sciences», 24-26 червня 2025 р.
- International satellite conference “Statphys in Lviv”, 30 червня – 3 липня 2025 р.
- XIII науковий семінар пам’яті П.І. Фоміна “Квантова теорія поля та космологія”, 2 липня 2025 р.
- Третій австро-український семінар, 4 липня 2025 р.
- Міжнародна конференція «New Trends in High-Energy Physics» (Присвячена пам’яті професора Ласло Єнковського), 15-19 вересня 2025 р.
- Боголюбовські читання 2025, 25 листопада 2025 р.
- XXXI Давидовські читання з теоретичної фізики, 29 грудня 2025 р.

## НАГОРОДИ ТА ВІДЗНАКИ

### ДЕРЖАВНІ НАГОРОДИ

**Премія Президента України для молодих вчених 2025 року**

доктор філософії Д.В. Журавель

### НАГОРОДИ НАН УКРАЇНИ

*Премія імені Гамова Георгія Антоновича*

академік НАН України доктор фіз.-мат. наук Ю.І. Ізотов, доктор фіз.-мат. наук Н.Г. Гусєва

*Подяка Президії НАН України*

член-кореспондент НАН України, доктор фіз.-мат. наук Е.Г. Петров

### МІЖНАРОДНІ ВІДЗНАКИ

*Видатний рецензент APS  
(Американського фізичного товариства)*

член-кореспондент НАН України, доктор фіз.-мат. наук А.О. Семенов

### Нагороди

Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова  
Національної академії наук України

*Премія імені Петра Фоміна  
Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова  
Національної академії наук України*

с.н.с., доктор фіз.-мат. наук Ю.В. Штанов

## DEPARTMENT OF HIGH-DENSITY ENERGY PHYSICS

The strong interactions preserve the isospin symmetry between up (u) and down (d) quarks, which is part of the more general flavor symmetry. In the case of K-meson formation, if this isospin symmetry were exact, this would lead to equal numbers of charged ( $K^+$  and  $K^-$ ) and neutral ( $K^0$  and anti- $K^0$ ) mesons being produced in collisions of isospin-symmetric atomic nuclei. We find that the production of  $K^+$  and  $K^-$  mesons is 18.4% higher than that of neutral K-mesons. Using well-established models of hadron formation, we demonstrate that the known effects of isospin symmetry breaking and the presence of more neutrons than protons in the initial nuclei lead to only a small (a few percent) deviation of the ratio of charged to neutral kaons from unity at high energies. Thus, they cannot explain the measurements. New systematic, high-precision measurements and additional theoretical efforts are needed to establish the cause of the observed isospin symmetry breaking. (M.I. Gorenstein, R. Poberezhnyuk)

- Adhikar, H. (NA61/SHINE); Gorenstein, M.; Poberezhnyuk, R., 2025. Excess of charged over neutral K meson production in high-energy collisions of atomic nuclei. *Nature Communications*, **16**, 2849. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57234-6>

A model has been developed to describe the dynamics of strongly interacting matter in relativistic heavy-ion collisions under conditions typical for the RHIC BES, FAIR CBM, and HADES experimental programs. The model extends the earlier version of the Integrated HydroKinetic Model (iHKM) and takes into account the features of nuclear collisions at lower energies. It includes five consecutive stages that cover both the microscopic description of the nonequilibrium state of matter and the macroscopic hydrodynamic evolution of the equilibrium quark–gluon plasma, while ensuring the conservation of energy, momentum, and baryon, electric, and strangeness charges. The model makes it possible to study the properties of matter through the equation of state, transport coefficients, thermalization rates, and other parameters that influence observable quantities. It also describes the gradual thermalization of the system and allows for the possibility of partial thermalization. (M.D. Adzhymambetov, Yu.M. Sinyukov)

- Adzhymambetov, M.; Sinyukov, Y., 2025. Extension of the integrated hydrokinetic model to nuclear collision energies relevant for the RHIC Beam-Energy Scan program and the research program at GSI-FAIR. *Physical Review C*, **112**, 034906. [doi.org/10.1103/2g39-y1d1](https://doi.org/10.1103/2g39-y1d1)

Monte Carlo and analytical studies of the phase structure of three-dimensional  $Z(2)$  and  $SU(2)$  gauge theories with Higgs fields have been

performed. Two different order parameters capable of distinguishing the three phases of the theory have been calculated: (1) the Fredenhagen–Marcu operator, which is used to discriminate between the deconfinement and confinement/Higgs phases, and (2) the Greensite–Matsuyama operator, recently proposed to distinguish between the confinement and Higgs phases. The phase diagram of the model is described in detail. (O.A. Borisenko)

- Alles, B. B.; Borisenko, O.; Papa, A., 2025. Confinement-Higgs and deconfinement-Higgs transitions in three-dimensional Z(2) LGT. *Physical Review D*, **111**, 014509. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.111.014509>

