

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

**НАЙВАЖЛИВІШІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ
ІНСТИТУТУ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ
ІМ. М.М. БОГОЛЮБОВА НАН УКРАЇНИ
У 2018 РОЦІ**

**BRIEF REVIEW
OF TOPMOST SCIENTIFIC RESULTS
OBTAINED IN 2018 AT THE
BOGOLYUBOV INSTITUTE
FOR THEORETICAL PHYSICS**

Київ 2019

ЗМІСТ

Фізика високих енергій	3
Теорія ядра та ядерних реакцій	4
Математичні методи в теоретичній фізиці.....	6
Нанофізика, фізика низько вимірних систем.....	7
Фізика м'якої речовини.....	10
Астрофізика та космологія.....	12
Фізика плазмових процесів.....	13
Математичне моделювання.....	15
Науково-освітній центр.....	15
Наукові публікації.....	16
Конференції.....	17

CONTENTS

High energy physics.....	18
Theory of nuclei and nuclear reactions.....	19
Mathematical methods in theoretical physics.....	21
Nanophysics, physics of low-dimensional systems.....	22
Soft matter physics.....	25
Astrophysics and cosmology.....	27
Physics of plasma processes.....	28
Mathematical modeling.....	29
Scientific and education center.....	30
Scientific publications.....	31
Conferences.....	31

ФІЗИКА ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

Рівняння стану з індукованим поверхневим натягом узагальнено на випадок квантових газів із взаємодією середнього поля. Це дає змогу вийти за рамки наближення ван дер Ваальса для квантових систем. Знайдено явні вирази для квантових віріальних коефіцієнтів довільного порядку в наближенні низької густини. Обчислено всі віріальні коефіцієнти для квантового рівняння стану ван дер Ваальса. (К.О. Бугаєв, О.І. Іваницький, В.В. Сагун, чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- Bugaev, K. A., Ivanytskyi, A. I., Sagun, V. V., Nikonov, E. G. & Zinovjev, G. M. Equation of state of quantum gases beyond the Van der Waals approximation. *Ukrainian Journal of Physics* **63**, 863 (2018).

В моделі синхротронного випромінювання, яке виникає внаслідок взаємодії кварків з колективним полем конфайнменту в зіткненнях релятивістських важких іонів, розраховано спектр фотонів з великими поперечними імпульсами і порівняно їх з експериментальними даними. Зроблено висновок про можливість виявлення такого випромінювання при народженні лептонних пар у відповідних експериментах. (чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- Goloviznin, V. V., Nikolskii, A. V., Snigirev, A. M. & Zinovjev, G. M. Probing confinement by direct photons and dileptons. *arXiv:1804.00559 [hep-ph, physics:nucl-ex, physics:nucl-th]* (2018).

Побудовано статистичну модель кварк-глюонних мішків з неперервним переходом у високотемпературну фазу. Обчислено термодинамічні функції і флуктуації зарядів. Встановлено узгодження з результатами, отриманими у КХД на ґратці. (М.І. Горенштейн)

- Vovchenko, V., Gorenstein, M. I., Greiner, C. & Stoecker, H. Hagedorn bag-like model with a crossover transition meets lattice QCD. *arXiv:1811.05737 [hep-lat, physics:hep-ph, physics:nucl-th]* (2018).

На основі моделі Фруасарона та Максимального Одерона, що описує взаємодію протонів при нульових переданих імпульсах показано, що новітні дані експерименту TOTEM в CERN свідчать про відкриття внеску одерона, передбаченого майже 50 років тому. Узагальнення моделі для диференціальних перерізів пружного розсіяння нуклонів показало також наявність одеронних ефектів у

взаємодії протонів та антипротонів за високих енергій при ненульових переданих імпульсах. (Є.С. Мартинов)

- Martynov, E. & Nicolescu, B. Did TOTEM experiment discover the Odderon? *Physics Letters B* **778**, 414–418 (2018).
- Martynov, E. & Nicolescu, B. Evidence for maximality of strong interactions from LHC forward data. *Physics Letters B* **786**, 207–211 (2018).
- Martynov, E. & Nicolescu, B. Odderon effects in the differential cross-sections at Tevatron and LHC energies. arXiv:1808.08580 [hep-ph].

В рамках еволюційної моделі зіткнень важких іонів при енергіях ЛНС показано, непружні реакції після переходу матерії в адронний стан впливають на співвідношення кількості частинок різного типу. Такі реакції є важливим (компенсувальним) фактором народження адронів, що обмежує пряме дослідження рівняння стану кварк-глюонної плазми і початкових умов формування надгустої матерії. (Ю.М. Синюков, В.М. Шаповал)

- Sinyukov, Y. M., Adzhymambetov, M. D., Naboka, V. Y. & Shapoval, V. M. The prethermal stage of heavy-ion collision and the particle production. *Acta Physica Polonica B Proceedings Supplement* **11**, 633 (2018).
- Sinyukov, Y. Modified Skellam, Poisson and Gaussian distributions in semi-open systems at charge-like conservation law. arXiv:1805.03884 [hep-ph, physics:nucl-th, physics:physics] (2018).

ТЕОРІЯ ЯДРА ТА ЯДЕРНИХ РЕАЦІЙ

Виведено нові аналітичні вирази для тривимірної кулонівської матриці переходу при енергіях, що відповідають цілим та напівцілим значенням параметра Зоммерфельда. (В.Ф. Харченко)

- Kharchenko, V.F. Partial wave off-shell Coulomb amplitudes at excited-state energy. *Canadian Journal of Physics* **96**, 933–937 (2018).

На основі феноменологічної кваркової моделі, що узгоджується з квантовою хромодинамікою, одержано співвідношення, які пов'язують масу дивного s-кварка з розщепленнями мас легких гіперонів. Розраховане у використаному підході значення маси дивного s-кварка добре узгоджується із сучасними оцінками та розрахунками цієї величини, отриманими методами ґраткової КХД. (В.А. Бабенко, Н.М. Петров)

- Babenko, V. A. & Petrov, N. M. On the estimation of the strange quark mass from the experimental data on the light baryon octet. *Nuclear Physics and Atomic Energy* **19**, 227–236 (2018).

