

**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 2020 РОЦІ**

**TOPMOST SCIENTIFIC RESULTS 2020
OF THE BOGOLYUBOV INSTITUTE
FOR THEORETICAL PHYSICS
OF THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF UKRAINE**

Київ 2021

ЗМІСТ

Фізика високих енергій	3
Теорія ядра та ядерних реакцій	4
Математичні методи в теоретичній фізиці	5
Нанофізика, фізика низьковимірних систем	5
Фізика м'якої речовини	9
Астрофізика та космологія	12
Фізика плазми	14
Математичне моделювання	15
Комп'ютерне забезпечення наукових досліджень	15
Кафедра теоретичної і математичної фізики	16
Наукові публікації.....	18
Конференції та семінари.....	18
Відзнаки та нагороди	18

CONTENTS

High energy physics	20
Theory of nuclei and nuclear reactions	21
Mathematical methods in theoretical physics	22
Nanophysics, physics of low-dimensional systems	22
Soft matter physics	27
Astrophysics and cosmology	30
Plasma physics	31
Mathematical modeling	32
Computer supply of scientific researches	33
Department of Theoretical and Mathematical Physics.....	33
Scientific publications.....	35
Conferences & Seminars	35
Prizes and Awards	35

ФІЗИКА ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

Інтегровну гідрокінетичну модель вдосконалено шляхом включення додаткових механізмів випромінювання фотонів з метою детального аналізу спектрів прямих фотонів, а також вимірювань еліптичного та триангулярного потоків при зіткненнях ядер на релятивістських колайдерах важких іонів на прискорювачах RHIC та LHC. Аналіз відповідних експериментальних даних показав, що самоузгоджений опис цих даних потребує включення механізмів, пов'язаних з процесами конфайнмента («адронізаційні фотони»), та ефектів заплутаності. (Ю.М. Синюков, чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- Naboka, V.Yu., Sinyukov, Yu.M., Zinovjev, G.M., 2020. Photon spectra and anisotropic flow in heavy ion collisions at the top RHIC energy within the integrated hydrokinetic model with photon hadronization emission. *Nucl. Phys. A* **1000**, 121843. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2020.121843>

Запропоновано новий формалізм описування системи для сумішей адронів із довільними радіусами твердого кора і такими кластерами, як легкі ядра. На його основі вперше отримано рівняння стану для цих сумішей, яке виходить за рамки наближення Ван дер Ваальса і на базі якого проаналізовано модель адронного резонансного газу, що дало змогу якісно описати множинності адронів і ядер, виміряних в центральних зіткненнях ядер колаборацією ALICE CERN за енергії в системі центра мас 2760 GeV і колаборацією STAR BNL при 200 GeV. (К.О. Бугаєв, Б.Є. Гринюк, В.В. Сагун, О.І. Іваницький, чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- Bugaev, K. A., Vitiuk, O. V., Grinyuk, B. E., Sagun, V. V., Yakovenko, N. S., Ivanytskyi, O. I., Zinovjev, G. M., Blaschke, D. B., Nikonov, E. G., Bravina, L. V., et al. 2020, Second virial coefficients of light nuclear clusters and their chemical freeze-out in nuclear collisions. *Euro. Phys. J. A*, **56**, 293

Розвинуто новий метод прямого порівняння експериментальних значень кумулянтів зарядів, що зберігаються в центральних зіткненнях важких іонів, та теоретичних обчислень флуктуацій у великому канонічному ансамблі. Його застосовано до аналізу флуктуацій баріонів в експериментах на Великому адронному колайдері. (М.І. Горенштейн, Р.В. Побережнюк)

- Vovchenko, V., Savchuk, O., Poberezhnyuk, R.V., Gorenstein, M.I., Koch, V., 2020. Connecting fluctuation measurements in heavy-ion collisions with the grand-canonical susceptibilities. *Phys. Lett. B* **811**, 135868. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135868>

Розвинуто оригінальний метод самоузгодженого врахування флуктуацій чисел частинок з індукованим поверхневим натягом та кривиною при дослідженні рівняння стану. Такий підхід дає змогу узагальнити класичну концепцію морфологічної термодинаміки на випадок густих сумішей як больцманівських, так і квантових частинок із відштовхуванням твердого кору. На відміну від стандартного формулювання таких рівнянь стану коефіцієнти поверхневого натягу і кривини при цьому пригнічуються за умови високих густин не експоненційними, а степеневими функціями тиску системи. (К.О. Бугаєв)

- Bugaev, K.A., 2020. Alternative formulation of the induced surface and curvature tensions approach. *J. Phys. G: Nuclear and Particle Physics*. <https://doi.org/10.1088/1361-6471/abce92>

ТЕОРІЯ ЯДРА ТА ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ

Розраховано температурні залежності коефіцієнта тунелювання крізь екранований кулонівський бар'єр для pp-, pd-, pt-, dd- і dt-реакцій при кімнатних температурах і продемонстровано зростання на декілька порядків ймовірності реакцій синтезу при більшій температурі всього на сотні градусів. (Б.Є. Гринюк)

- Grinyuk, B.E., Simenog, I.V., 2020. On the temperature role in the tunneling process at the low-energy nuclear fusion. *Ukr. J. Phys.* **65**, 958. <https://doi.org/10.15407/ujpe65.11.958>

Удосконалену трикластерну модель застосовано для аналізу структури гіперядра ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$, яке було представлено двома альфа-частинками та Λ -гіпероном. Розраховано спектр зв'язаних та резонансних станів гіперядра ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$, фази пружного та непружного розсіяння Λ -гіперона на ядрі ${}^8\text{Be}$ та альфа-частинки на гіперядрі ${}^5_{\Lambda}\text{Be}$. Показано, що кластерна поляризація породжує ряд резонансних станів, більшість з яких має дуже вузьку ширину, меншу за 100 кеВ. Результати розрахунків добре узгоджуються з експериментальними даними та результатами альтернативних мікроскопічних і напівмікроскопічних моделей. (В.С. Василевський, Ю.А. Лашко, О.В. Нестеров)

- Lashko, Yu. A., Nesterov, A. V., Vasilevsky, V. S., 2020. Structure of the ground and excited states in ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ nucleus. ArXiv e-prints nucl-th/2006.08137. [Submitted to *Phys. Rev. C*]

Детально досліджено ефекти кулонівської взаємодії при формуванні зв'язаних та резонансних станів дзеркальних легких ядер

${}^7\text{Li}$ - ${}^7\text{B}$, ${}^8\text{Li}$ - ${}^8\text{B}$, ${}^9\text{Be}$ - ${}^9\text{B}$, ${}^{11}\text{B}$ - ${}^{11}\text{C}$. Виявлено резонансні стани із сильними, слабкими та помірними ефектами кулонівської взаємодії. Показано, що кулонівський зсув є максимальний для зв'язаних станів, тому що зв'язані стани є компактнішими за резонансні. (В.С. Василевський)

- Duisenbay, A. D., Kalzhigitov, N., Katō, K., Kurmangaliyeva, V. O., Takibayev, N. and Vasilevsky, V. S., 2020. Effects of the Coulomb interaction on parameters of resonance states in mirror three-cluster nuclei. *Nucl. Phys. A*, **996**, 121692. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2020.121692>

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В ТЕОРЕТИЧНІЙ ФІЗИЦІ

В рамках загальної проблеми розділення змінних для інтегровних гамільтонових систем з $gl(n)$ -значними матрицями Лакса, що задовольняють квадратичні дужки Майє типу a - b - c - d , на основі компонент відповідних тензорів a - b - c - d сформульовано достатні умови, які гарантують, що функції відокремлювання Скляніна-Скотта-Гехтмана дійсно продукують канонічні координати. Для важливого підкласу класичних алгебр a - b - c - d , а саме класичних алгебр відбиття, за допомогою відповідних r - s -тензорів сформульовано достатні умови канонічності координат Скляніна-Скотта-Гехтмана. Для випадку тригонометричних $gl(n) \times gl(n)$ -значних тензорів a - b - c - d знайдено клас операторів Лакса. Отриманий для них набір канонічних координат є повним. (Т.В. Скрипник)

- Skrypnyk, T., 2020. Separation of variables for quadratic algebras: Algebras of Maillet and reflection-equation algebras. *J. Math. Phys.* **61**, 083504. <https://doi.org/10.1063/5.0012299>

НАНОФІЗИКА, ФІЗИКА НИЗЬКОВИМІРНИХ СИСТЕМ

Використовуючи ефективний низькоенергетичний гамільтоніан для ферміонів з псевдоспіном одиниця, розраховано взаємодію Рудермана-Кіттеля-Касуїя-Йосіди (РККЙ) для магнетних домішок, розміщених на одній і тій самій або різних підгратках пластинчастої ґратки. Показано, що існує три типи взаємодії, які залежать від параметру моделі, що визначає відносну силу стрибків електронів між підгратками: два з них можна звести до графенового типу, тоді як третій є новим – він обумовлений наявністю бездисперсійної зони з нульовою енергією. Отримано загальні аналітичні вирази для взаємодії РККЙ в термінах інтегралів Мелліна–Барнса. Показано, що взаємодія між домішками, розташованими у вузлах сотової ґратки, виявляє дуже сильну температурну залежність при малому допуванні,

що є прямим наслідком наявності плоскої зони. (чл.-кор. НАН України В.П. Гусинін)

- Oriekhov, D.O., Gusynin, V.P., 2020. RKKY interaction in a doped pseudospin-1 fermion system at finite temperature. *Phys. Rev. B* **101**, 235162. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.235162>

Розвинуто теорію магнетореологічного ефекту в еластомерах з одновісними ферромагнетними частинками. За умови узгодженості механічного та магнетного моментів розраховано деформацію зсуву, що виникає в еластомері під дією магнетного поля. Показано, що величина зсуву може досягати 10 відсотків навіть у слабких полях. (акад. НАН України В.М. Локтєв)