## **DEPARTMENT OF THEORY OF NUCLEI AND QUANTUM FIELD THEORY**

The thermodynamic properties of an interacting relativistic system of bosonic particles and antiparticles have been investigated. It is shown that at a constant isospin (charge) density, such a system exhibits four types of phase transitions to the Bose-Einstein condensate phase. Three types belong to the second-order phase transition and one to the first phase transition category. (D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko)

- Anchishkin, D.; Gnatovskyy, V.; Zhuravel, D.; Mishustin, I.; Stoecker, H., 2025. Four types of phase transitions in interacting boson (meson) matter at high temperatures. *Journal of Subatomic Particles and Cosmology*, **4**, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.jspc.2025.100073>

It is shown that in a system of particles with or without interaction, the condensate is formed exclusively by particles that determine the excess isospin charge. For example, in the system of pi-mesons that arises in nucleus-nucleus collisions, the condensate will consist of pi-minus mesons, the number of which exceeds the number of pi-plus mesons. It is shown that the symmetry breaking of the ground state at zero temperature is the result of a first-order phase transition associated with the formation of a Bose-Einstein condensate. At the same time, this phase transition is not spontaneous in the strict field-theoretical sense, but is instead induced by external particle injection. (D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko)

- Anchishkin, D.; Gnatovskyy, V.; Kondakova, I., 2025. Ideal Boson Particle-Antiparticle System at Finite Temperatures. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, **52**, 115002. <https://doi.org/10.1088/1361-6471/ae1152>

The nature and structure of high-energy resonance states in  ${}^8\text{Be}$ , located just below and above the  $p+{}^7\text{Li}$  threshold, are investigated in detail. A microscopic many-cluster and many-channel model is employed to study the

formation of these resonances. This model includes three distinct three-cluster configurations:  ${}^4\text{He}+{}^3\text{H}+p$ ,  ${}^4\text{He}+{}^3\text{He}+n$ , and  ${}^4\text{He}+d+d$ , enabling a comprehensive treatment of all major binary decay channels of  ${}^8\text{Be}$ , namely  ${}^4\text{He}+{}^4\text{He}$ ,  $p+{}^7\text{Li}$ ,  $n+{}^7\text{Be}$ , and  $d+{}^6\text{Li}$ . The primary focus of our analysis is the structure and dominant decay channels of the twin  $1^+$ ,  $2^+$ ,  $3^+$ , and  $4^+$  resonance states.

Additionally, we propose and implement a model to clarify how the  $2^+$  resonance states lying below the  $p+{}^7\text{Li}$  threshold are formed. We demonstrate that these resonances are Feshbach-type states arising due to coupling of the open  ${}^4\text{He}+{}^4\text{He}$  channel with the closed channels  $p+{}^7\text{Li}$ ,  $n+{}^7\text{Be}$ , and  $d+{}^6\text{Li}$  at these energies. Overall, the present approach provides a realistic description of the experimentally observed resonance spectrum near the  ${}^7\text{Li}+p$  decay threshold, including negative-parity states  $1^-$  and  $2^-$ . Our results are consistent with other microscopic calculations but offer more detailed insight into the internal structure and decay pathways of these resonances. (V.I. Zhaba, Yu.A. Lashko, V.S. Vasilevsky)

- Zhaba, V.I.; Lashko, Yu.A.; Vasilevsky, V.S., 2025. Many-channel microscopic cluster model of  ${}^8\text{Be}$ : Formation of high-energy resonance states, *Phys. Rev. C*, **112**, 014328 (15 pp.), 2025. <https://doi.org/10.1103/r7fr-n59r>

An analogy has been discovered between non-relativistic quantum mechanics in Madelung's formulation and quantum geometrodynamics based on the generalized Wheeler-DeWitt equation for maximally symmetric space. Equations for matter of the hydrodynamic type, equivalent to the continuity equation and the quantum analogue of Euler's equation, have been obtained. Explicit analytical solutions of the equations describing the dependence of the cosmic scale factor on conformal time for different cosmological systems have been found. (V.E. Kuzmichev, V.V. Kuzmichev)

- Kuzmichev, V.E.; Kuzmichev, V.V., 2025. Minisuperspace quantum cosmology in the Madelung–Bohm formalism *Ukr. J. Phys.*, **70**, 217-228. [doi.org/10.15407/ujpe70.4.217](https://doi.org/10.15407/ujpe70.4.217)

For the study of the quantum quartic anharmonic oscillator, a classic and traditional model in both quantum mechanics and quantum field theory, we have employed and demonstrated a method based on the expansion of the system's wave function in a complete set of harmonic oscillator eigenfunctions. We have calculated and constructed the wave functions of the anharmonic oscillator for various values of the oscillator coupling constant  $\lambda$ . Furthermore, an improved and modified expansion method, using a generalized optimizing oscillator basis with variable frequency, has been

proposed and studied in detail. This improved method drastically accelerates the convergence of the expansions over the entire range of the coupling constant  $\lambda$ , thereby substantially increasing the efficiency of the method and allowing calculations with a very small number of basis functions in the expansion. (V.A. Babenko, A.V. Nesterov)