Детально розглянуто можливість альтернативного способу синтезу легких атомних ядер у зоревому середовищі через зіткнення трьох ядер та збудження вузького резонансу у тричастинковому континуумі компаунд ядра. Показано, що довготривалий резонансний стан, через який проходить синтез вуглецю – стан Хойля, також існує у ядрах ${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$, ${}^{11}\text{B}$ та ${}^{11}\text{C}$. У цих ядрах резонансні стани Хойля збуджуються при зіткненні двох альфа-частинок та нейтронів, протонів, тритонів та ядер ${}^3\text{He}$, відповідно. У ядрі ${}^{10}\text{B}$, яке складається із двох альфа-частинок та дейтрона, станів Хойля не виявлено. (В.С. Василевський)

- Vasilevsky, V. S., Lashko, Y. A. & Filippov, G. F. Two- and three-cluster decays of light nuclei within a hyperspherical harmonics approach. *Physical Review C* **97**, (2018).

На основі варіаційного підходу з використанням гаусоїдних базисів досліджено структурні особливості найнижчого збудженого стану дзеркальних ядер ${}^{14}\text{C}$ і ${}^{14}\text{O}$ у п'ятичастинковій моделі (три α -частинки і два додаткові нуклони). Розраховано зарядовий радіус ядра ${}^{14}\text{O}$ і пояснено, чому він менший від зарядового радіусу ядра ${}^{14}\text{C}$, хоча ${}^{14}\text{O}$ містить два додаткові протони замість двох додаткових нейтронів у ${}^{14}\text{C}$. Обчислено як пружні, так і перехідні електричні формфактори ядер ${}^{14}\text{C}$ і ${}^{14}\text{O}$. (В.С. Василевський, Б.Є. Гринюк, Д.В. П'ятницький)

- Grinyuk, B. E. & Piatnytskyi, D. V. Structure of ${}^{14}\text{N}$ nucleus within a five-cluster model. *Ukrainian Journal of Physics* **62**, 835–844 (2017).
- Vasilevsky, V. S., Grinyuk, B. E. & Piatnytskyi, D. V. The lowest excited states of ${}^{14}\text{C}$ and ${}^{14}\text{O}$ nuclei within a five-cluster model. (Підготовлено до друку)

В дискретному представленні базису гармонічного осцилятора знайдено власні значення та власні функції матриці потенціальної енергії для частинки в полі центральних потенціалів сферичної прямокутної потенціальної ями, потенціалу Гауса, потенціалу Юкави та експоненційного потенціалу. Показано, що власними функціями оператора потенціальної енергії в дискретному представленні є функції базису гармонічного осцилятора для всіх розглянутих потенціалів. Власними функціями оператора потенціальної енергії в імпульсному представленні є сферичні функції Бесселя. (Ю.А. Лашко)

- Lashko, Y. A., Vasilevsky, V. S. & Filippov, G. F. Properties of a potential energy matrix in oscillator basis. *arXiv:1902.08759 [nucl-th]* (2019).

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В ТЕОРЕТИЧНІЙ ФІЗИЦІ

В рамках «подвійно-спеціальної» теорії відносності, яка обмежує зверху і швидкості частинок (швидкістю світла), і їхні енергії (енергією Планка κ), запропоновано новий закон додавання енергії-імпульсу для частинок одного сорту. Введено відповідний (залежний від κ) гамільтоніан, і на його основі в даному підході проаналізовано властивості випромінювання фотонів абсолютно чорним тілом. Встановлено, що обмеження енергії підсистеми фотонів однакової частоти, без обмеження на число фотонів, обумовлює додаткове притягання між ними і призводить до появи “порогової” температури, вище якої і відбувається випромінювання. Обчислено максимальні граничні величини для густини повної енергії випромінювання та ентропії фотонів. (О.М. Гаврилик, А.В. Назаренко)

- Chung, W. S., Gavrilik, A. M. & Nazarenko, A. V. Doubly special relativity and photons at the Planck scale. *arXiv:1808.01243 [astro-ph, physics:gr-qc, physics:hep-th, physics:quant-ph]* (2018).

Виявлено ефект розщеплення (фуркації) резонансного тунелювання при проходженні електронів крізь плоский шар у формі одинокого дельта-подібного бар'єра за наявності принаймні однієї суміжної ями на малій ненульовій відстані. Показано, що в границі нульової товщини даної гетероструктури при певному критичному значенні відстані до ями відбувається відрив резонансних кривих від основного рівня. (О.В. Золотарюк)

- Zolotaryuk, A. V. A phenomenon of splitting resonant-tunneling one-point interactions. *Annals of Physics* **396**, 479–494 (2018).

Отримано формулу для тау-функції системи нелінійних диференціальних рівнянь Фуджі-Сузукі-Цуди рангу N і її багатоточкове узагальнення у вигляді визначника Фредгольма та його комбінаторного розкладу в ряд. Цей результат узагальнює відомі результати для рівняння Пенлеве VI та системи Гарньє, які мають ранг $N=2$. За допомогою цієї формули доведено відповідність між кореляційними функціями двовимірної конформної теорії поля та інстантонними статистичними сумами в чотиривимірних суперсиметричних квантових теоріях поля Янга-Міллза. (М. Іоргов)

- Gavrylenko, P., Iorgov, N. & Lisovyy, O. On solutions of the Fuji-Suzuki-Tsuda system. *Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications* (2018). doi:10.3842/SIGMA.2018.123
- Gavrylenko, P., Iorgov, N. & Lisovyy, O. Higher rank isomonodromic deformations and W-algebras. *arXiv:1801.09608 [hep-th, physics:math-ph, physics:nlin]* (2018).

НАНОФІЗИКА, ФІЗИКА НИЗЬКОВИМІРНИХ СИСТЕМ

Запропоновано метод дослідження зонної структури нових матеріалів, який дає змогу встановлювати наявність топологічних фазових переходів. Показано, що резонансна особливість ентропії на один електрон у залежності від хімічного потенціалу може розглядатися як ознака переходу між топологічною та звичайною фазами ізолятора. Ентропію на електрон у двовірному кристалі германену в зовнішньому електричному полі отримано із розрахунку густини електронних станів за допомогою функціоналу густини і співвідношення Максвелла. Особливості ван Хофа в електронній густині станів проявляються як нулі в залежності ентропії на частинку від хімічного потенціалу. (чл.-кор. НАН України В.П. Гусинін, С.Г. Шарапов)

- Grassano, D., Pulci, O., Shubnyi, V.O., Gusynin, V.P., Sharapov, S.G., Kavokin, A.V., & Varlamov, A.A. Detection of topological phase transitions through entropy measurements: The case of germanene. *Physical Review B* **97**, (2018).