- Kalita, V.M., Ivanova, I.M., Loktev, V.M., 2020. Magnetorheological effect in elastomers containing uniaxial ferromagnetic particles. *Condens. Matter Phys.* **23**, 23608. <https://doi.org/10.5488/CMP.23.23608>

Запропоновано нову сім'ю неупорядкованих систем. Ця сім'я належить до класу систем, що містять випадкові негермітові домішки заміщення. Розглянуто простий випадок, коли наявність точкових дефектів заміщення призводить до модельного гамільтоніану з діагональним безладом. На відміну від відомих моделей негермітових домішок, ненульова густина станів для кожної ізольованої від основного кристалу домішки наявна лише у неперервній зоні кінцевої ширини. Наведено спосіб побудови відповідних домішкових гамільтоніанів. (акад. НАН України В.М. Локтєв, Ю.В. Скрипник)

- Skrypnyk, Y.V., Loktev, V.M., 2020. Local spectra at impurity and neighboring sites in graphene: Resonance manifestation. *J. Low Temp. Phys.* **46**, 258–263. <https://doi.org/10.1063/10.0000696>

Побудовано дві сім'ї точкових взаємодій із зв'язаними станами для випадку гетероструктури, яка складається з двох пласких однорідних шарів у границі, коли їхня ширина і відстань між ними прямують одночасно до нуля. Показано можливість резонансно-тунельного проходження електронів через таку структуру. (О.В. Золотарюк, Я.О. Золотарюк)

- Zolotaryuk A.V. and Zolotaryuk Y., 2020. Point interactions with bound states: A zero-thickness limit of a double-layer heterostructure. *J. Low Temp. Phys.*, **46**, 779–785. <https://doi.org/10.1063/10.0001540>

Запропоновано нелінійну модель трьох динамічних підсистем, зв'язаних в своїх кінетичній та потенціальній частинах. З огляду на квазіодновимірну просторову структуру її базової ґратки модель

охоплює кілька ступенів вільності, здатних імітувати динамічну поведінку довгих макромолекул як природнього, так і синтезованого походження, а також динаміку нелінійних збуджень в низьковимірних просторово структурованих метаматеріалах. Модель допускає чітке гамільтонове формулювання зі стандартними дужками Пуассона і демонструє комплексно спряжену симетрію між підсистемами тодового типу. Інтегровність рівнянь системи забезпечується її представленням нульової кривини, що впливає з допоміжної лінійної задачі зі спектральним оператором третього порядку. Розвинуто прийнятну подвійну техніку одягання Дарбу – Беклунда, в рамках якої згенеровано нетривіальний ужинковий розв'язок, що охоплює всі три зв'язані підсистеми. (О.О. Вахненко)

- Vakhnenko, O.O., 2020. Integrable nonlinear triplet lattice system with the combined inter-mode couplings. *Phys. J. Plus* **135**(09) 769 (16 pages). <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-020-00794-x>

Розроблено теорію криволінійних одновимірних антиферомагнетиків. Встановлено, що ахіральний антиферомагнетний спіновий ланцюжок поводить себе як двовісний хіральный магнетик з ефективною анізотропією та взаємодією Дзялошинського-Морії. Індукована геометрією взаємодія Дзялошинського-Морії призводить до гібридизації магнонів у ланцюжку. (К.В. Єршов, В.П. Кравчук)

- Yershov, K., Kravchuk, V., Sheka, D., Roessler, U., 2020. Curvature effects on phase transitions in chiral magnets. *SciPost Phys.* **9**, 043. <https://doi.org/10.21468/SciPostPhys.9.4.043>

Запропоновано спосіб виявлення слабких осциляцій в частотній залежності електропровідності металевих наночастинок. Встановлено підсилення слабких осциляцій кінетичної електропровідності металеві наночастинок. З'ясовано, що амплітуда осциляцій зростає із меншанням радіуса частинки (М.І. Григорчук)

- Grigorchuk, N.I., 2020. Modulation of frequency dependence of a metal nanoparticle electroconductivity. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii* **42**, 929–937. <https://doi.org/10.15407/mfint.42.07.0929>

Вивчено ефект Нернста на диску Корбіно, підданому нормальному зовнішньому магнетному полю та радіальному градієнту температури. Геометрія Корбіно дає можливість для прямого вимірювання магнетувальних струмів, які маскуються кінетичним внеском у струм Нернста в звичайній геометрії. Магнетувальні струми (ще мають назву «крайові струми») не

залежать від провідності зразка, тому їх можна зручно описати в термодинамічному підході. Вони можуть бути пов'язані з термодинамічним потенціалом Ландау для нескінченної системи. Продемонстровано, що прояв цього суто термодинамічного ефекту Нернста полягає в сильних коливаннях магнетного поля, виміряних в центрі диску як функції зовнішнього поля. Коливання залежать від різниці температур на краях диску. Ферміони Дірака та 2D електрони з параболічним спектром характеризуються коливаннями різної фази та частоти. Ми прогнозуємо якісно різні енергетичні залежності величини сигналу Нернста від хімічного потенціалу для нормальних і діракових носіїв. (С.Г. Шарапов)

- Kavokin, A.V., Altshuler, B.L., Sharapov, S.G., Grigoryev, P.S., Varlamov, A.A., 2020. The Nernst effect in Corbino geometry. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* **117**, 2846–2851. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916567117>

Отримано аналітичну залежність потужності випромінювання світла в молекулярному діоді від напруги зміщення та напруги на заслоні як при позитивній, так і при негативній полярностях. Показано, що напруга на заслоні керує потужністю через зсув орбітальних енергій відносно рівнів Фермі наноелектродів. Таке налаштування дає змогу досягти резонансного тунелювання електронів через молекулярний фотодіод і таким чином створити фотоактивний синглетний збуджений стан хромофора при менших напругах зміщення у порівнянні з напругами, які перемикають генерацію світла за відсутності заслону. (чл.-кор. Е.Г. Петров, В.О. Леонов, Є.В. Шевченко)

- Petrov, E., Leonov, V., Shevchenko, Y., Snitsarev, V., 2020. Control of electroluminescence in a molecular photodiode by gate voltage. *Mod. Phys. Lett. B* **34**, 2040063. <https://doi.org/10.1142/S0217984920400631>

Для одновимірної системи точкових бозонів показано, що при слабкому зв'язку «діркова» квазічастинка Ліба є певним набором взаємодійних фононів. Це означає, що діркові квазічастинки не утворюють незалежний тип квазічастинок, хоча в літературі довгий час вважалось протилежне. (М.Д. Томченко)

- Tomchenko, M., 2020. Nature of Lieb's "hole" excitations and two-phonon states of a Bose gas. *J. Low Temp. Phys.* **201**, 463–488. <https://doi.org/10.1007/s10909-020-02498-z>

Досліджено вплив атомних домішок на енергетичний спектр та електричну провідність графену. Аналітичні формули, одержані в

рамках одноелектронної моделі сильного зв'язку Ліфшиця, було порівняно з результатами числових обчислень. Внесок розсіювання електронів на атомному випарі до густини станів та електропровідності графену з домішкою міжвузлових атомів досліджено числовими методами. Показано, що більшання електропровідності зі зростанням параметра порядку є спільним наслідком зростання густини станів на рівні Фермі та часу релаксації електронних станів. (С.П. Кручинін)

- Bellucci, S., Kruchinin, S., Repetsky, S.P., Vyshyvana, I.G., Melnyk, R., 2020. Behavior of the energy spectrum and electric conduction of doped graphene. *Materials* **13**, 1718. <https://doi.org/10.3390/ma13071718>

У безконволюційному за часом описові розв'язано задачу замикавання конформаційних динамік необоротного двостадійного наноланцюга при стохастичній модуляції прямої чи зворотної швидкостей переходу. Показано, що ці динаміки значно розрізняються, набуваючи відповідно тетрамодалного або бімодалного вигляду (В.І. Тесленко).

- Teslenko, V.I., Kapitanchuk, O.L., 2020. Multimodal dynamics of nonhomogeneous absorbing Markov chains evolving at stochastic transition rates. *Int. J. Mod. Phys. B* **34**, 2050105. <https://doi.org/10.1142/S0217979220501052>

Розроблено модель укладу молекул в моношарі, яка дала змогу проаналізувати походження самоорганізованих утворень молекул на основі ціано-децилбіфенілу в структурах зсунутих рядів, зумовлених конкуренцією між адсорбивною взаємодією молекула-підкладка та значними просторовими взаємодіями між сусідніми ціанобіфенільними групами. Результати моделювання узгоджуються з квантово-механічними розрахунками з перших принципів та експериментальними даними. (О.Л. Капітанчук).