- Babenko, V.A.; Nesterov, A.V., 2025. Study of the quartic anharmonic oscillator using expansion in the oscillator basis. *International Journal of Modern Physics A*, **40**, 2550073. <https://dx.doi.org/10.1142/S0217751X25500733>

## DEPARTMENT OF MATHEMATICAL METHODS IN THEORETICAL PHYSICS

The new  $\mu$ -deformed Einstein field equations are derived from the generalized thermodynamic functions of the  $\mu$ -deformed analog of Bose gas model, by applying the (adapted) Verlinde's approach. The basic role of the deformation parameter is shown: it provides the possibility to vary the value of the cosmological constant. Due to this, an interesting treatment of the cosmological constant (CC) problem within the framework of  $\mu$ -deformation is suggested. Namely, by viewing the derived  $\mu$ -deformed CC as an effective one and varying the parameter  $\mu$  appropriately, we gain the possibility to drastically reduce the CC, to get for it the well-known extremely tiny observable value. The relation to dark matter turns out to be of basic importance. (O.P. Mykhailiv, Yu.A. Mishchenko, O.M. Gavrilik)

- Mykhailiv, O.P.; Mishchenko, Yu.A.; Gavrilik, O.M., 2025. The  $\mu$ -Deformed Einstein Field Equations with  $\mu$ -Dependent Effective Cosmological Constant. *Ukr. J. Phys.*, **70**, 12, 831-843. [doi.org/10.15407/ujpe70.12.831](https://doi.org/10.15407/ujpe70.12.831)

A resonant tunneling influence of an extremely thin potential well on the transmission of quantum particles through a barrier with an arbitrary profile has been investigated. In the limit as the well width tends to zero, the transmission probability through this barrier is shown to be blocked for all parameter values of the well, except isolated points (a filter effect). The scenario of this effect has been described: with the squeezing of the well, as its thickness decreases, the resonant peaks become sharper and in the squeezing limit, they form a resonance set of discrete points, at which the tunneling of particles becomes perfect. (Y.O. Zolotaryuk, A.V. Zolotaryuk)

- Zolotaryuk, Y.; Zolotaryuk, A.V., 2025. Influence of a squeezed prewell on tunneling properties and bound states in heterostructures. *Ann. Phys. NY*, **477**, 169999. [doi: 10.1016/j.aop.2025.169999](https://doi.org/10.1016/j.aop.2025.169999)

The tunneling of obliquely incident electromagnetic waves with the transverse-magnetic polarization on a non-magnetic bilayer structure with balanced gain and loss regions having parity-time symmetry has been investigated. The general formulas for the transmission-reflection amplitudes expressed in terms of the matrix that connects the boundary conditions of the magnetic field at the external sides of the layers have been derived. The conditions for perfect (zero reflection) tunneling through the systems with PT-symmetry have been found. (A.V. Zolotaryuk)

- Zolotaryuk, A.V.; Tsironis, G.P.; Kovalchuk, S., 2025. Tunneling of electromagnetic waves through bilayers: Special cases and point approximations. *Low Temp. Phys.*, **51**, 695-701. [doi: 10.1063/10.0036528](https://doi.org/10.1063/10.0036528)

In the Bose–Einstein condensate dark matter (DM) model, it is shown that axion-like interaction induces an alternation of stable and unstable phases, depending on the amplitude of the condensate’s wave function. The first unstable phase arises at small amplitude, whereas the stable phase – emerging at larger amplitude – forms a dense core and suppresses quantum fluctuations in the DM halo of galaxies once the threshold of 12% of the total mass is reached. Differences in the influence of quantum fluctuations on the thermodynamics of DM with varying phase composition lead to a first-order phase transition, as confirmed by the analysis of DM states in the galaxy NGC 2366 and its analogs. Although the DM indicators in NGC 2366, with a stable phase fraction of 19%, belong to the supercritical region, the phase transition allows a clear separation of stable DM configurations from unstable ones. (A.V. Nazarenko)

- Nazarenko, A.V., 2025. Macroscopic states in Bose–Einstein condensate dark matter model with axionlike interaction. *Eur. Phys. J. C*, **85**, 10, 1171. [doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-14893-5](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-025-14893-5)

We have considered classical and quantum quadratic  $abcd$  Lax algebras with rational classical and quantum  $gl(n) \times gl(n)$ -valued  $abcd$  tensors satisfying a set of quadratic “differential” or “semi-dynamical” Yang-Baxter-type equations generalizing those of Freidel and Maillet. The linearization of the corresponding quadratic structure leads to linear tensor structure with the classical  $gl(n) \times gl(n)$ -valued non-skew-symmetric rational  $r$ -matrix coinciding with a quasi-graded deformation of the standard skew-symmetric rational  $r$ -matrix. The classical and quantum  $abcd$  structures corresponding to the simplest  $n=2$  case were considered in detail. (T. Skrypnyk)

- Skrypnyk, T., 2025. On new rational non-dynamical ABCD-matrices for quadratic classical and quantum algebras. *Nucl. Phys. B*, **1017**, 116936. [doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2025.116936](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2025.116936)