На основі континуальної моделі для довгохвильових зарядових носіїв досліджено квантові ефекти, які впливають на основний стан електронних збуджень в діраківських матеріалах із двовірними одношаровими щільниковими структурами, скрученими дисклинацією у наноконуси. Показано, що в основному стані індуються магнетний потік, який циркулює в кутовому напрямі навколо вершини наноконуса, і псевдомагнетний потік, спрямований ортогонально до поверхні наноконуса. (чл.-кор. НАН України Ю.О. Ситенко)

- Sitenko, Y. A. & Gorkavenko, V. M. Properties of the ground state of electronic excitations in carbon-like nanocones. *Low Temperature Physics* **44**, 1261–1271 (2018).
- Sitenko, Y. & Gorkavenko, V. Non-Euclidean geometry, nontrivial topology and quantum vacuum effects. *Universe* **4**, 23 (2018).

Показано, що з точністю до членів другого порядку релятивістських поправок гамільтоніан частинок та античастинок у зовнішньому полі може бути зведений до гамільтоніану електронів і

позитронів, що не взаємодіють. Знайдено операторні інваріанти, що описують спінові стани релятивістських частинок. Показано, що гамільтоніан електронів у нерелятивістському наближенні містить як відомі, так і невідомі раніше релятивістські поправки. (О.О. Єремко, Л.С. Брижик, акад. НАН України В.М. Локтєв)

- Eremko, A. A., Brizhik, L. S. & Loktev, V. M. On the theory of the Schrödinger equation with the full set of relativistic corrections. *Low Temperature Physics* **44**, 573–583 (2018).

Показано, що неоднорідна кривина магнетного дроту призводить до дрейфу магнетної доменної стінки у напрямі градієнта кривини. Знайдено асимптотичну швидкість стінки. Отримані результати перевірено за допомогою мікромагнетних моделювань (Ю.Б. Гайдідей, В.П. Кравчук, К.В. Єршов).

- Yershov, K. V., Kravchuk V. P., Sheka D. D., Pylypovskyi O. V., Makarov D. & Gaididei Yu. Geometry-induced motion of magnetic domain walls in curved nanostripes. *Physical Review B* **98**, (2018).

Вивчено динаміку збуджень в нелінійному квантовому блуканні з дискретним часом. Показано, що в лінійній границі спектр моделі може бути приведений до цілком плоскозонного вигляду, що вказує на відсутність транспорту та існування компактних локалізованих станів. Продемонстровано існування солітоноподібних утворень, які можуть рухатися зі сталою швидкістю. Внаслідок пласкості лінійного спектру солітон уникає резонансів з ним. Також відсутність лінійних хвиль спричиняє не експоненційне, а суперекспоненційне [$\sim \exp(-\exp(x))$] згасання амплітуди солітона. (Я.О. Золотарюк).

- Vakulchyk, I., Fistul, M. V., Zolotaryuk, Y. & Flach, S. Almost compact moving breathers with fine-tuned discrete time quantum walks. *arXiv:1809.07981 [nlin, physics:quant-ph]* (2018).

Знайдено перетворення Дарбу для допоміжної спектральної задачі, асоційованої з новою інтегрованою нелінійною системою Шрьодінгерівського типу на квазіодновимірній ґратці з трьома структурними елементами в елементарній комірці (О.О. Вахненко).

- Vakhnenko, O. O. Integrable nonlinear Schrödinger system on a lattice with three structural elements in the unit cell. *Journal of Mathematical Physics* **59**, 053504 (2018).

Показано, що електрон-вібронна взаємодія та локальне спарювання електронів на трикратно виродженій молекулярній орбіталі обумовлюють надпровідність фулеридів, допованих лужними металами, які би мали бути антиферомагнетними ізоляторами Мотта. (К.В. Григоришин)

- Grigorishin, K. V. The role of electron-vibron interaction and local pairing in conductivity and superconductivity of alkali-doped fullerenes. *arXiv:1805.07271 [cond-mat]* (2018).

Розроблено аналітичний опис динаміки доменної структури складної морфології та фазових діаграм сегнетоелектричних наночастинок в рамках феноменологічної теорії Ландау-Гінзбурга-Девоншира. (Г.М. Морозовська)

- Morozovska, A. N., Fomichov, Y. M., Maksymovych, P., Vysochanskii, Y. M. & Eliseev, E. A. Analytical description of domain morphology and phase diagrams of ferroelectric nanoparticles. *Acta Materialia* **160**, 109–120 (2018).

Розвинуто модифіковану суперобмінну модель формування нерезонансного тунельного струму через молекулярний дріт, що складається з регулярного ланцюжка та термінальних одиниць. На основі моделі інтерпретовано експериментальні дані із залежності вольт-амперних характеристик алканотіолового молекулярного дроту від числа С-С зв'язків у дроті, а також сформульовано умови, за яких найпростіша модель прямокутного бар'єру з ефективною електронною масою, що тунелює, може бути використана для оброблення експериментальних даних. (чл.-кор. НАН України Е.Г. Петров)

- Petrov, E. G. Superexchange nonresonant tunneling current across a molecular wire. *JETP Letters* **108**, 302–311 (2018).

Розвинуто теорію стимуляції ультракороткими лазерними імпульсами механічного обертання металеві наночастинки, розміщеної в середовищі із заданою діелектричною проникністю. Запропоновано поляризаційний механізм генерації обертальної сили для області частот, близьких до резонансів поверхневого плазмона. (М.І. Григорчук)

- Grigorchuk, N. I. Laser-induced angular momentum of spheroidal metal nanoparticle in a medium. *Journal of the Optical Society of America B* **35**, 2851 (2018).

Метод нерівноважної матриці густини для відкритої системи, що слабо взаємодіє з навколишнім середовищем, застосовано до розв'язання задачі максимізації ефективності дефектної системи шляхом мінімізації її чутливості до відмов у надійності в рамках абсорбувального ланцюга Маркова. Шляхом максимізації коефіцієнта конкурентоздатності, що пов'язаний із залежністю піка заселеності нестационарного стану відмов системи від логарифму вхідної швидкості переходу, показано, що розраховані коефіцієнти конкурентоздатності крихких відмов для ІR-оптоелектронних матеріалів, узгоджуються з їхньою продуктивністю, отриманою з експериментів. (В.І. Тесленко, О.Л. Капітанчук)

- Teslenko, V. I. & Kapitanchuk, O. L. Competitiveness of nonstationary states in linear kinetic systems. *Modern Physics Letters B* **32**, 1850022 (2018).