- Snegir, S., Dappe, Y.J., Kapitanchuk, O.L., Coursault, D., Lacaze, E., 2020. Kinked row-induced chirality driven by molecule–substrate interactions. *Physical Chemistry Chemical Physics* **22**, 7259–7267. <https://doi.org/10.1039/C9CP06519A>

ФІЗИКА М'ЯКОЇ РЕЧОВИНИ

Представлено новий підхід, заснований на застосуванні нерівноважного статистичного оператора, який дає змогу врахувати неоднорідний розподіл частинок. Такий метод використовує процедуру сідлової точки для знаходження основних внесків у статистичну суму і надає можливість отримати всі термодинамічні

параметри систем. Передбачено можливі особливості поведінки взаємодійних систем, таких як гравітаційні системи, системи з кулонівським відштовхуванням тощо для різних термодинамічних умов. Запропоновано новий підхід для описування нерівноважних систем в енергетичному просторі, що є розширенням підходу Гібса для макроскопічних систем за нерівноважних умов. (акад. НАН України А.Г. Загородній, чл.-кор. НАН України Б.І. Лев)

- Lev, B.I., Zagorodny, A.G., 2020. Statistical description of non-equilibrium many-particle systems. *Ukr. J. Phys.* **65**, 1056. <https://doi.org/10.15407/ujpe65.12.1056>

Запропоновано новий метод (арифметичної ентропії) для аналізу великих послідовностей даних, типу траєкторій динамічних систем. Відмінності цього методу від відомого методу пермутаційної ентропії такі: зберігається інформація про рівні компоненти у векторах вкладення; не вживається комбінаторика; висока обчислювальна ефективність. У випадку, коли вектори вкладення не мають рівних компонент, запропонований метод дає те саме значення ентропії, що й метод пермутаційної ентропії. Якщо вектори вкладення мають рівні компоненти, то запропонований метод може краще розрізняти подібні набори даних. (О.К. Відибіда)

- Vidybida, A.K., 2020. Calculating permutation entropy without permutations. *Complexity* 2020, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2020/7163254>

Для класу нейронних моделей отримано функцію розподілу міжімпульсних інтервалів для нейрона із затриманим гальмівним зворотним зв'язком, стимульованим стохастичним процесом відновлення. Отримані формули застосовано до випадку нейрона з порогом 2, стимульованим потоком випадкових імпульсів Ерланг-2. Для інтегрувального нейрона з втратами, стимульованого потоком вхідних імпульсів, що є реалізацією стохастичного точкового процесу Пуассона, знайдено твірну функцію моментів функції розподілу вихідних міжімпульсних інтервалів. Остання, згідно з теоремою Куртїса, повністю визначає сам розподіл. (О.К. Відибіда, О.В. Щур)

- Shchur, O., Vidybida, A., 2020. First passage time distribution for spiking neuron with delayed excitatory feedback. *Fluctuation and Noise Letters* **19**, 2050005. <https://doi.org/10.1142/S0219477520500054>

Обчислено вплив скінченних розмірів системи та глобального збереження заряду на термальні флуктуації в околі критичної точки. Досліджено скінченну систему, що обмінюється частинками зі

скінченним термостатом. Показано, що такий статистичний ансамбль відрізняється від відомих ансамблів – канонічного і великого канонічного, і що глобальні ефекти збереження заряду сильно впливають на кумулянти розподілу кількості частинок. І якщо розмір системи є достатньо великий, то ефекти глобального збереження заряду можна описати аналітично в рамках розробленого методу підансамблю. Показано, що ефекти скінченних розмірів починають відігравати значну роль, коли довжина кореляції більшає через близькість до критичної точки або коли система достатньо мала порівняно з власним об'ємом окремої частинки. (М.І. Горенштейн, Р.В. Побережнюк)

- Poberezhnyuk, R.V., Savchuk, O., Gorenstein, M.I., Vovchenko, V., Taradiy, K., Begun, V.V., Satarov, L., Steinheimer, J., Stoecker, H., 2020. Critical point fluctuations: Finite size and global charge conservation effects. *Phys. Rev. C* **102**, 024908. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.102.024908>

Базуючись на моделі БКШ із зовнішнім парним потенціалом, запропоновано модель з електрон-фононою та кулонівською взаємодією. Продемонстровано, що коли спарювання понижує енергію молекулярної структури і кулонівський псевдопотенціал відсутній, то енергетична щілина (параметр порядку) не перетворюється на нуль за будь-якої температури, однак асимптотично прямує до нуля швидше, ніж результат моделі БКШ з зовнішнім парним потенціалом. Врахування кулонівського псевдопотенціалу призводить до існування критичної температури, що визначається параметрами електрон-електронної взаємодії. Енергетична щілина в околі критичної точки є лінійною функцією температури і визначається як параметрами електрон-електронної взаємодії, так і зовнішнім парним потенціалом. (К.В. Григоришин)

- Grigorishin, K.V., 2020. Eliashberg theory with the external pair potential. *Phys. Lett. A* **384**, 126701. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2020.126701>

Побудовано фазопараметричну діаграму автоколивних режимів залежно від дисипації холестерина з крові. За допомогою спектрального аналізу знайдено сценарій біфуркацій подвоєння періоду автоколивань, коли внаслідок переривчастості при формуванні воронки перемішування виникають хаотичні режими дивних аттракторів. (В.Й. Грицай)

- Grytsay, V.I., Medentsev, A.G., Arinbasarova, A.Yu., 2020. Autooscillatory dynamics in a mathematical model of the metabolic process in aerobic bacteria. Influence of the Krebs cycle on the self-organization of a biosystem. *Ukr. J. Phys.* **65**, 393. <https://doi.org/10.15407/ujpe65.5.393>

За допомогою методів функціоналу густини та молекулярної механіки показано, що молекули пероксиду водню утворюють стабільні комплекси з фосфатною групою макромолекули ДНК. У фізіологічних умовах такі комплекси енергетично вигідніші, аніж подібні комплекси з молекулою води. Енергетична перевага для комплексів з пероксидом водню досягається, зокрема, завдяки наявності в молекулі торсійного ступеня вільності, що робить її гнучкішою порівняно з молекулою води. Ці результати показують, що в живих тканинах пероксид водню може залишатися біля фосфатних груп ДНК значний час, блокуючи генетичну активність макромолекули. (С.Н. Волков, Д.В. П'ятницький, О.О. Здоревський)

- Piatnytskyi, D.V., Zdorevskyi, O.O., Volkov, S.N., 2021. Interaction of hydrogen peroxide molecules with non-specific DNA recognition sites. *Euro. Phys. J. D* **75**, 24. <https://doi.org/10.1140/epjd/s10053-020-00009-z>

Отримано основні характеристики (стаціонарний розподіл, середній час першого досягнення – MFPT) випадкових блукань зі стохастичним поверненням вузлами нескінченного або скінченного ланцюжка. Показано, що їхні залежності від частоти повернень суттєво відрізняються від тих, що спостерігаються у континуальних дифузійних моделях, змінюючись з експоненційних на степеневі. Для скінчених ланцюжків з'являється цікавий ефект виникнення й зникнення можливості мінімізації MFPT в залежності від відстані до цілі. Наведено приклад застосування результатів до проблеми оптимізації ензиматичних реакцій (Л.М. Христофоров).

- Christophorov, L.N. 2020. Random walk with resetting in a 1D chain. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, № 8, 43-50. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.08.043>
- Christophorov, L. N. 2021. Peculiarities of random walks with resetting in a one-dimensional chain. *J. Phys. A: Math.Theoret.* **54**, 015001. <https://doi.org/10.1088/1751-8121/abc765>

АСТРОФІЗИКА ТА КОСМОЛОГІЯ

Проведено спостереження емісійної лінії Lyman α на космічному телескопі Хаббла у восьми близьких компактних галактик із зореутворенням, низьким вмістом кисню з метою пошуку непрямих індикаторів для визначення частки іонізованого випромінювання і емісії Lyman α , що виходить за межі галактики. У п'яти галактик знайдено сильну емісійну лінію Lyman α з двома максимумами в

розподілі інтенсивності. В інших трьох галактиках слабка лінія Lyman α накладається на широку лінію поглинання Lyman α . Знайдено антикореляцію між часткою випромінювання в лінії Lyman α , що виходить за межі галактики, і відстанню між максимумами в лінії Lyman α , але вона не така тісна як антикореляція між часткою іонізованого випромінювання, що виходить за межі галактики, і відстанню між максимумами в лінії Lyman α . Зроблено висновок, що відстань між максимумами в лінії Lyman α можна розглядати як надійний непрямий індикатор виходу Lyman α та іонізованого випромінювання за межі галактики. (акад. НАН України Ю.І. Ізотов, Н.Г. Гусева)

- Izotov, Y.I., Schaerer, D., Worseck, G., Verhamme, A., Guseva, N.G., Thuan, T.X., Orlitová, I., Fricke, K.J., 2020. Diverse properties of Ly α emission in low-redshift compact star-forming galaxies with extremely high [O iii]/[O ii] ratios. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **491**, 468–482. <https://doi.org/10.1093/mnras/stz3041>

Побудовано пертурбативну хіральну теорію квантової гравітації у формалізмі першого порядку на основі двокомпонентних спінорів. На відміну від інших формалізмів цього роду, фіксацію калібровки вдалося вибрати таким чином, щоб занулити пропагатор спінової зв'язності. Це значно спрощує обчислення діаграм Фейнмана. Новий формалізм в теорії гравітації є аналогом відомого і потужного хірального формалізму в теорії калібрувальних векторних полів Янга–Міллза. (Ю.В. Штанов)

- Krasnov, K., Shtanov, Y., 2020. Chiral perturbation theory for GR. *J. High Energy Phys.* **2020**, 17. [https://doi.org/10.1007/JHEP09\(2020\)017](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2020)017)

Базуючись на принципах зростання ентропії та зменшення енергії системи запропоновано підхід до опису появи фундаментального скалярного поля з усіма необхідними властивостями для стандартної космологічної моделі. Використавши статистичний підхід для опису стаціонарних станів системи, вдалося описати можливу початкову динаміку народження Всесвіту. (акад. НАН України А.Г. Загородній, чл.-кор. НАН України Б.І. Лев)

- Lev, B.I., Zagorodny, A.G., 2020. Noise-induced origin of the fundamental scalar field. *JMP* **11**, 502–508. <https://doi.org/10.4236/jmp.2020.114032>

На основі модифікованого рівняння Гросса-Пітаєвського з тричастинковою відштовхувальною взаємодією розвинуто модель бозе-конденсатної темної матерії для опису розподілу частинок

темної матерії в густих областях, таких як ядро гало галактики та перекриття гало галактик при їхньому зіткненні. Показано можливість існування двох фаз темної матерії, розділених областю нестійкості, що пояснює перерозподіл темної матерії в галактиках. (О.М. Гаврилик, А.В. Назаренко, М.В. Хелашвілі)