The finite-temperature deformation of the sine kernel Fredholm determinants acting on closed contours has been considered. These types of expressions usually appear as static two-point correlation functions in models of free fermions and can be equivalently presented in terms of Toeplitz determinants. The corresponding symbol, or the phase shift, is related to the temperature weight. An elementary method for obtaining the large-distance asymptotic behavior has been presented even when the phase shift has a non-zero winding number. This is achieved by deforming the original kernel to the so-called effective form factors kernel that has a completely solvable matrix Riemann-Hilbert problem. This approach is then used to explicitly determine the resolvent and address the subleading corrections. Also, the Szego, Hartwig and Fisher, and Borodin-Okounkov asymptotic formulas have been recovered. (O. Gamayun, Yu. Zhuravlev)

- Gamayun, O.; Zhuravlev, Yu., 2025. On finite-temperature Fredholm determinants. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, **479**, 134716. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2025.134716>

## DEPARTMENT OF ASTROPHYSICS AND ELEMENTARY PARTICLES

Observations of eleven compact star-forming galaxies in the redshift range  $z = 0.6$ – $1.0$  are carried out with the Hubble Space Telescope to derive the shape of ionizing continuum in a rest-frame wavelength range of 600–900 Å. The stellar ionizing radiation is usually detected in these galaxies. But, in this study, for the first time gaseous ionization emission is discovered observationally in two galaxies as a bump just bluewards of the Lyman continuum limit at 912 Å. (Academician of the NAS of Ukraine Y.I. Izotov, N.G. Guseva)

- Izotov, Y.I.; Schaerer, D.; Worseck, G.; Guseva, N.G.; Verhamme, A.; Simmonds, C.; Chisholm, J., 2025. A great diversity of spectral shapes in the ionising spectra of  $z \sim 0.6$ – $1$  galaxies revealed by HST/COS and possible detection of nebular LyC emission. *Astronomy and Astrophysics*, **704**, A19. [DOI:10.1051/0004-6361/202556004](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202556004)

Latest results from the Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) suggest that dark energy may be nontrivially evolving with time rather than remaining constant. DESI's second data release (DR2), the most precise measurement yet of cosmic expansion, indicates that the dark-energy equation-of-state parameter,  $w(z)$ , evolves with time, favouring models in which dark energy is phantom-like ( $w < -1$ ) in the past, beyond redshift  $z \approx 0.5$ , while it becomes quintessence-like ( $w > -1$ ) at lower redshifts, closer to

the present epoch. In a recent study, we show that this behavior arises if dark energy originates from a scalar field, rather than a fixed cosmological constant, in the higher-dimensional braneworld framework. Such a framework provides an excellent fit to DESI DR2 data alongside observations from Type *Ia* supernovae and the cosmic microwave background. In the braneworld scenario, our 3+1-dimensional Universe is viewed as a membrane (brane) embedded in a larger 4+1-dimensional space. This framework, pioneered by Varun Sahni and Yuri Shtanov in the early 2000s, now gains fresh motivation from DESI's findings – offering a tantalizing hint that extra dimensions may subtly influence cosmic expansion. (Yu.V. Shtanov)

- Mishra, S.S.; Matthewson, W.L.; Sahni, V.; Shafieloo, A.; Shtanov, Yu., 2025. Braneworld Dark Energy in light of DESI DR2. *JCAP*, **11**, 018. [DOI:10.1088/1475-7516/2025/11/018](https://doi.org/10.1088/1475-7516/2025/11/018)

For twisted bilayer graphene with layers rotated at a small angle relative to each other, an analytical expression for the free energy of two impurities with spins (Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida interaction) was obtained using perturbation theory. Near the so-called “magic” angle, where the Hamiltonian of the system reduces to that of graphene but with a significantly reduced Fermi velocity, effective interaction constants for quadratic and quartic spin impurity terms have been obtained. The functional dependence of these interaction constants on the distance between impurities, the angle of rotation of the layers, temperature, and chemical potential has been calculated. Conditions have been identified under which the effective interaction of quadratic spin terms becomes significantly weaker than the biquadratic interaction, and the arrangement of impurities with spin ordering will be predominantly determined by the biquadratic interaction. (Academician of the NAS of Ukraine V.P. Gusynin)

- Oriekhov, D.O.; Osterholt, T.T.; Duine, R.A.; Gusynin, V.P., 2025. RKKY quadratic and biquadratic spin-spin interactions in twisted bilayer graphene. *Phys. Rev. B*, **112**, 4, 045142. [DOI:10.1103/wkp4-2n5b](https://doi.org/10.1103/wkp4-2n5b)

## **DEPARTMENT OF THEORY OF QUANTUM PROCESSES IN NANOSYSTEMS**

The results of quantum-chemical *ab initio* calculations of the electronic and conformational properties of the functionalized photochromic molecule *DASA* were applied to the interpretation of the ordering features and differences in the contrast of its open and closed forms in STM experiments,

and the possibility of the coexistence of both forms in the mixed structure of monolayers was substantiated. (O.L. Kapitanchuk)