На основі однозонної моделі сильного зв'язку вивчено вплив домішкових атомів на енергетичний спектр і електропровідність графену. Встановлено, що впорядкування атомів домішок на вузлах кристалічної ґратки призводять до появи щілини в енергетичному спектрі графену. Показано, що при деяких концентраціях домішок може мати місце перехід метал-діелектрик, який призводить до сильного зростання електропровідності графену. (С.П. Кручинін)

- Repetsky, S. P., Vyshyvana, I. G., Kruchinin, S. P. & Bellucci, S. Influence of the ordering of impurities on the appearance of an energy gap and on the electrical conductance of graphene. *Scientific Reports* **8**, (2018).

ФІЗИКА М'ЯКОЇ РЕЧОВИНИ

Розвинуто статистичне описання системи частинок з відштовхувальним потенціалом взаємодії. Розглянуто можливість застосування розвинутого підходу до фундаментального скалярного поля. Виведено рівняння стану та знайдено його розв'язок для просторово неоднорідного розподілу такого поля (чл.-кор. НАН України Б.І. Лев).

- Lev, B. I. Statistical derivation of the fundamental scalar field. *Journal of Modern Physics* **09**, 2223–22321 (2018).

Побудовано теорію фазового переходу в рідинних кристалах на поверхні графену з домішками, які можуть змінювати умови орієнтації. Проведено експерименти, що підтверджують теоретичні передбачення (чл.-кор. НАН України Б.І. Лев).

- Yu, J.-S., Lev, B., Jin, H., Park, K., Chae, D.-H., Kim, W.-S., & Kim, J.-H. Surface-induced transition of nematic liquid crystals on graphene/SiC substrate. *EPL (Europhysics Letters)* **124**, 46004 (2018).

Досліджено інконгруентний фазовий перехід 1-го роду газ-рідина у квантовій моделі ван дер Ваальса з двома хімічними потенціалами, які регулюють густини двох зарядів, що зберігаються (М.І. Горенштейн, Р.В. Побережнюк).

- Poberezhnyuk, R. V., Vovchenko, V., Gorenstein, M. I. & Stoecker, H. Noncongruent phase transitions in strongly interacting matter within the quantum van der Waals model. *Physical Review C* **99**, (2019).

Запропоновано двоетапний механізм виникнення порогових деформацій в макромолекулі ДНК під дією зовнішньої сили. На першому етапі утворюються домени з різною конформацією в ланцюжку макромолекули за критичного значення зовнішньої сили. На другому – кооперативний процес поширення доменних стінок – границь поміж звичайною (B-форма) і деформованою конформаціями. Розраховані параметри порогового переходу узгоджуються з експериментальними даними (С.Н. Волков)

- Volkov, S. N. Understanding the mechanism of DNA threshold elongation. *Low Temperature Physics* **44**, 701–710 (2018).

За допомогою методу молекулярної динаміки досліджено характер гідратації протиіонів Na^+ , K^+ , Cs^+ та Mg^{2+} , що взаємодіють з подвійною спіраллю ДНК. Виявлено, що структурування першої та другої гідратних оболонок іонів відіграє суттєву роль у специфічних взаємодіях з ДНК. Зокрема, Na^+ та Mg^{2+} взаємодіють з ДНК переважно через молекули води першої гідратної оболонки, а K^+ та Cs^+ можуть дегідратуватися і проникати глибоко в мінорний жолоб подвійної спіралі. (С.М. Перепелиця)

- Perepelytsya, S. Hydration of counterions interacting with DNA double helix: a molecular dynamics study. *Journal of Molecular Modeling* **24**, 171 (2018).

Запропоновано схему ферментативного каталізу з урахуванням нелінійних ефектів субстрат-конформаційної взаємодії і показано, що утворення і зміна режимів функціонування фермента відбувається за сценарієм нерівноважних фазових переходів на рівні поодиноких молекул. (Л.М. Христофоров)

- Christophorov, L. N. Enzyme functioning: Along the lines of nonequilibrium phase transitions. *AIP Advances* **8**, 125326 (2018).

АСТРОФІЗИКА ТА КОСМОЛОГІЯ

На основі спостережень на космічному телескопі Хаббла зареєстровано проміння, здатне іонізувати водень міжгалактичного середовища – найбільш розповсюджений елемент у Всесвіті. Виток такого проміння знайдено в п'яти унікальних карликових галактиках з активним зореутворенням та екстремально високим ступенем іонізації міжзоряного середовища в них, відібраних авторами з найбільшого огляду неба Слоан. Вперше отримано, що частка цього випромінювання становить у межах 2–72 % від породженого в цих галактиках проміння, і її достатньо для пояснення вторинної іонізації Всесвіту, яка відбувалась в ранню епоху Всесвіту, коли його вік становив всього 200–800 мільйонів років. З використанням даних для всіх 11 галактик Локального Всесвіту, спостережених на телескопі Хаббла, запропоновано непрямий метод визначення частки іонізувального проміння, що втрачається галактикою, з форми профілів яскравої емісійної лінії Лайман-альфа водню. Цю лінію легко спостерігати на великих відстанях. Запропонований метод може бути застосований для галактик на будь-яких відстанях, для яких безпосередні спостереження іонізувального проміння складні або неможливі, в тому числі на великих відстанях. (акад. НАН України Ю.І. Ізотов, Н.Г. Гусева)

- Izotov, Y. I. Worseck, G., Schaerer, D., Guseva, N.G., Thuan, T.X., Fricke, K.J., Verhamme, A., & Orlitová, I. Low-redshift Lyman continuum leaking galaxies with high [O iii]/[O ii] ratios. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **478**, 4851–4865 (2018).

Зроблено припущення про необхідність урахування додаткових парних та аксіальних квантових поправок до ефективної дії, які пов'язують тензор кривини простору-часу та тензор напруги електромагнетного поля, разом з квадратичним за кривиною доданком

до гравітаційної дії в моделі Старобінського (яку може розглядати як провідну квантову поправку). Показано, що за такого припущення у Ейнштейновій системі полів виникає нетривіальна взаємодія між скалярним інфлятоном та електромагнетним полем, яку до цього вводили в теорію штучно. Аналіз інфляційного магнетогенезису у даній моделі показує, що підсилення вакуумних електромагнетних полів можливе лише на п'ять порядків величини, що недостатньо для пояснення великомасштабного магнетного поля у Всесвіті. (Ю.В. Штанов, О.С. Савченко)

- Savchenko, O. & Shtanov, Y. Magnetogenesis by non-minimal coupling to gravity in the Starobinsky inflationary model. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* **2018**, 040–040 (2018).