- Gavrilik, A.M., Khelashvili, M.V., Nazarenko, A.V., 2020. Bose-Einstein condensate dark matter model with three-particle interaction and two-phase structure. *Phys. Rev. D* **102**, 083510. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.102.083510>

Отримано нове співвідношення невизначеності для координати та імпульсу, що враховує гравітаційну взаємодію масивних частинок та узагальнює відоме співвідношення, яке було запропоновано раніше в рамках різних теоретичних моделей. Обраховано гравітаційні поправки до середньоквадратичних відхилень координати та імпульсу. Показано, що мінімальна довжина та мінімальний імпульс залежать від енергії відносного руху частинок. (В.Є. Кузьмичов, В.В. Кузьмичов)

- Kuzmichev, V.E., Kuzmichev, V.V., 2020. Uncertainty principle in quantum mechanics with Newton's gravity. *Euro. Phys. J. C* **80**, 248. <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-020-7808-y>

ФІЗИКА ПЛАЗМИ

Запропоновано двокомпонентну рідинну модель для описання аномального перенесення тепла і частинок в термоядерній плазмі. Ця модель побудована на основі кінетичної теорії з точністю до величин другого порядку за відношенням енергії поля до теплової енергії частинок і є еквівалентною кінетичному описанню в межах точності використаного наближення. Перевагою моделі є можливість враховувати зовнішні і внутрішні транспортні бар'єри без використання додаткових наближень. Кінетичне описання, на основі якого побудовано рідинну модель, включає повну транспортну матрицю як для потоків частинок, так і теплового потоку. Запропонована модель дає правильне масштабування часу утримання плазми від нагрівальної потужності (акад. НАН України А.Г. Загородній)

- Weiland, J., Zagorodny, A., Rafiq, T., 2020. Theory for transport in magnetized plasmas. *Physica Scripta* **95**, 105607. <https://doi.org/10.1088/1402-4896/abb85f>

Шляхом числового моделювання та за допомогою аналітичного методу досліджено перенесення пасивних домішок у двовимірному випадковому полі швидкостей. Розв'язки статистичних рівнянь відтворюють результати моделювання при переході від дифузійного до конвективного режиму перенесення без залучення параметрів підгонки (В.І. Засенко, акад. НАН України А.Г. Загородній, О.М. Черняк).

- Cherniak, O., Zasenko, V.I., 2019. Particle trapping effects on transport in random electric field. *J. Phys.: Conference Series* **1197**, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1197/1/012003>
- Zasenko, V. I., Zagorodny, A. G., Cherniak, O. M., 2020. *Proceedings of the 1st Conference on Nonlinearity*. Serbian Academy of Nonlinear Sciences, Belgrade, pp. 55-65.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Побудовано клас еволюцій ризикових активів, що мають пам'ять на основі дискретного броунівського руху двох типів: 1) ціна ризикового активу за розглядуваний період не може опуститися до нуля, а є строго додатною; 2) ціна ризикового активу за розглядуваний період може опуститися до нуля. Доведено, що цей клас еволюції описує неповний неарбітражний ринок. На основі дискретного геометричного броунівського руху побудовано параметричний випадковий процес, який описує еволюцію активів, ціна яких за час еволюції не може опуститися як завгодно близько до нуля. Доведено теорему про справедливу ціну контракту з подвійним опціоном (пут-опціон і кол-опціон) стандартного типу. Характерною особливістю цієї формули є те, що ціна супергеджа є меншою за ціну базового активу. Обчислено інтервал неарбітражних цін. (М.С. Гончар)

- Gonchar, N. S., 2020. Assessment of contingent liabilities for risk assets evolutions built on Brownian motion. *Advances in Pure Mathematics*, **10**, 259-296. doi:10.4236/apm.2020.105016
- Gonchar, N.S. 2020. Derivative Pricing in Non-arbitrage Market, arXiv: 2010.13630. [Submitted to Global Journal of Science Frontier Research]

КОМП'ЮТЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Забезпечено надійну роботу обчислювального та хмарного кластерів в Центрі колективного користування «Ресурсний центр для грид- та хмарних технологій» в Інституті теоретичної фізики

ім. М.М. Боголюбова НАН України (ІТФ). Оновлено версію операційної системи до CentOS 7 і проміжного програмового забезпечення до ARC 6 відповідно до вимог EGI. Налаштовано конфігурацію серверів htCondor-CE.bitp.kiev.ua та Vobox-alice.bitp.kiev.ua для забезпечення надійного функціонування грид-сайта UA-VITP і виконання завдань з оброблення даних експерименту ALICE в ЦЕРНі. Розширено міжнародну наукову співпрацю науковців НАН України в таких галузях, як фізика і астрофізика високих енергій, молекулярна і клітинна біологія, наука про Землю тощо.

Підписано договір про асоційоване членство в EGI (EGI Associated Participants) між ІТФ та фундацією EGI, що надає Україні статус асоційованого членства в EGI.eu, Інститут затверджено кандидатом в члени Асоціації EOSC з мандатом представництва від України. Представництво ІТФ в цих міжнародних організаціях забезпечує участь української грид-спільноти в побудові Європейської хмари відкритої науки та участь у конкурсі європейських проєктів на рівноправних умовах. (С.Я. Свістунов, І.М. Маковський, В.В. Пелих)

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ І МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

З метою якнайширшого залучення талановитої молоді до наукової роботи в інституті діє неструктурний підрозділ – Науково-освітній центр Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. Центр спільно з кафедрою теоретичної та математичної фізики Київського академічного університету (КАУ) при ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України провадить неперервну систему освіти для обдарованої молоді, що складається з трьох взаємно пов'язаних ланок: освітньої роботи зі школярами провідних фізико-математичних ліцеїв, студентами кафедр природничих факультетів університетів, а також з аспірантами інституту та університетів – фахівцями з теоретичної та математичної фізики. Співпрацю з кафедрою КАУ спрямовано на підготовку студентів-теоретиків до вступу в магістратуру КАУ. Працівники кафедри теоретичної та математичної фізики КАУ спільно з Науково-освітнім центром ІТФ ім. М.М.Боголюбова НАН України взяли участь в організації та проведенні низки заходів.

Для студентів:

- Кафедра ТМФ спільно з Науково-освітнім центром ІТФ взяла участь у проведенні Комплексної олімпіади CoOLMaPhEnS-2020 (КАУ), що складалася з трьох профільних олімпіад – математики, фізики та інженерії, які пройшли відповідно на механіко-математичному, фізичному і факультеті радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем КНУ імені Тараса Шевченка. 11-14 січня 2020 р. <https://sites.google.com/view/cool-mathens-2020>

Семінари з фізики для вчителів:

- «Гідродинаміка в шкільному курсі фізики: неправильна тема?», лектор заслужений вчитель України О.В. Триліс. 7 лютого 2020 р.
- «Загадкова фізика надпровідності», лектор член-кореспондент НАН України О.А. Кордюк. 3 квітня 2020 р.
- «Несамовита фізика: скрипка, піца, вино і надпровідність», лектор професор Андрій Варламов. 18 червня 2020 р.

Для студентів та школярів:

- Літня фізико-математична школа «Мудрамакітра» для школярів 7-10 класів, літній табір «Зміна», селище Клавдієво, Київська область. 7-24 серпня 2020 р.
- Колоквіуми Студентського наукового клубу «Мудрамакітра» (спільно з фізичним факультетом КНУ імені Тараса Шевченка):
 - Лекція «Термоелектричні та термомагнетні явища: від історії до ефекту Нернста в геометрії Карбіно», лектор доктор фіз.-мат. наук С.Г. Шарапов. 12 вересня 2020 р.
 - Лекція «Нобелівська лекція з фізики у 2020 році», лектор доктор фіз.-мат. наук Ю.В. Штанов. 10 жовтня 2020 р.
 - Підготовка студентів до Зимової студентської школи ІТФ-КАУ «Передові напрями фізики конденсованого стану» (11-14.01.2021 р.). Впродовж 19.10-30.12 2020. <https://sites.google.com/view/kau-itep-condmat-2020>

НАУКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

Монографії та підручники

- B.I. Lev, A.G. Zagorodny *Applications of Field Theory Methods in Statistical Physics of Nonequilibrium Systems*. – /Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine/. – Singapore. World Scientific, – 2020, 300 p. – ISBN-10: 981122997X ISBN-13: 978-9811229978
- E.V. Gorbar, V.A. Miransky, I.A. Shovkovy, P.O. Sukhachov. *Electronic properties of Dirac and Weyl semimetals*. /Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine/. – Singapore. World Scientific, – 2020, 504 p. ISBN: 978-981-120-734-1 (hardcover) <https://doi.org/10.1142/11475>
- J. Bonca and S. Kruchinin (Eds). *Advanced nanomaterials for the detection of CBRN*. NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology, Springer, Dordrecht, 2020, 354 p., ISBN 978-94-024-2029-6. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-024-2030-2>
- В.Г. Козирський та ін., *Енциклопедії як глокальні медії: колективна монографія*. / За ред. д.і.н., проф. А.М. Киридон. Київ : Державна наукова установа «Енциклопедичне видавництво», 2020, 304 с.

Статті в журналах: 176

українських журналах – 32,
іноземних журналах – 144.

КОНФЕРЕНЦІЇ ТА СЕМІНАРИ

- Семінар «Проблеми теоретичної фізики», присвячений пам'яті академіка Олексія Ситенка. Київ, 13 лютого 2020 р.
- XI Конференція молодих вчених «Проблеми теоретичної фізики». Київ, 4–5 грудня 2020 р.