- Senenko, A.I.; Marchenko, A.A.; Kurochkin, O.; Kapitanchuk, O.L.; Kravets, M.; Nazarenko, V.G.; Sashuk, V., 2025. Spontaneous switching and fine structure of donor-acceptor Stenhouse adducts on Au(111). *Nanoscale*, **17**, 214-218. <https://doi.org/10.1039/D4NR03942D>

The Landau-Lifshitz equation for the dynamics of collective magnetization in a synthetic antiferromagnet (SAF) nanoparticle was analytically solved, and a barrier-free switching regime was discovered under the action of a short pulse of a small amplitude magnetic field applied perpendicular to the SAF plane. (S.P. Kruchinin)

- Dzhzherya, Yu.; Kalita, V.; Polynchuk, P.; Kravets, A.; Korenivski, V.; Kruchinin, S.; Belucci, S., 2025. Fast barrier-free switching in synthetic antiferromagnets, *Scientific Reports*, **15**, 931. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67287-0>

A mechanism for quantum communication between nanomagnets embedded in microwave resonators has been proposed. The mechanism is based on the formation of a superexchange coupling between localized magnons formed in resonators due to the interaction of the electromagnetic mode of the resonator with the magnetostatic mode of spin excitation in the nanomagnet. The superexchange coupling is manifested in the tunneling of a magnetostatic magnon through a ferromagnetic chain connecting nanomagnets. (Corresponding member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov, S.M. Tunyk)

- Tunyk, S.M.; Petrov, E.G., 2025. Coherent transfer of magnon along a ferromagnetic chain. The 13-th international research and practice conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2025), Book of Abstracts, p. 492. <http://www.iop.kiev.ua/ua/nanotechnology-and-nanomaterials-nano-2025/>

## **DEPARTMENT OF THEORY OF NONLINEAR PROCESSES IN CONDENSED MATTER**

The density of states and differential entropy per particle are analyzed for Dirac-like electrons in graphene subjected to a perpendicular magnetic field and an in-plane electric field. The study considers ballistic electrons and also includes the effect of small impurity scattering. In the latter case, the limit of zero magnetic field and the so-called collapse of Landau levels in graphene are examined analytically. By comparing the results with numerical calculations for graphene ribbons, we demonstrate that the Landau state

counting procedure must be modified for Dirac-like electrons, leading to a field-dependent Landau level degeneracy factor. (S.G. Sharapov)

- Chaika, A.A.; Kulynych, Ye.; Oriekhov, D.O.; Sharapov, S.G., 2025. Density of states and differential entropy in the Dirac materials in crossed magnetic and in-plane electric fields. *Physical Review B*, **111**, 085426. DOI: [10.1103/PhysRevB.111.085426](https://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.085426)

The exact analytical expressions for the zero-temperature current in the "left electrode–molecular contact–right electrode" systems, where the role of contact is played by conjugated oligomers of polyparaphenylene and polynaphthalene, are obtained. The dependences of the current on the number of monomers, the coupling parameter characterizing the coupling between the contact and electrodes, and the potential difference between the left and right electrodes are derived. (L.I. Malysheva)

- Malysheva, L., 2025. Electron transport in bounded conjugated oligomers. *Low Temp. Phys.*, **51**, 5, 636-642. <https://doi.org/10.1063/10.0036530>

For an overdamped Josephson junction that takes into account the transparency of the dielectric layer, and, as a result, has a non-sinusoidal current-phase dependence, the evolution of the Josephson phase over time and the current-voltage characteristics are found analytically. The average voltage drop across the junction decreases with increasing transparency. When thermal fluctuations are taken into account in the phase dynamics, it is found that the average residence time of the transition in the superconducting state increases sharply with decreasing transparency of the dielectric layer. (Y.O. Zolotaryuk, I.O. Starodub)

- Shutovskiy, A.M.; Sakhnyuk, V.; Starodub, I.O.; Zolotaryuk, Y., 2025. Influence of a dielectric layer transparency on the overdamped Josephson junction dynamics. *Low Temp. Phys.*, **51**, 596-603. [doi.org/10.1063/10.0036518](https://doi.org/10.1063/10.0036518)

The novel twelve-component and six-component nonlinear integrable dynamical systems on quasi-one-dimensional lattices have been developed. Two types of admissible symmetries for the twelve-component system and one type of symmetry for the six-component system have been established. The total local current is shown to support the charge transportation only by four of the six subsystems incorporated into the twelve-component system under study. The twelve-component system is able to model the effects of an external parametric drive and external uniform magnetic field via time dependencies and phase factors of intersite coupling parameters. (O.O. Vakhnenko)

- Vakhnenko, O.O.; Vakhnenko, V.O., 2025. Integrable twelve-component nonlinear dynamical system on a quasi-one-dimensional lattice. *SIGMA*, **21**, 089. <https://doi.org/10.3842/SIGMA.2025.089>