В рамках непертурбативної квантової теорії гравітації, в основу якої покладено квантовий аналог рівняння Гамільтона-Якобі загальної теорії відносності, показано, що в процесі еволюції раннього Всесвіту космологічні параметри, такі як густина матерії-енергії і тиск та параметр уповільнення, під впливом квантових поправок до густини енергії можуть флуктувати між додатними та від'ємними їхніми значеннями. (В.Є. Кузьмичов)

- Kuzmichev, V. E. & Kuzmichev, V. V. Quantum dynamics of the early Universe. *Ukrainian Journal of Physics* **63**, 196 (2018).
- Kuzmichev, V. E. & Kuzmichev, V. V. The matter-energy intensity distribution in a quantum gravitational system. *Quantum Studies: Mathematics and Foundations* **5**, 245–255 (2018).

ФІЗИКА ПЛАЗМОВИХ ПРОЦЕСІВ

Знайдено загальні співвідношення для густини енергії електромагнетного поля в середовищі з часовою і просторовою дисперсією поза межами області прозорості. Показано, що внесок кінетичної енергії вільних заряджених частинок (так само як і внесок потенціальної енергії зв'язаних частинок) в енергію електромагнетного збурення в загальному випадку може бути описаний в термінах білінійних комбінацій діелектричних сприйнятливостей системи. Знайдено явний вигляд такого представлення. Отримані співвідношення використано для узагальнення формули Планка та закону Кірхгофа для диспергівних

середовищ поза областю прозорості. (акад. НАН України А.Г. Загородній)

- Zagorodny, A. G. & Trigger, S. A. On the problem of the electromagnetic field energy in a medium with temporal and spatial dispersion under absorption conditions. *Bulletin of the Lebedev Physics Institute* **45**, 159–164 (2018).
- Trigger, S.A. & Zagorodny, A.G. Electromagnetic field energy and radiation intensity in a medium with temporal and spatial dispersion outside the transparency domain. *Problems of Atomic Science and Technology. Series: Plasma Physics* **118**, 74-78 (2018).

Розвинуто мікроскопічний підхід до послідовної побудови кінетичної теорії низькотемпературних розріджених газів воднеподібних атомів у зовнішньому електромагнетному полі. У рамках розвинутого підходу отримано систему кінетичних рівнянь для вігнерівських функцій розподілу вільних ферміонів обох сортів та їхніх зв'язаних станів — воднеподібних атомів із урахуванням впливу на систему зовнішнього й самоузгодженого (середнього) полів. (акад. НАН України А.Г. Загородній)

- Zagorodny, A. G., Slyusarenko, Y. V. & Shulga, S. N. Kinetics of low-temperature gas of hydrogen-like atoms in an external electromagnetic field. *Low Temperature Physics* **44**, 1049–1061 (2018).

Сформульовано дисперсійне рівняння для іонно-акустичних хвиль в слабко іонізованій запыленій плазмі з урахуванням самоузгодженого заряджання порошинок. Детально вивчено залежності частоти заряджання та ефективної частоти зіткнень від параметрів плазми. Виконано детальний аналіз спектрів іонно-звукових хвиль для широкого діапазону частоти зіткнень іонів з нейтральною компонентою. (акад. НАН України А.Г. Загородній)

- Momot, A. I., Zagorodny, A. G. & Momot, O. V. A kinetic description of ion-acoustic waves in collisional dusty plasma: Effects of grain charge fluctuations. *Physics of Plasmas* **25**, 073706 (2018).

На основі розвинутого аналітичного методу отримано залежність коефіцієнту поперечної дифузії замагнетованих частинок плазми від кореляційного часу випадкових електричних полів. Результати розрахунків відповідають даним числового моделювання в широкому інтервалі часів кореляції. (В.І. Засенко, О.М. Черняк)

- Zasencko, V.I., Chernyak, O.M. Magnetized particle diffusion in a random electric field with jumping phase. *Problems of atomic science and technology* **4**, 264-267 (2018).

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Доведено, що ризиковий актив, який еволюціонує за законом дискретного геометричного броунівського руху, на відміну від неперервного випадку породжує неповний фінансовий ринок. Знайдено нову зручну для досліджень формулу для справедливої ціни супергеджа для широкого класу платіжних функцій. (М.С. Гончар)

- Gonchar, N. S. Martingales and super-martingales relative to a convex set of equivalent measures. *Advances in Pure Mathematics* **08**, 428–462 (2018).

Встановлено внутрішні фактори, які формують обмінний курс «гривня/долар», та зроблено пропозиції стосовно макроекономічної політики держави для стабілізації інфляції. (М.С. Гончар, А.С. Жохін, В.Г. Козирський, О.П. Довжик)

- Gonchar, N. S., Kozyrski, W.H., Zhokhin, A.S. & Dovzhyk O.P. Kalman filter in the problem of the exchange and the inflation rates adequacy to determining factors. *Noble International Journal of Economics and Financial Research* **3**, 31-39 (2018).

На прикладі збуджувального нейрона із затриманим зворотнім зв'язком показано, що статистика активності нейрона не відповідає Пуасоновому процесу (О.К. Відибіда, О.В. Щур).

- Shchur, O. & Vidybida, A. Relation between firing statistics of spiking neuron with delayed excitatory feedback and without feedback. *arXiv:1811.05403 [q-bio]* (2018).

НАУКОВО-ОСВІТНІЙ ЦЕНТР

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 (ІТФ). Центр спільно з кафедрою теоретичної та математичної фізики Київського академічного університету (КАУ) при ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України впроваджує неперервну систему освіти для обдарованої молоді. Система складається з трьох взаємно пов'язаних ланок: освітньої роботи зі школярами провідних фізико-математичних ліцеїв, студентами кафедр природничих факультетів університетів, а також аспірантами ІТФ та університетів, які провадять дослідження з теоретичної і математичної фізики. Співробітництво з кафедрою КАУ направлено на підготовку студентів-теоретиків до вступу в магістратуру КАУ.

Протягом року організовано та проведено 4 школи із сучасних проблем теоретичної фізики для студентів та аспірантів; регулярні факультативи з фізики і математики для студентів 1-го курсу фізичного факультету КНУ імені Тараса Шевченка, а також регулярні наукові студентські семінари з математичної фізики для студентів 4-го та 5-го курсів під керуванням доктора фіз.-мат. наук М.З. Іоргова. Для школярів фізико-математичних ліцеїв Києва проведено та фінансово підтримано дві командні олімпіади, присвячені експериментальним дослідженням.

Кафедра теоретичної та математичної фізики спільно із Центром провела в ІТФ такі школи:

- Зимова школа з фізики конденсованого стану «Вступ до теорії надпровідності».
- Літня школа та конференція молодих вчених із сучасних квантових технологій.
- Школа-семінар з фізики конденсованого середовища «Вступ в топологічні ізолятори та топологічні надпровідники».
- Зимова школа ІТФ-КАУ з теоретичної фізики – 2018.

НАУКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

Монографії та підручники: 3

- *Лев Б.І., Товкач О.М., Чернишук С.Б.* Теоретичні засади рідкокристалічних колоїдів. Київ, Наукова думка, 2018, 346 с.
- *Kruchinin S.* Problems and solutions in special relativity and electromagnetism. World Scientific, 2018, 148 p.
- *Козирський В., Тимочко М., Шендеровський В.* Велика Українська Енциклопедія. Тематичний реєстр гасел з напрямку «Фізика». Київ, Енциклопедичне видавництво, 2018, 144 с.

Статті в журналах: 190

українських журналах – 42,
іноземних журналах – 148.

КОНФЕРЕНЦІЇ

- Зимова школа з фізики конденсованого стану «Вступ до теорії надпровідності», Київ, 14-19 січня 2018 р.
- Літня школа та конференція молодих вчених з сучасних квантових технологій. Київ, 10-14 вересня, 2018 р.
- Школа-семінар з фізики конденсованого середовища «Вступ в топологічні ізолятори та топологічні надпровідники», Київ, 1-5 жовтня 2018 р.
- Семінар «Проблеми теоретичної фізики», присвячений пам'яті О.Г. Ситенка. Київ, 12 лютого 2018 р.
- Боголюбівські читання, Київ, 22-23 лютого 2018 р.
- International Conference “Physics of Liquid Matter: Modern Problems” (PLMMP-2018), Київ, 18-22 травня 2018р.
- Семінар «Квантова теорія поля та космологія», присвячений пам'яті Петра Івановича Фоміна, Київ, 19 червня 2018 р.
- Summer School and Conference for Young Researchers on Modern Quantum Technologies, Київ, 10-14 вересня 2018 р.
- New Trends in High-Energy Physics, Budva, Becici (Montenegro), 24-30 September 2018р.
- Young Scientists Conference “Problems of Theoretical Physics”. Київ, 4–5 грудня, 2018р.
- Боголюбівські читання. Київ, 4 жовтня 2018р.
- Зимова школа ІТФ-КАУ з теоретичної фізики –2018, Київ, 24-28 грудня 2018р.
- Давидівські читання, Київ, 27 грудня 2018 р.

HIGH ENERGY PHYSICS

The equation of state with the induced surface tension is generalized to quantum gases with the mean-field interaction. Such an approach allows one to go beyond the Van der Waals approximation for quantum systems. Explicit expressions for the quantum virial coefficients of arbitrary order are found in the low density limit. All virial coefficients for the quantum Van der Waals equation of state are found as well. (K.A. Bugaev, A.I. Ivanytskyi, V.V. Sagun, corresponding member of NAS of Ukraine G.M. Zinovjev)

- Bugaev, K. A., Ivanytskyi, A. I., Sagun, V. V., Nikonov, E. G. & Zinovjev, G. M. Equation of state of quantum gases beyond the Van der Waals approximation. *Ukrainian Journal of Physics* **63**, 863 (2018).

The spectrum of photons with large transverse momentum is calculated and compared with the experimental data within the framework of the model of synchrotron radiation, which results from quark interactions with the collective confining color field in relativistic heavy ion collisions. It makes it possible to demonstrate the feasibility of this type of radiation due to distinctive features of lepton pair production in the corresponding experiments. (Corr. Member of the NAS of Ukraine G.M. Zinovjev)

- Goloviznin, V. V., Nikolskii, A. V., Snigirev, A. M. & Zinovjev, G. M. Probing confinement by direct photons and dileptons. *arXiv:1804.00559 [hep-ph, physics:nucl-ex, physics:nucl-th]* (2018).

Statistical model of quark-gluon bags with a continuous transition to the high temperature phase is developed. Thermodynamical functions and fluctuations of conserved charges are calculated. The results are in agreement with those obtained within QCD lattice calculations. (M.I. Gorenstein)

- Vovchenko, V., Gorenstein, M. I., Greiner, C. & Stoecker, H. Hagedorn bag-like model with a crossover transition meets lattice QCD. *arXiv:1811.05737 [hep-lat, physics:hep-ph, physics:nucl-th]* (2018).

On the basis of Froissaron and Maximal Odderon model for proton and antiproton interaction at zero transferred momenta it is shown that the latest data of the TOTEM experiment at CERN give evidence for the discovery of odderon contribution, which was predicted almost 50 years ago. Moreover, the generalization of the model for differential cross-

sections of nucleon elastic scattering confirmed the presence of odderon effects in the interaction of high-energy protons and antiprotons at non-zero transferred momenta.

- Martynov, E. & Nicolescu, B. Did TOTEM experiment discover the Odderon? *Physics Letters B* **778**, 414–418 (2018).
- Martynov, E. & Nicolescu, B. Evidence for maximality of strong interactions from LHC forward data. *Physics Letters B* **786**, 207–211 (2018).
- Martynov, E. & Nicolescu, B. Odderon effects in the differential cross-sections at Tevatron and LHC energies. arXiv:1808.08580 [hep-ph].

Within the framework of the evolution model of high ion collisions at LHC energies it is found that the inelastic reactions after matter hadronization influence on the relation of different particle number formation. Such reactions are important (compensated) factor of the hadron production, which restricts a direct studying the equation of quark-gluon plasma state and initial conditions of superdense matter formation. (Yu.M. Sinyukov, V.M. Shapoval)

- Sinyukov, Y. M., Adzhymambetov, M. D., Naboka, V. Y. & Shapoval, V. M. The prethermal stage of heavy-ion collision and the particle production. *Acta Physica Polonica B Proceedings Supplement* **11**, 633 (2018).
- Sinyukov, Y. Modified Skellam, Poisson and Gaussian distributions in semi-open systems at charge-like conservation law. arXiv:1805.03884 [hep-ph, physics:nucl-th, physics:physics] (2018).

THEORY OF NUCLEI AND NUCLEAR REACTIONS

New analytical expressions for the three-dimensional Coulomb matrix of transition are derived for energies corresponding to the integral and semi-integer value of the Sommerfeld parameter. (V.F. Kharchenko)

- Kharchenko, V. F. Partial wave off-shell Coulomb amplitudes at excited-state energy. *Canadian Journal of Physics* **96**, 933–937 (2018).