ВІДЗНАКИ ТА НАГОРОДИ

Премія НАН України ім. О.С. Давидова

А.Г. Загородній (ІТФ ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України), Ю.В. Головач та М.Ф.Головко (ІФКС НАН України) за цикл наукових праць «Розвиток статистичних методів дослідження структурно неупорядкованих багаточастинкових систем».

Премія НАН України ім. Д.В. Волкова

К.О. Бугаєв (ІТФ ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України), **В.М. Пугач** (ІЯД НАН України) за цикл наукових праць «Теоретичні передбачення явищ з фізики високих енергій та їх експериментальні дослідження в релятивістських зіткненнях ядер».

Премія імені Миколи Боголюбова

для молодих вчених

Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова

Національної академії наук України

за 2019-2020 рр.

- **І.О. Стародуб, К.В. Єршов** за цикл наукових праць «Нелінійні збудження в надпровідних та магнетних наносистемах за наявності просторової неоднорідності»
- **В.М. Шаповал, Р.В. Побережнюк** за цикл наукових праць «Рівняння стану і характер еволюції сильновзаємодійної матерії в релятивістських ядро-ядерних зіткненнях»

Премія НАН України для молодих учених

за кращі наукові роботи

О.О. Здоревський (ІТФ ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України), **О.М. Поп** (ІЕФ НАН України), **О.М. Черняк** (ІТФ ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України) за цикл наукових праць «Комп'ютерне моделювання просторово-часової еволюції електронних, іонних та ядерних систем»

Премія імені Петра Фоміна

Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова

Національної академії наук України

Ю.О. Ситенко (ІТФ ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України), **І.В. Криве** (ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України) за цикл наукових праць «Ефекти спіну і граничних умов у термодинамічних і транспортних властивостях мезоскопічних систем у зовнішньому магнітному полі»

Почесне звання

«Заслужений діяч науки і техніки України»

С.П. Кручинін (ІТФ ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України).

HIGH ENERGY PHYSICS

The integrated Hydrokinetic Model is updated by incorporating the additional mechanisms of photon radiation to analyze the spectra of direct photons, as well as elliptic and triangular flows at energies of nuclear collisions at colliders RHIC and LHC for various collision centralities. It was found that the selfconsistent description of these data requires the inclusion of photon radiation associated with confinement processes (“hadronization photons”) and entanglement effects. (Cor. Member of the NAS of Ukraine G.M. Zinovjev, Yu.M. Sinyukov)

- Naboka, V.Yu., Sinyukov, Yu.M., Zinovjev, G.M., 2020. Photon spectra and anisotropic flow in heavy ion collisions at the top RHIC energy within the integrated hydrokinetic model with photon hadronization emission. *Nucl. Phys. A* **1000**, 121843. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2020.121843>

New formalism of self-consistent treatment of whole excluded volume of the mixture of hadrons with an arbitrary number of hard-core radii and such clusters as light (anti-, hyper-) nuclei is suggested. It was possible to derive a realistic equation of state for such mixtures that allows one to go beyond the Van der Waals approximation. Dealing with new equation of state, we developed hadron resonance gas model providing the very accurate description of multiplicities of hadrons and nuclei measured in the central nuclear collisions by the ALICE CERN Collaboration at the center-of-mass 2760 GeV and by the STAR BNL Collaboration at 200 GeV. (Cor. Member of the NAS of Ukraine G.M. Zinovjev, K.O. Bugaev, B.E. Grinyuk, V.V. Sagun, O.I. vanytsyi)

- Bugaev, K. A., Vitiuk, O. V., Grinyuk, B. E., Sagun, V. V., Yakovenko, N. S., Ivanytskyi, O. I., Zinovjev, G. M., Blaschke, D. B., Nikonov, E. G., Bravina, L. V., et al. 2020, Second virial coefficients of light nuclear clusters and their chemical freeze-out in nuclear collisions. *Euro. Phys. J. A*, **56**, 293

It is developed the subensemble acceptance method that quantifies the effect of global conservation laws and is an important step toward a direct comparison between cumulants of conserved charges measured in central heavy ion collisions and theoretical calculations of grand-canonical fluctuations, such as lattice QCD. As an example, we apply our formalism to net-baryon fluctuations at vanishing baryon chemical potentials as encountered in collisions at the LHC. (R.V. Poberezhnyuk, M.I. Gorenstein)

- Vovchenko, V., Savchuk, O., Poberezhnyuk, R.V., Gorenstein, M.I., Koch, V., 2020. Connecting fluctuation measurements in heavy-ion collisions with the grand-canonical susceptibilities. *Phys. Lett. B* **811**, 135868. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135868>

Using the Laplace-Fourier transformation technique, the method to exactly account for the particle number fluctuations for the equations of state with induced surface and curvature tensions is suggested. Such an approach allows one to generalize the classical concept of morphological thermodynamics to the dense mixtures of both the Boltzmann particles and the quantum ones with the hard-core repulsion. In contrast to the standard formulation, in the new approach the coefficients of induced surface and curvature tensions are suppressed at high densities not by the exponential, but by the power-like functions of system pressure. (K.O. Bugaev)

- Bugaev, K.A., 2020. Alternative formulation of the induced surface and curvature tensions approach. *J. Phys. G: Nuclear and Particle Physics*. <https://doi.org/10.1088/1361-6471/abce92>

THEORY OF NUCLEI AND NUCLEAR REACTIONS

Temperature dependences of the tunneling rate through the screened Coulomb barrier are calculated for pp-, pd-, pt-, dd-, and dt-reactions at room temperatures, and an increase of a few orders of magnitude is demonstrated for the probability of the fusion reactions at only hundreds degrees of the temperature growth. (B.E. Grinyuk)

- Grinyuk, B.E., Simenog, I.V., 2020. On the temperature role in the tunneling process at the low-energy nuclear fusion. *Ukr. J. Phys.* **65**, 958. <https://doi.org/10.15407/ujpe65.11.958>

We have adapted a microscopic three-cluster model, which has been developed in nuclear structure laboratory for investigation of atomic nuclei, to studying light hypernuclei. The model has been applied to analyzing the structure of the ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ hypernucleus, which was considered as a three-cluster system comprising of two alpha particles and a Λ -hyperon. Within the present model, the spectrum of bound and resonance states in the ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ hypernucleus and phase shifts of elastic and inelastic scattering of a Λ -hyperon on ${}^8\text{Be}$ nucleus and of an alpha-particle on the ${}^5_{\Lambda}\text{He}$ hypernucleus have been studied in detail. It was shown that cluster polarization generates a number of resonant states, most of which are very narrow with a width of less than 100 keV. There is a fairly good agreement between our results and the available experimental data, as well as the results obtained within alternative microscopic and semi-microscopic models. (V.S. Vasilevsky, Yu. A. Lashko, A.V, Nesterov)

- Lashko, Yu. A., Nesterov, A. V., Vasilevsky, V. S., 2020. Structure of the ground and excited states in ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ nucleus. ArXiv e-prints nucl-th/2006.08137. [Submitted to *Phys. Rev. C*]

The effects of Coulomb interaction in the formation of bound and resonant states of mirror light nuclei ${}^7\text{Li}$ - ${}^7\text{B}$, ${}^8\text{Li}$ - ${}^8\text{B}$, ${}^9\text{Be}$ - ${}^9\text{B}$, ${}^{11}\text{B}$ - ${}^{11}\text{C}$ have been studied in detail. The resonant states with strong, weak and moderate effects of Coulomb interaction have been revealed. It was shown that the Coulomb shift is maximal for bound states because the bound states are more compact than the resonant ones. (V.S. Vasilevsky)

- Duisenbay, A. D., Kalzhigitov, N., Katō, K., Kurmangaliyeva, V. O., Takibayev, N. and Vasilevsky, V. S., 2020. Effects of the Coulomb interaction on parameters of resonance states in mirror three-cluster nuclei. *Nucl. Phys. A*, **996**, 121692. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2020.121692>

MATHEMATICAL METHODS IN THEORETICAL PHYSICS

The problem of variables separation is explored for the classical integrable hamiltonian systems possessing $\mathfrak{gl}(n)$ -valued Lax matrices satisfying quadratic Maillet brackets with spectral-parameter dependent a-b-c-d tensors. In terms of the corresponding a-b-c-d tensors components a sufficient condition that guarantees, that the separating functions of Sklyanin, Scott and Gekhtman produce canonical coordinates, is formulated. In the important subclass of classical a-b-c-d algebras, namely the case of classical reflection equation algebras, the analogous sufficient condition is formulated using the corresponding r-s-matrices, what guarantees the canonicity of the constructed coordinates. For the case of $\mathfrak{gl}(n) \times \mathfrak{gl}(n)$ -valued trigonometric a-b-c-d tensors that satisfy the considered condition, we find a class of the Lax matrices for which the obtained set of canonical coordinates is complete. (T.V. Skrypnyk)

- Skrypnyk, T., 2020. Separation of variables for quadratic algebras: Algebras of Maillet and reflection-equation algebras. *J. Math. Phys.* **61**, 083504. <https://doi.org/10.1063/5.0012299>

NANOPHYSICS, PHYSICS OF LOW-DIMENSIONAL SYSTEMS

By using the effective low-energy Hamiltonian for pseudospin-1 fermions, the RKKY interaction for magnetic impurities placed on the same or different sublattices of dice lattice was calculated. It was shown that there are three types of interaction, which depend on the model parameter defining the relative strength of hoppings between sublattices, two of them can be reduced to graphene case while the third one is new and is due to the presence of a flat zero-energy band. The general analytical expressions for the RKKY interaction were derived in terms of

Mellin-Barnes type integrals. It is shown that the interaction between impurities located at different rim sites displays a very strong temperature dependence at small doping being a direct consequence of the presence of the flat band. (Cor. Member of the NAS of Ukraine V.P. Gusysnin)

- Oriekhov, D.O., Gusynin, V.P., 2020. RKKY interaction in a doped pseudospin-1 fermion system at finite temperature. *Phys. Rev. B* **101**, 235162.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.235162>

The description of the collective magnetorheological effect induced by magnetic field in elastomers with uniaxial ferromagnetic particles is proposed. The condition of consistency is used between magnetic and mechanic momenta of forces exerted on these particles in elastomer at their magnetization. The study shows that even in the case of their small concentration, the value of magnetically-induced shear can be anomalously large, reaching up to tens of percent. The deformation of magneto-active elastomer can evolve critically as a second-order phase transition if magnetic field is aligned along the easy axis of particles. (Acad. of the NAS of Ukraine V.M. Loktev)

- Kalita, V.M., Ivanova, I.M., Loktev, V.M., 2020. Magnetorheological effect in elastomers containing uniaxial ferromagnetic particles. *Condens. Matter Phys.* **23**, 23608.
<https://doi.org/10.5488/CMP.23.23608>

A novel family of disordered systems is proposed. This family belongs to the class of systems containing random substitutional non-Hermitian impurities. The consideration is limited by a rather simple case when the presence of substitutional point defects results in the model Hamiltonian featuring a diagonal disorder. In contrast to known models of non-Hermitian impurities, the nonzero density of states for each isolated from the host impurity is restricted to a continuous band of finite width. A method to construct corresponding impurity Hamiltonians is provided. (Yu.V. Skrypnyk, Acad. of the NAS of Ukraine V.M. Loktev).