Energy spectrum of quasi-one-dimensional electrons in an atomic chain is calculated, using solutions of the Dirac equation. Integrability of Dirac equations whose solutions describe one-dimensional propagation of electrons bound with the Coulomb field of chain atoms, is provided by the existence of the full set of integrals of motion. This set includes Hamiltonian of the system, projections of electron momentum on the chain axis, electron total angular momentum and relativistic vector of spin polarization. A new spinor invariant of motion is found which leads to random degeneration of the electron spectrum with respect to spin quantum number. (A.A. Eremko, L.S. Brizhik, Academician of the NAS of Ukraine V.M. Loktev)

- Eremko, A.; Brizhik, L.; Loktev, V., 2025. Bound electron states in a charged chain within the Dirac description. *Low Temp. Phys.*, **51**, 680–687. <https://doi.org/10.1063/10.0036744>

## **DEPARTMENT OF THEORETICAL AND COMPUTATIONAL BIOPHYSICS**

Molecular dynamics simulations of five systems with DNA, water molecules, and alkali metal cations ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ) were performed. Based on the obtained trajectories, the vibrational spectra of the elements of the studied systems were calculated using two independent approaches based on the autocorrelation functions of the velocities and on the autocorrelation functions of the dipole moments. Analysis of the infrared spectra of DNA in solutions with different salts showed that the studied ions have little effect on the vibrational dynamics of the atomic groups of DNA. The exception is  $\text{Li}^+$  ions, the effect of which is observed in the spectral range corresponding to the vibrations of the double helix backbone lie. Using the calculated spectra of the density of vibrational states of cations localized in different regions of DNA, the effect of the nature of the hydration of ions on their vibrational dynamics was revealed. Additionally, the spectra of the density of vibrational states of water molecules of the hydration shells of the studied ions were calculated and it was shown that in the obtained spectra an isosbestic point is observed, which arises due to steric constraints caused by the DNA surface and also by the ions. (T.L. Bubon, S.M. Perepelytsya)

- Bubon, T.; Azizi, K., 2025. Effects of alkali-metal counterions on the vibrational dynamics of the DNA hydration shell. *The Journal of Physical Chemistry B*, **129** (1), 28–40. [DOI:10.1021/acs.jpcc.4c04449](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c04449)

The paper analyzes the problems of the observer and measurement in quantum mechanics, outlined by P. Dirac and J. Bell, based on a critical rethinking of classical and modern approaches. A new analytical model of a measurement experiment is proposed, that allows for a new interpretation of the role of measurement, and its main consequences are discussed. (E.S. Kryachko)

- Kryachko, E.S., 2025. On Generalization of the Eigenvalue Problem in Quantum Measurement: A Measurement That Would Be Better Not To Exist. *Annali d'Italia*, **63**, 34-42. <https://doi.org/10/5281/zenodo.14726348>

The model of DNA macromolecule deformation is presented that takes into account both external and internal deformation components and their interrelation. The external components describe the twisting and stretching of the double helix, while the internal components are characterized by the relative displacement of structural elements within the base pairs of the double helix. The model assumes an interaction between the twisting and stretching deformations and the internal component. As a result, a counterintuitive behavior is revealed: under the action of a stretching force, the DNA double helix can undergo an increase in twisting. This anomalous behavior persists until a certain critical force is reached, after which the molecule exhibits more normal behavior, unwinding in response to further stretching. The results emphasize the crucial role of the interaction between the internal and external components in the mechanics of the double helix under the influence of an applied force in the piconewton range. The model agrees well with experimental data, confirming its reliability. (P.P. Kanevska, S.N. Volkov)

- Kanevska, P.P.; Volkov, S.N., 2025. Conformation impact in the deformation of DNA TATA-box. *Ukrainian Journal of Physics* (accepted).

## **DEPARTMENT OF SYNERGETICS**

Using optical nonclassicality as an example, a method for detecting quantum resources under informationally incomplete measurements is proposed. We have developed an approach, which is applicable to single-mode quantum states conditionally prepared via measurements on the other mode of a two-mode system. A rigorous theoretical description of the steering of hidden (latent) nonclassicality is introduced as a class of correlations that goes beyond quantum entanglement and quantum discord. The obtained results ensure the correct identification of latent nonclassicality in practical measurement scenarios and extend the possibilities for the experimental

analysis of quantum properties of optical fields. (Corresponding member of NAS of Ukraine A.O. Semenov, V.S. Kovtoniuk)

- Kovtoniuk, V.S.; Klimov, A.B.; Semenov, A.A., 2025. Latent optical nonclassicality of conditionally prepared states. *Phys. Rev. A*, **111**, 053701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.111.053701>

A circular-beam model is proposed to describe propagation of quantum light in a turbulent atmosphere. This model eliminates the systematic error arising from the essentially non-Gaussian shape of the beam after it passes through the atmosphere. The results obtained have a wider range of applications compared to earlier approaches and provide a new practical tool for analyzing atmospheric quantum channels. (Corresponding member of NAS of Ukraine A.O. Semenov, I. Pechonkin)

- Pechonkin, I.; Klen, M.; Semenov, A.A., 2025. Circular-beam approximation for quantum channels in a turbulent atmosphere. *Phys. Rev. A*, **112**, 063716. <https://doi.org/10.1103/pv7j-4zpf>