Simple relations connecting the strange s-quark mass to the splittings of the light hyperon masses are obtained on the basis of the phenomenological quark model compatible with the quantum chromodynamics (QCD). The value of strange s-quark mass, calculated in the proposed approach, is in good agreement with the modern evaluations and calculations of this quantity, obtained by the lattice QCD methods. (V.A. Babenko, N.M. Petrov)

- Babenko, V. A. & Petrov, N. M. On the estimation of the strange quark mass from the experimental data on the light baryon octet. *Nuclear Physics and Atomic Energy* **19**, 227–236 (2018).

An alternative way of light nuclei synthesis in the stellar environment through a triple collision of nuclei and the excitation of a narrow resonance state is studied in detail. It is shown that the long-lived resonance state which is a key element of synthesis of carbon – the Hoyle-analog state – exists also in the light nuclei ${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$, ${}^{11}\text{B}$ and ${}^{11}\text{C}$. Such resonance states are generated by collisions of two alpha-particles with neutrons, protons, tritons, and nuclei ${}^3\text{He}$, respectively. The Hoyle-analog states are not observed in the nucleus ${}^{10}\text{B}$ consisting of two alpha-particles and a deuteron. (V.S. Vasilevsky, Y.A. Lashko, G.F. Filippov)

- Vasilevsky, V. S., Lashko, Y. A. & Filippov, G. F. Two- and three-cluster decays of light nuclei within a hyperspherical harmonics approach. *Physical Review C* **97**, (2018).

Structure characteristics of the lowest excited state of the mirror nuclei ${}^{14}\text{C}$ and ${}^{14}\text{O}$ are studied within a five-particle model (three α -particles plus two extra nucleons) in terms of the variational approach with the Gaussian bases. The charge radius of ${}^{14}\text{O}$ is calculated, and it is explained why this radius is smaller than that of ${}^{14}\text{C}$ nucleus, although ${}^{14}\text{O}$ contains two extra protons instead of two extra neutrons in ${}^{14}\text{C}$. Both elastic and transition electrical form-factors of ${}^{14}\text{C}$ and ${}^{14}\text{O}$ nuclei are calculated. (V. S. Vasilevsky, B. E. Grinyuk, D. V. Piatnytskyi)

- Grinyuk, B. E. & Piatnytskyi, D. V. Structure of ${}^{14}\text{N}$ nucleus within a five-cluster model. *Ukrainian Journal of Physics* **62**, 835–844 (2017).
- Vasilevsky, V. S., Grinyuk, B. E. & Piatnytskyi, D. V. The lowest excited states of ${}^{14}\text{C}$ and ${}^{14}\text{O}$ nuclei within a five-cluster model. (*Підготовано до друку*)

Within the discrete representation of the harmonic oscillator basis, eigenvalues and eigenfunctions of the potential energy matrix are investigated for a particle in the field of central spherical square-well potentials, Gaussian potential, Yukawa potential and exponential potential. For all the potentials considered, the eigenfunctions of the potential energy operator in the discrete representation are shown to be harmonic oscillator basis functions. In the momentum representation the eigenfunctions of the potential energy operator are proved to be spherical Bessel functions. (Y.A. Lashko)

- Lashko, Y. A., Vasilevsky, V. S. & Filippov, G. F. Properties of a potential energy matrix in oscillator basis. *arXiv:1902.08759 [nucl-th]* (2019).

MATHEMATICAL METHODS IN THEORETICAL PHYSICS

Within the doubly special relativity theory which bounds both the velocities of particles (by the speed of light) and their energies (by the Planck scale) a new rule of so-called κ -addition for particle energies is proposed. A κ -dependent Hamiltonian of the one-mode multi-photon (sub)system is introduced and employed, with different modes being regarded as independent, to consider the thermodynamics of the black-body radiation and to obtain main thermodynamic quantities using analytical tools of the mean-field approximation and numerical evaluations based on exact formulas. The entropy of a one-mode subsystem turns out to be finite (bounded), and likewise the total energy density of radiation. Most unusual result is the existence of threshold temperature above which radiation is present. (A.M. Gavrilik, A.V. Nazarenko)

- Chung, W. S., Gavrilik, A. M. & Nazarenko, A. V. Doubly Special Relativity and Photons at the Planck Scale. *arXiv:1808.01243 [astro-ph, physics:gr-qc, physics:hep-th, physics:quant-ph]* (2018).

A phenomenon of splitting (furcation) resonant tunneling under electron transmission through a plain layer in the form of a single delta-like barrier with at least one adjacent well located at non-zero sufficiently small distance has been observed. It is shown that in the zero-thickness limit of the heterostructure the detachment of a countable resonance curves from the background level occurs for certain critical value of the squeezing parameter. (A.V. Zolotaryuk)

- Zolotaryuk, A. V. A phenomenon of splitting resonant-tunneling one-point interactions. *Annals of Physics* **396**, 479–494 (2018).

The Fredholm determinant and series representation of the tau-function of the Fuji-Suzuki-Tsuda system and its multivariate extension were derived. It is a generalization to higher rank ($N=2$) of the results obtained for Painlevé VI and the Garnier system. With its use a direct isomonodromic proof of the AGT-W relation for $c=N-1$ was obtained. (N. Iorgov)

- Gavrylenko, P., Iorgov, N. & Lisovyy, O. On solutions of the Fuji-Suzuki-Tsuda system. *Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications* (2018). doi:10.3842/SIGMA.2018.123
- Gavrylenko, P., Iorgov, N. & Lisovyy, O. Higher rank isomonodromic deformations and W-algebras. *arXiv:1801.09608 [hep-th, physics:math-ph, physics:nlin]* (2018).

NANOPHYSICS, PHYSICS OF LOW-DIMENSIONAL SYSTEMS

We propose a characterization tool for the studies of the band structure of new materials promising for the observation of topological phase transitions. We show that a specific resonant feature in the entropy per electron dependence on the chemical potential may be considered as a fingerprint of the transition between topological and trivial insulator phases. The entropy per electron in a honeycomb two-dimensional crystal of germanene subjected to the external electric field is obtained from the first-principles calculation of the density of electronic states and the Maxwell relation. In a wide energy range, the van Hove singularities in the electronic density of states manifest themselves as zeros in the entropy per particle dependence on the chemical potential. (Corr. Member of the NAS of Ukraine V.P. Gusynin, S.G. Sharapov)

- Grassano, D., Pulci, O., Shubnyi, V.O., Gusynin, V.P., Sharapov, S.G., Kavokin, A.V., & Varlamov, A.A. Detection of topological phase transitions through entropy measurements: The case of germanene. *Physical Review B* **97**, (2018).