- Skrypnyk, Y.V., Loktev, V.M., 2020. Local spectra at impurity and neighboring sites in graphene: Resonance manifestation. *J. Low Temp. Phys.* **46**, 258–263.
<https://doi.org/10.1063/10.0000696>

Two families of point interactions with bound state energy are realized from a heterostructure composed of two parallel homogeneous layers in the limit as their width and the distance between them tend to zero simultaneously. Under certain conditions described by transcendental equations, a resonant-tunneling transmission of electrons through this limit structure is shown to occur. A particular example of the singular potential

having the form of the derivative of the Dirac delta-function is generalized to a whole family of point interactions, for which a single bound state does exist, contrary to the widespread opinion on the non-existence of bound states in δ -like systems. (A. Zolotaryuk, Ya. Zolotaryuk)

- Zolotaryuk, A.V. and Zolotaryuk, Y., 2020. Point interactions with bound states: A zero-thickness limit of a double-layer heterostructure. *J. Low Temp. Phys.*, **46**, 779–785. <https://doi.org/10.1063/10.0001540>

The nonlinear model of three dynamical subsystems, coupled both in their kinetic and potential parts, has been suggested. Due to the quasi-one-dimensional spatial structure of its underlying lattice the model grasps several degrees of freedom capable to imitate the dynamical behavior of long macromolecules both natural and synthesized origins. The model admits a clear Hamiltonian formulation with the standard form of fundamental Poisson brackets and it demonstrates the complex-conjugate symmetry between two subsystems of a Toda type. The integrability of system equations is supported by their zero-curvature representation based upon the auxiliary linear problem with the relevant spectral operator of third order. In view of these facts, we have developed an appropriate two-fold Darboux-Bäcklund dressing technique capable to generate the nontrivial crop solution embracing all three coupled subsystems. The explicit crop solution to the nonlinear model is found to be of a pronounced pulson character. (O.O. Vakhnenko)

- Vakhnenko, O.O., 2020. Integrable nonlinear triplet lattice system with the combined inter-mode couplings. *Phys. J. Plus* **135**(09) 769 (16 pages). <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-020-00794-x>

The theory of curvilinear one-dimensional antiferromagnets has been developed. It has been established that the achiral antiferromagnetic spin chain behaves like a biaxial chiral magnet with effective anisotropy and Dzialoshinsky-Moria interaction. The geometry-induced Dyaloshinsky-Moria interaction leads to hybridization of magnons in the chain. (K.V. Yershov, V.P. Kravchuk)

- Yershov, K., Kravchuk, V., Sheka, D., Roessler, U., 2020. Curvature effects on phase transitions in chiral magnets. *SciPost Phys.* **9**, 043. <https://doi.org/10.21468/SciPostPhys.9.4.043>

The method for revealing of the weak oscillations in the frequency dependence of the electroconductivity of the metal nanoparticles is proposed. The amplification of the weak oscillations of the kinetic electroconductivity with frequency is established comparing to classical

one. It is found that the amplitude of oscillations increases with decreasing of the particle radius (N.I. Grigoruchuk)

- Grigoruchuk, N.I., 2020. Modulation of frequency dependence of a metal nanoparticle electroconductivity. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii* **42**, 929–937. <https://doi.org/10.15407/mfint.42.07.0929>

We study the manifestation of the Nernst effect in the Corbino disk subjected to the normal external magnetic field and to the radial temperature gradient. The Corbino geometry offers a precious opportunity for the direct measurement of the magnetization currents that are masked by the kinetic contributions to the Nernst current in the conventional geometry. The magnetization currents, also referred to as the edge currents, do not depend on the conductivity of the sample which is why they can be conveniently described within the thermodynamic approach. They can be related to the Landau thermodynamic potential for an infinite system. We demonstrate that the observable manifestation of this, purely thermodynamic, Nernst effect occurs as strong oscillations of the magnetic field measured in the center of the disk as a function of the external field. The oscillations depend on the temperature difference at the edges of the disk. Dirac fermions and 2D electrons with a parabolic spectrum are characterized by oscillations of different phase and frequency. We predict qualitatively different power dependencies of the magnitude of the Nernst signal on the chemical potential for normal and Dirac carriers. (S.G. Sharapov)

- Kavokin, A.V., Altshuler, B.L., Sharapov, S.G., Grigoryev, P.S., Varlamov, A.A., 2020. The Nernst effect in Corbino geometry. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* **117**, 2846–2851. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916567117>

An analytic dependence of the intensity of light emission on bias and gate voltages is obtained for the molecular diode for both positive and negative polarities. The gate voltage is shown to control the power via the shift of orbital energies with respect to the Fermi levels of nanoelectrodes. Such a tuning allows to achieve resonant tunneling of electrons through the molecular diode and thus to form the photoactive singlet state of chromophore for lower bias voltages than the voltages that switch light generation in the absence of gating. (Cor. Member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov, V.O. Leonov, Ye.V. Shevchenko)

- Petrov, E., Leonov, V., Shevchenko, Y., Snitsarev, V., 2020. Control of electroluminescence in a molecular photodiode by gate voltage. *Mod. Phys. Lett. B* **34**, 2040063. <https://doi.org/10.1142/S0217984920400631>

It is shown for a one-dimensional system of point bosons that, at a weak coupling, the Lieb's "hole" excitation is a certain set of interacting phonons. This means that the holes are not a physically independent type of quasiparticles, although in literature it was considered the opposite for a long time. (M.D. Tomchenko)

- Tomchenko, M., 2020. Nature of Lieb's "hole" excitations and two-phonon states of a Bose gas. *J. Low Temp. Phys.* **201**, 463–488. <https://doi.org/10.1007/s10909-020-02498-z>

The effect of atomic impurities on the energy spectrum and electrical conductance of graphene is considered. The analytic formulas obtained in the Lifshitz one-electron strong-coupling model are compared to the results of numerical calculations. The contributions of the electron scattering on a vapor of atoms to the density of states and the electrical conductance of graphene with an admixture of interstitial atoms are studied within numerical methods. It is shown that an increase in the electrical conductance with the order parameter is a result of both the growth of the density of states at the Fermi level and the time of relaxation of electron states. (S.P. Kruchinin)

- Bellucci, S., Kruchinin, S., Repetsky, S.P., Vyshyvana, I.G., Melnyk, R., 2020. Behavior of the energy spectrum and electric conduction of doped graphene. *Materials* **13**, 1718. <https://doi.org/10.3390/ma13071718>

In the time-convolutionless description, the problem of the closure of conformation dynamics of an irreversible two-stage nanochain under the stochastic modulation of forward or backward transition rates is solved. It is shown that these dynamics are highly differentiated, yielding the corresponding tetramodal or bimodal forms, respectively (V.I. Teslenko)

- Teslenko, V.I., Kapitanchuk, O.L., 2020. Multimodal dynamics of nonhomogeneous absorbing Markov chains evolving at stochastic transition rates. *Int. J. Mod. Phys. B* **34**, 2050105. <https://doi.org/10.1142/S0217979220501052>

Combining DFT calculations together with STM measurements on three different conductive substrates the phenomenological packing model is developed that makes it possible to analyze the origin of the self-assembly of cyano-decylbiphenyl based molecules into kinked row structures driven by the competition of adsorbing substrate-molecule interactions and significant steric interactions between the neighboring cyanobiphenyl groups. (O.L. Kapitanchuk)

- Snegir, S., Dappe, Y.J., Kapitanchuk, O.L., Coursault, D., Lacaze, E., 2020. Kinked row-induced chirality driven by molecule–substrate interactions. *Physical Chemistry Chemical Physics* **22**, 7259–7267. <https://doi.org/10.1039/C9CP06519A>

SOFT MATTER PHYSICS

It is presented a new approach based on the application of a non-equilibrium statistical operator that allows the inhomogeneous distributions of the particles and the temperature to be taken into account. The method uses the saddle-point procedure to find dominant contributions to the partition function of the system and enables all its thermodynamic parameters to be determined. Probable peculiarities in the behavior of the systems with interaction – such as gravitational systems, systems with Coulombic repulsion, and so forth – under various thermodynamic conditions are predicted. A new approach is proposed to describe non-equilibrium systems in the energy space, which is an extension of the Gibbs approach to macroscopic systems under non-equilibrium conditions. (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny, Cor.-member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- Lev, B.I., Zagorodny, A.G., 2020. Statistical description of non-equilibrium many-particle systems. *Ukr. J. Phys.* **65**, 1056. <https://doi.org/10.15407/ujpe65.12.1056>