We have proposed a scheme for detecting pairs of microwave photons, which is an extension of the existing single-photon threshold detector—a Josephson photomultiplier. To achieve a two-photon detection threshold, we employ a two-photon interaction between two resonators, which stems from the nonlinearity of the superconducting quantum interferometric device that connects the resonators. For realistic system parameters, we have demonstrated that detection accuracy of over 99% can be achieved in less than 50 ns. The proposed detector could improve the accuracy of superconducting qubit state readout in circuit quantum electrodynamics. It could also serve as a “building block” for a microwave photon-number-resolving detector. (E.V. Stolyarov)

- Stolyarov, E.V.; Baskov, R.A., 2025. Detector of microwave photon pairs based on a Josephson photomultiplier. *Phys. Rev. Res.*, **7**, 03326. <https://doi.org/10.1103/6p8x-snzm>
- Stolyarov, E.V.; Andriichuk, V.L.; Sokolov, A.M., 2025. Two-photon coupling via Josephson element: Breaking the symmetry with magnetic fields. *Phys. Rev. B*, **111**, 214517. <https://doi.org/10.1103/w12t-92qg>

For the system with inhomogeneous distribution of macroscopic parameters we obtain thermodynamic relation which depends on the spatial coordinate. In our approach, to obtain such a relation we use the basic ideas of the method of nonequilibrium statistical operator combined with the Hubbard–Stratonovich transformation. First of all, we define the thermodynamic relation for the system with homogeneous distribution of particles. Possible behavior peculiarities of systems with different character of

interaction in nonequilibrium case are predicted. By saddle-point method we find the dominant contributions to the partition function and obtain all thermodynamic parameters of the systems with different character of interaction. The formations of saddle state in all systems of interacting particles at different temperatures and particle distributions have the same physical nature and therefore they can be described in the same way. We consider the systems with attractive and repulsive interactions as well as self-gravitating systems. (A.P. Rebesh, Academician of the NAS of Ukraine B.I. Lev, Academician of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny)

- Rebesh, A.P.; Lev, B.I.; Zagorodny, A.G., 2025. Thermodynamic relation for the systems with inhomogeneous distribution of particles. *Condensed Matter Physics*, **28**, 3, 33502. [DOI: 10.5488/CMP.28.33502](https://doi.org/10.5488/CMP.28.33502)

The three-band Glashow-Weinberg-Salam model with weak Josephson couplings between strongly asymmetrical condensates of scalar fields is formulated. We have found two sterile ultra-light Leggett bosons the Bose-Einstein condensate of which forms dark matter halos around galaxies. Within the framework of this model, a mechanism for the generation of neutrino masses is proposed and the neutrino masses are calculated. An experimental test for the model is proposed. (K.V. Grygorishin)

- Grigorishin, K.V., 2025. Three-band extension for the Glashow-Weinberg-Salam model. *Acta Physica Polonica B*, **56**, 8, A2, [doi.org/10.5506/aphyspolb.56.8-a2](https://doi.org/10.5506/aphyspolb.56.8-a2)

An analytical expression for the plasmon density of states of a ladder-shaped array of Josephson junctions consisting of  $N$  rows is obtained. It is established that the density of states has  $3N-2$  singularities. It is shown that anisotropy has the greatest effect on the density of states, leading to significant shifts of its singularities along the frequency axis. The amplitudes of all modes are expressed in terms of orthogonal polynomials similar to the Chebyshev polynomials. (D. Bukatova, I.O. Starodub, Y.O. Zolotaryuk)

- Bukatova, D.; Starodub, I.O.; Zolotaryuk, Y., 2025. Spectral properties of the ladder-like Josephson junction array, *Phys. Lett. A*, **562**, 130983. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2025.130983>

Conditions under which sustainable economic development occurs have been established. Based on the established theorems, a method has been developed for studying real economic systems with respect to their sustainable development. A complete characterization is provided of taxation systems capable of bringing an economically aggregated system into a regime of sustainable development. A definition of sustainable development for aggregated economic systems is given, along with a complete description of taxation

systems that ensure such sustainable development. It is shown that the U.S. economy during 2010–2014 was close to a sustainable development regime. (M.S. Gonchar)

- Gonchar, N.S., 2025. American economy and sustainable development. *Journal of Mathematical Finance*, **15**, 2, 186-232. <https://doi.org/10.4236/jmf.2025.152009>

## **DEPARTMENT OF COMPUTER MAINTENANCE DEPARTMENT OF COMPUTING SUPPORT FOR RESEARCH AND SCIENTIFIC & TECHNICAL INFORMATION**

The most important result of the project «Technological Development and Support of the Open Data Repository of the NAS of Ukraine» is to provision of the industrial operation of the Open Data Repository of the NAS of Ukraine DataverseUA (<https://opendata.nas.gov.ua/>), as well as its technological development, and the storage of scientific data for the Centers of Collective Usage of the NAS of Ukraine and scientific institutions with preservation of the intellectual property rights of researchers. Training of data curators and users was carried out. Datasets stored in the Repository DataverseUA are assigned a unique DOI, ensuring the searchability and reuse of research data while the dataset provider's copyright remains intact. (S. Svistunov, P. Svirin, Y. Gonchar)