A new method (arithmetic entropy) for analyzing big sequential data sets, like trajectories of dynamical systems, similar to the permutation entropy one, is proposed. The characteristic features of this method are as follows: it preserves information about equal values, if any, in the embedding vectors; it is exempt from combinatorics; and it delivers the same entropy value as does the permutation method, provided the embedding vectors do have no equal components. In the latter case, this method is computationally more efficient and may be used instead of the permutation one. If the embedding vectors have equal components, this method could be more precise in discriminating similar data sets. (A.K. Vidybida)

- Vidybida, A.K., 2020. Calculating permutation entropy without permutations. *Complexity* 2020, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2020/7163254>

For a class of neuronal models, the probability density function of interspike intervals for a neuron with delayed feedback inhibition stimulated with stochastic renewal point process has been obtained. It has been applied to a case of a neuron with threshold 2 stimulated with Erlang-2 stream of random impulses. For the leaky integrate-and-fire neuron stimulated with the stream of input impulses that forms the stochastic point Poisson process, the moment-generating function of the probability distribution is calculated explicitly. The latter one, according to Curtiss

theorem, determines completely the distribution itself. In particular, explicit expressions for the moments of all orders are derived from the moment-generating function. (A.K. Vidybida, O.V. Shchur)

- Shchur, O., Vidybida, A., 2020. First passage time distribution for spiking neuron with delayed excitatory feedback. *Fluctuation and Noise Letters* **19**, 2050005. <https://doi.org/10.1142/S0219477520500054>

Simultaneous effects of finite system size and global charge conservation on thermal fluctuations in the vicinity of a critical point are investigated. A finite interacting system that exchanges particles with a finite reservoir (thermostat) is considered. It is shown that such a statistical ensemble differs from the common canonical and grand canonical ensembles, and global charge conservation effects strongly influence the cumulants of particle number distribution. If the system size is sufficiently large, the global charge conservation effects can be accurately described analytically within a recently developed subensemble acceptance method. It is found that the finite size effects start to play a significant role when the correlation length grows large due to the proximity of the critical point or when the system is small enough to be comparable to an eigenvolume of an individual particle. (R.V. Poberezhnyuk., M.I. Gorenstein)

- Poberezhnyuk, R.V., Savchuk, O., Gorenstein, M.I., Vovchenko, V., Taradiy, K., Begun, V.V., Satarov, L., Steinheimer, J., Stoecker, H., 2020. Critical point fluctuations: Finite size and global charge conservation effects. *Phys. Rev. C* **102**, 024908. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.102.024908>

Based on BCS model with the external pair potential that was formulated in my earlier work, the analogous model with electron-phonon coupling and Coulomb coupling is proposed. The generalized Eliashberg equations in the regime of renormalization of the order parameter are obtained. High temperature asymptotics and effect of Coulomb pseudopotential on them are investigated: as in the BCS model the order parameter asymptotically tends to zero as temperature rises, but the accounting of the Coulomb pseudopotential leads to existence of critical temperature. The effective Ginzburg-Landau theory is formulated for such model. (K.V. Grigorishin)

- Grigorishin, K.V., 2020. Eliashberg theory with the external pair potential. *Phys. Lett. A* **384**, 126701. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2020.126701>

A phase-parametric diagram of self-oscillating modes depending on the dissipation of cholesterol of the blood is constructed. The spectral analysis reveals a bifurcation scenario for doubling the period of self-

oscillations, until eventually, due to discontinuity in the formation of the mixing funnel, chaotic modes of strange attractors appear. (V.I. Grytsay)

- Grytsay, V.I., Medentsev, A.G., Arinbasarova, A.Yu., 2020. Autooscillatory dynamics in a mathematical model of the metabolic process in aerobic bacteria. Influence of the Krebs cycle on the self-organization of a biosystem. *Ukr. J. Phys.* **65**, 393. <https://doi.org/10.15407/ujpe65.5.393>

Using the methods of density functional and molecular mechanics, it has been shown that hydrogen peroxide molecules form stable complexes with the phosphate group of the DNA macromolecule. Under physiological conditions, such complexes are more energetically favourable than similar complexes with a water molecule. The energy advantage for complexes with hydrogen peroxide is achieved, in particular, due to the presence in the molecule of a torsional degree of freedom, which makes it more flexible compared to the water molecule. These results show that in living tissues, hydrogen peroxide can remain near the phosphate groups of DNA for a long time, blocking the genetic activity of the macromolecule. (S.N. Volkov, D.V. Piatnytskyi, O.O. Zdorevskyi)

- Piatnytskyi, D.V., Zdorevskyi, O.O., Volkov, S.N., 2021. Interaction of hydrogen peroxide molecules with non-specific DNA recognition sites. *Euro. Phys. J. D* **75**, 24. <https://doi.org/10.1140/epjd/s10053-020-00009-z>

The main characteristics (stationary distribution, mean first passage time, MFPT) of random walks with resetting on the nodes of an infinite or finite chain are obtained. It is shown that their dependencies on the resetting rate essentially differ from those in continuous diffusive models, changing from exponential to power-like ones. For finite chains, there appears an interesting effect of the emergence and disappearance of the possibility of minimization of the MFPT, depending on the distance to a target. An application of the results to the problem of the enzymatic reaction optimization is exemplified (L.N. Christophorov)

- Christophorov, L.N. 2020. Random walk with resetting in a 1D chain. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, № 8, 43-50. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.08.043>
- Christophorov, L. N. 2021. Peculiarities of random walks with resetting in a one-dimensional chain. *J. Phys. A: Math. Theor.* **54**, 015001. <https://doi.org/10.1088/1751-8121/abc765>

ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

We present observations with the Cosmic Origins Spectrograph onboard the Hubble Space Telescope of eight nearby compact star-forming galaxies with low oxygen abundances aiming to study the properties of Lyman α emission in such conditions. In five galaxies Lyman α emission line is strong. In the remaining three galaxies, weak Lyman α emission is superposed on a broad Lyman α absorption line. We find an anticorrelation between Lyman α escape fraction and the distance between peaks of the Lyman α profile, though not as tight as the one found earlier between escape fraction of Lyman continuum and the distance between peaks of the Lyman α profile. This finding makes the distance between peaks of the Lyman α profile a promising indirect indicator of both the Lyman α and ionizing radiation leakage. (Acad. of the NAS of Ukraine Y.I. Izotov, N.G. Guseva)

- Izotov, Y.I., Schaerer, D., Worseck, G., Verhamme, A., Guseva, N.G., Thuan, T.X., Orlitová, I., Fricke, K.J., 2020. Diverse properties of Ly α emission in low-redshift compact star-forming galaxies with extremely high [O iii]/[O ii] ratios. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **491**, 468–482. <https://doi.org/10.1093/mnras/stz3041>

We construct a perturbative chiral theory for quantum gravity in first-order formalism based on two-component spinors. In contrast to other approaches of this type, we succeeded in fixing gauge freedom so that the propagator of the spin connection vanishes. This significantly simplifies calculation of Feynman diagrams. The new formalism is the gravity analog of the well-known and powerful chiral description of Yang-Mills theory of gauge vector fields.

- Krasnov, K., Shtanov, Y., 2020. Chiral perturbation theory for GR. *J. High Energy Phys.* **2020**, 17. [https://doi.org/10.1007/JHEP09\(2020\)017](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2020)017)

We propose to use the statistical approach to the description of the steady states of the quasi stationary systems with the elements of the quantum field theory methods as a basis to explain the appearance of the cosmological scalar field. Particularly, we apply two fundamental principles, i. e., the H-theorem and least-energy principle to show principal possibility of the scalar field origination. Thus, we propose the possible physical justification of the spontaneous cosmological scalar field generation. (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny, Cor. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- Lev, B.I., Zagorodny, A.G., 2020. Noise-induced origin of the fundamental scalar field. *JMP* **11**, 502–508. <https://doi.org/10.4236/jmp.2020.114032>

We explore the consequences of including the repulsive three-particle interaction in the model of Bose-condensate dark matter model or fuzzy dark matter. Based on properly modified Gross-Pitaevskii equation, the model is aimed to describe the distribution of dark matter particles in the highly dense regions, such as the galaxy core and/or the overlapping halos of colliding galaxies. From numerical solutions for wave function and density profile, main thermodynamical characteristics are calculated. We reveal the existence of two distinct phases of dark matter, in the core of halo, separated by instability region between two special values of compression acting in the model. Some implications of the existence of two phases and the related first-order phase transition are discussed. (A.M. Gavrilik, A.V. Nazarenko, M.V. Khelashvili)

- Gavrilik, A.M., Khelashvili, M.V., Nazarenko, A.V., 2020. Bose-Einstein condensate dark matter model with three-particle interaction and two-phase structure. *Phys. Rev. D* **102**, 083510. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.102.083510>

A new position-momentum uncertainty relation, which takes into account gravitational interaction of massive particles and generalizes the known relation that was previously proposed in various theoretical models, is obtained. Gravitational corrections to mean-square deviations of position and momentum are written explicitly. It is shown that the minimum length and the minimum momentum depend on the energy of particle relative motion. (V.E. Kuzmichev, V.V. Kuzmichev)

- Kuzmichev, V.E., Kuzmichev, V.V., 2020. Uncertainty principle in quantum mechanics with Newton's gravity. *Euro. Phys. J. C* **80**, 248. <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-020-7808-y>

PLASMA PHYSICS

A two-component fluid model for describing anomalous heat and particle transport in a fusion plasma is proposed. This model is introduced on the basis of the kinetic theory with the accuracy up to the second order in terms of the ratio of the field energy to the thermal particle energy and is equivalent to the kinetic description within the accuracy of the approximation used. The advantage of the model is the ability to take into account external and internal transport barriers without the use of additional approximations. The kinetic description on the basis of which the fluid model is proposed includes a complete transport matrix for both particle flows and heat flux. The proposed model gives the correct scaling of the plasma confinement time from the heating power. (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny)

- Weiland, J., Zagorodny, A., Rafiq, T., 2020. Theory for transport in magnetized plasmas. *Physica Scripta* **95**, 105607. <https://doi.org/10.1088/1402-4896/abb85f>

The transport of passive scalars in a two-dimensional random velocity field is studied using numerical simulation and analytical method. Solutions of statistical equations recover the simulation results in the transition from diffusion to convection without involving fitting parameters. (V.I. Zasenko, Acad. of NAS of Ukraine A.G. Zagorodny, O.V. Cherniak)

- Cherniak, O., Zasenko, V.I., 2019. Particle trapping effects on transport in random electric field. *J. Phys.: Conference Series* **1197**, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1197/1/012003>
- Zasenko, V. I., Zagorodny, A. G., Cherniak, O. M., 2020. *Proceedings of the 1st Conference on Nonlinearity*. Serbian Academy of Nonlinear Sciences, Belgrade, pp. 55-65.

MATHEMATICAL MODELING

A class of evolutions of risky assets having memory on the basis of discrete Brownian motion of two types is constructed: 1) the price of a risky asset for the period under review cannot fall to zero though strictly positive; 2) the price of a risky asset for the period under review may fall to zero. It is proved that the considered class of evolution describes an incomplete non-arbitrage market. For such evolutions, a family of martingale measures equivalent to the initial probability measure is completely described. On the basis of discrete geometric Brownian motion a parametric random process that describes the evolution of assets, whose price cannot fall to zero as close as possible for the considered evolution time, is constructed. The theorem on the fair price of a contract with a standard type of call and put options is proved. A characteristic feature of this formula is that the price of the super-hedge is less than the price of the underlying asset. The interval of non-arbitrage prices is calculated. (N.S. Gonchar)

- Gonchar, N. S., 2020. Assessment of contingent liabilities for risk assets evolutions built on Brownian motion. *Advances in Pure Mathematics*, **10**, 259-296. doi:10.4236/apm.2020.105016
- Gonchar, N.S. 2020. Derivative pricing in non-arbitrage market, arXiv: 2010.13630. [Submitted to Global Journal of Science Frontier Research]

COMPUTER SUPPLY OF SCIENTIFIC RESEARCHES

The reliable work of computing and cloud clusters in the Center for Collective Use “Resource Center for Grid and Cloud Technologies” at the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine (BITP) is supported. In particular, the operating system version to CentOS 7 and the middleware to ARC 6 are upgraded according to EGI requirements. Servers such as htCondor-CE.bitp.kiev.ua and Vobox-alice.bitp.kiev.ua are configured to ensure the reliable operation of the UA-BITP grid site and data processing of the ALICE experiment at CERN.

The international scientific cooperation of Academy scientists in high-energy physics and astrophysics, molecular and cell biology, Earth sciences and other fields of research strengthened.

In 2020 the BITP and the EGI Foundation signed an agreement that validates associate membership of Ukraine in EGI.eu (EGI Associated Participants) and legalizes the BITP as a candidate member of the European Cloud of Open Science (EOSC) Association that represents Ukraine. The BITP representation in these respected international organizations provides active participation of the Ukrainian grid community in the formation of the EOSC and participation in the competition of European projects on equal rights. (S.Ya. Svistunov, I.M. Makovsky, V.V. Pelykh)

DEPARTMENT OF THEORETICAL AND MATHEMATICAL PHYSICS

The Research and Education Center is established as an unstructural subdivision at the BITP in order to involve the talented young people into research studies. The Center together with the Department of Theoretical and Mathematical Physics (TMP) of Kiev Academic University (KAU) affiliated to the BITP implements continuous system of education for the gifted youth. The education system consists of three interrelated parts: educational work with schoolchildren of leading physical and mathematical schools, students of physical faculties of universities and postgraduate students of the institutes and universities that conduct research on theoretical and mathematical physics. The collaboration with KAU department provides the theoretical student’s training to continue their studies and get magister’s degree at the KAU. In 2020 the Chair of

Theoretical and Mathematical Physics of KAU organized series of popular and scientific events.

Department of the TMP together with the BITP Research and Education Center took part in the CoOLMaPhEnS-2020 Complex Olympiad comprising 3 specialized Olympiads in mathematics, physics, engineering. The Olympiads were held at the Faculty of Mechanics and Mathematics, the Faculty of Physics and the Faculty of Radiophysics, Electronics and Computer Systems of Taras Shevchenko National University of Kyiv, respectively. (January 11-14, 2020). <https://sites.google.com/view/cool-mathens-2020>.

Furthermore, the Center organized the series of popular and scientific events such as Schools, Lectures, Seminars, Colloquia.

For teachers:

- Hydrodynamics in the School Course of Physics: the Wrong Topic? Lecturer Honored Teacher of Ukraine O.V. Trylis. February 7, 2020.
- Mysterious Physics of Superconductivity. Lecturer Cor. Member of the NAS of Ukraine O.A. Kordyuk. April 23, 2020.
- Frenzied Physics: Violin, Pizza, Wine and Superconductivity. Lecturer Prof. Andrew Varlamov. June 18, 2020.

For students and schoolchildren:

- Summer School on Physics and Mathematics “Mudramakitra” for students in grades 7-10. Summer camp “Change”, Klavdiyevo, Kyiv region. August 7-24, 2020.
- Colloquia of the Student Scientific Club “Mudramakitra” (with the Physics Department of Taras Shevchenko National University of Kyiv):
 - Thermoelectric and Thermomagnetic Phenomena: from History to the Nernst Effect in Carbino Geometry. Lecturer Sc.D. S.G. Sharapov. September 12, 2020.
 - Nobel Lecture in Physics in 2020. Lecturer Sc.D. Yu.V. Shtanov. October 10, 2020.
 - Training of students for the Winter Student School of BITP-KAU “Advanced directions of condensed matter physics” (to be held on 11-14 January 2021). During October 19-December 30, 2020. <https://sites.google.com/view/kau-itep-condmat-2020>

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Books: 4

- B.I. Lev, A.G. Zagorodny *Applications of Field Theory Methods in Statistical Physics of Nonequilibrium Systems*. – /Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine/. – Singapore. World Scientific, – 2020. 300. –ISBN-10 : 981122997X ISBN-13 : 978-9811229978 (Physics).
- E.V. Gorbar, V.A. Miransky, I.A. Shovkovy, P.O. Sukhachov. *Electronic properties of Dirac and Weyl semimetals*. /Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine/. – Singapore. World Scientific, – 2020, 504 pp. ISBN: 978-981-120-734-1 (hardcover) <https://doi.org/10.1142/11475>
- J. Bonca and S. Kruchinin (Eds). *Advanced nanomaterials for the detection of CBRN*. NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology, Springer, Dordrecht, 2020, 354 pp., ISBN 978-94-024-2029-6. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-024-2030-2>
- Козирський В.Г. та ін., *Енциклопедії як глокальні медії*: колективна монографія / За ред. д.і.н., проф. А.М. Киридон. Київ: Державна наукова установа «Енциклопедичне видавництво», 2020. 304 с.

Papers in Journals: 176

Ukrainian journals– 32, International journals – 144.

CONFERENCES & SEMINARS

- Seminar “Problems of Theoretical Physics” dedicated to the memory of A.G. Sitenko. February 13, 2020, BITP, Kyiv.
- XI Conference of Young Scientists “Problems of Theoretical Physics”. Dec 4-5, 2020, BITP, Kyiv. <http://confyoung.bitp.kiev.ua/>

PRIZES AND AWARDS

O.S. Davydov Prize of the NAS of Ukraine

A.G. Zagorodny (Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine), Yu.V. Holovatch and M.F. Holovko (Institute for Condensed Matter Physics of the NAS of Ukraine) for the papers on development of statistical methods in research of structurally non-ordered multiparticle systems.

D.V. Volkov Prize of the NAS of Ukraine

K.A. Bugaev (Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine), **V.M. Pugatch** (Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine) for the papers on theoretical predictions of high energy physics phenomena and the experimental research of such phenomena in relativistic nuclear collisions.

Bogolyubov Prize for the Young Scientists of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine for 2019-2020

- **I.O. Starodub, K.V. Yershov** (Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine) for the papers on nonlinear excitations in superconducting and magnetic nanosystems in the presence of spatial inhomogeneity.
- **V.M. Shapoval, R.V. Poberezhnyuk** (Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine) for the papers on the equation of state and behavior of strongly interacting matter evolution in relativistic nuclear collisions.

The Prize of the NAS of Ukraine for the Young Scientists

O.M. Cherniak, O.O. Zdorevskyi (Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine), **O.M. Pop** (Institute of Electron Physics of the NAS of Ukraine) for the papers on the computer simulation of space-time evolution of electron, ion and nuclear systems.

Petro Fomin Prize of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine

Yu.A. Sitenko (Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine), **I.V. Krive** (B. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of the NAS of Ukraine) for the papers on the spin effects and limit conditions in thermodynamical and transport properties of mesoscopic systems in the external magnetic field.

Honorary title

“Honored Worker of Science and Technology of Ukraine”

S.P. Kruchinin (Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine)

Редактори
З.І. Вахненко, С.М. Перепелиця

Зам. №2 формат 60x84/16. Обл.-вид. арк. 3
Підписано до друку 15.03.2021. Наклад 100 прим.

Поліграфічна дільниця ІТФ ім. М.М. Боголюбова
Національної академії наук України
03143, Київ, вул. Метрологічна, 14 - б.