## **DEPARTMENT OF THEORETICAL AND MATHEMATICAL PHYSICS**

The Department of Theoretical and Mathematical Physics (TMP) of Kyiv Academic University (KAU) at the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine (BITP) provides education and training of master's degree students under the scientific and educational program "Theoretical and Mathematical Physics". In particular, the teachers of the department teach specialized courses in the latest areas of condensed matter physics, quantum optics and quantum information, high-energy physics and integrated quantum systems, quantum field theory, general problems of theoretical physics and issues of scientific research. The department also pays significant attention to preparing students of theoretical physics for admission to the KAU master's program.

The staff of the department together with the Scientific and Educational Center of the BITP and with the involvement of other departments of the KAU organize annual schools on the modern problems of theoretical physics

for students and postgraduate students, scientific seminars and lectures, organize elective courses in physics and mathematics for 1st and 2nd year students of the physics and mathematics faculties of Kyiv universities.

In particular, in 2025 the following events were held:

1. March 24–28, 2025. Quantum Sensing and Metrology School.

Lecturers: Andriy Semenov, Doctor of Sciences in the field of "Natural Sciences", Senior Researcher of the BITP.

2. April 10–11, 2025. International scientific event dedicated to the World Quantum Day.

Lecturers: Andriy Semenov, Doctor of Sciences in the field of "Natural Sciences", Senior Researcher of the BITP.

3. July 14–15, 2025. The International Workshop on Unconventional Magnetism in Quantum Materials.

Lecturers: Serhiy Sharapov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory of the BITP.

4. November 12, 2025. Webinar “Research Data and the DataverseUA Repository”.

Lecturer: Serhiy Svistunov, Ph.D., Head of the Department of the BITP.

## SCIENTIFIC PUBLICATIONS

### Monographs

1. Zagorodny, A.; Khimich, O.; Andon, F.; Svistunov, S.; and others. **Open Science: The Vision of the National Academy of Sciences of Ukraine**, 2025, – Kyiv: Akadempriodyka, –202 pp. ISBN 978-966-360-555-5  
[https://akadempriodyka.org.ua/uk/books/scientific\\_monographs/open-science/](https://akadempriodyka.org.ua/uk/books/scientific_monographs/open-science/)

### Papers in Journals: 117:

Ukrainian journals – 26, International journals – 91.

## CONFERENCES & SEMINARS

- Seminar “Problems of Theoretical Physics”, dedicated to the memory of Academician Oleksiy Sitenko, Kyiv, February 11, 2025
- KMPB-Ukraine Workshop, March 4-6, 2025
- 6th International Scientific Seminar “Sweden-Ukraine”, March 11, 2025

- Satellite Symposium “Quantum Science in Ukraine 2025” held as part of the Global Summit of the American Physical Society, March 18, 2025
- Sweden-Ukraine Conference: Theoretical and Computational Physics, April 29, 2025
- XIV Conference of Young Scientists “Problems of Theoretical Physics”, June 10-12, 2025
- COST-COSY School (CPCS-2025) “Computational Physics of Confined Systems: From Life to Material Sciences”, June 24-26, 2025
- International satellite conference “Statphys in Lviv”, June 30 – July 3, 2025
- XIII Scientific Seminar in Memory of P.I. Fomin “Quantum Field Theory and Cosmology”, July 2, 2025
- Third Austro-Ukrainian Seminar, July 4, 2025
- International Conference “New Trends in High-Energy Physics” (Dedicated to the Memory of Professor Laszlo Yenkovsky), September 15-19, 2025
- Bogolyubov Readings 2025, November 25, 2025
- XXXI Davydov Readings in Theoretical Physics, December 29, 2025

## **PRIZES AND AWARDS**

### STATE AWARDS

#### **Prize of the President of Ukraine for young scientists**

Doctor of Philosophy D.V. Zhuravel

### NAS OF UKRAINE AWARDS

#### ***Georgy Antonovich Gamow Prize of the National Academy of Sciences of Ukraine***

Academician of the NAS of Ukraine Doctor of Physics and Mathematics  
Y.I. Izotov, Doctor of Physics and Mathematics N.G. Guseva

#### ***Gratitude of the Presidium of the NAS of Ukraine***

Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Doctor of Physics and  
Mathematics E.G. Petrov

INTERNATIONAL AWARDS

*APS Outstanding Referee*

Corresponding Member of the NAS of Ukraine,  
Doctor of Physics and Mathematics A.O. Semenov

AWARDS

of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics  
of the National Academy of Sciences of Ukraine

*Petro Fomin Prize*

*of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics  
of the National Academy of Sciences of Ukraine*

Senior Researcher, Doctor of Physics and Mathematics Yu.V. Shtanov

*Редактори*  
*І.О. Стародуб, А.І. Ситніченко*