The continuum model for long-wavelength charge carriers, originating in the tight-binding approximation for the nearest-neighbour interaction of atoms in the crystalline lattice, is applied to consider quantum ground-state effects of electronic excitations in Dirac materials with two-dimensional monolayer honeycomb structures warped into nanocones by a disclination. The magnetic flux circulating in the angular direction around the nanocone apex and the pseudomagnetic flux directed orthogonally to the nanocone surface are shown to be induced in the ground state. (Corr. Member of the NAS of Ukraine Yu.A. Sitenko)

- Sitenko, Y. A. & Gorkavenko, V. M. Properties of the ground state of electronic excitations in carbon-like nanocones. *Low Temperature Physics* **44**, 1261–1271 (2018).
- Sitenko, Y. & Gorkavenko, V. Non-Euclidean geometry, nontrivial topology and quantum vacuum effects. *Universe* **4**, 23 (2018).

It is shown that with the accuracy of the second order relativistic corrections the Hamiltonian of particles and antiparticles in an external field can be reduced to the Hamiltonian of non-interacting electrons and positrons. Operator invariants are obtained which describe spin states of relativistic particles. The Hamiltonian of electrons in the non-relativistic approximation is shown to contain both known and new relativistic corrections. (A.A. Eremko, L.S. Brizhik, Acad. of the NAS of Ukraine V.M. Loktev) .

- Eremko, A. A., Brizhik, L. S. & Loktev, V. M. On the theory of the Schrödinger equation with the full set of relativistic corrections. *Low Temperature Physics* **44**, 573–583 (2018).

It is shown that inhomogeneous curvature of magnetic wire induces motion of a domain wall in the direction of the curvature gradient increasing. An asymptotic domain wall velocity is found. The results are verified by micromagnetic simulations (Yu.B. Gaididei, V.P. Kravchuk, K.V. Yershov)

- Yershov, K. V., Kravchuk V. P., Sheka D. D., Pylypovskyi O. V., Makarov D. & Gaididei Yu. Geometry-induced motion of magnetic domain walls in curved nanostripes. *Physical Review B* **98**, (2018).

Discrete time nonlinear quantum walk dynamics are studied. In the linear limit the spectrum of this model can be reduced to the complete flat band shape, what means the absence of transport and presence of the compact localized states. Existence of the soliton-like excitations that can propagate with constant velocity has been demonstrated. Due to the flatness of the linear spectrum the soliton does not resonate with it. The absence of the linear waves also causes the super-exponential [$\sim \exp(-\exp(x))$] decay of the soliton amplitude (Ya. Zolotaryuk).

- Vakulchyk, I., Fistul, M. V., Zolotaryuk, Y. & Flach, S. Almost compact moving breathers with fine-tuned discrete time quantum walks. *arXiv:1809.07981 [nlin, physics:quant-ph]* (2018).

The new nonlinear integrable system of classical intra-molecular excitations on a ladder lattice with three structural elements in the unit cell is suggested. The Poisson structure and the Hamiltonian formulation of the system are found. In the framework of Darboux transformation for an auxiliary spectral problem the system's multicomponent soliton solution is obtained. (O.O. Vakhnenko)

- Vakhnenko, O. O. Integrable nonlinear Schrödinger system on a lattice with three structural elements in the unit cell. *Journal of Mathematical Physics* **59**, 053504 (2018).

It has been demonstrated that the electron-vibron interaction and the local pairing of electrons on the 3-fold degenerate molecular orbital causes superconductivity of alkali-doped fullerenes which would have to be antiferromagnetic Mott insulators. (K.V.Grigorishin)

- Grigorishin, K. V. The role of electron-vibron interaction and local pairing in conductivity and superconductivity of alkali-doped fullerenes. *arXiv:1805.07271 [cond-mat]* (2018).

The analytical description of the domain structure dynamics with complex morphology and phase diagrams of ferroelectric nanoparticles has been developed in the framework of Landau-Ginzburg-Devonshire phenomenological theory. (A. N. Morozovska)

- Morozovska, A. N., Fomichov, Y. M., Maksymovych, P., Vysochanskii, Y. M. & Eliseev, E. A. Analytical description of domain morphology and phase diagrams of ferroelectric nanoparticles. *Acta Materialia* **160**, 109–120 (2018).

A modified superexchange model for the formation of nonresonant tunnel current through a molecular wire consisting of a regular chain and terminal units is developed. Using the model, the dependence of current-voltage characteristics of alkanedithiol molecular wire on the number of C-C bonds are interpreted, and the conditions are formulated for which the simplest model of a rectangular barrier with a tunneling effective electron mass can be used for the analysis of experimental data. (Corr. Member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov)

- Petrov, E. G. Superexchange nonresonant tunneling current across a molecular wire. *JETP Letters* **108**, 302–311 (2018).

A theory for the generation in a spheroidal metallic nanoparticle of an angular momentum under the action of ultrashort laser pulse is developed. New mechanism for generation of rotation force associated with nanoparticle polarization in the frequency region close to the surface plasmon resonances is proposed. (N.I. Grigorchuk)

- Grigorchuk, N. I. Laser-induced angular momentum of spheroidal metal nanoparticle in a medium. *Journal of the Optical Society of America B* **35**, 2851 (2018).

The nonequilibrium density matrix method for an open system coupled weakly to the environment is applied to consider the problem of maximizing performance of defected system via minimizing its sensibility to failures in an absorbing Markov chain framework. The objective is defined by maximizing competitiveness coefficient associated with the peak population of the failure-prone state with respect to increase in log input rate. It is shown that competitiveness coefficients calculated from

simulations of brittle failures for three IR-transmitting window materials are in agreement with their performance derived from experiments. (V.I. Teslenko, O.L. Kapitanchuk)

- Teslenko, V. I. & Kapitanchuk, O. L. Competitiveness of nonstationary states in linear kinetic systems. *Modern Physics Letters B* **32**, 1850022 (2018).

The influence of impurity atoms on the energy spectrum and the electrical conductivity of graphene is studied within one-band model of strong coupling. It is found out that the ordering of impurity atoms on the nodes of a crystal lattice leads to the appearance of a gap in the energy spectrum of graphene. It is shown that at some concentrations of impurities a metal-dielectric transition may occur, which leads to a strong increase in the electrical conductivity of graphene. (S. P. Kruchinin)

- Repetsky, S. P., Vyshyvana, I. G., Kruchinin, S. P. & Bellucci, S. Influence of the ordering of impurities on the appearance of an energy gap and on the electrical conductance of graphene. *Scientific Reports* **8**, (2018).

SOFT MATTER PHYSICS

In terms of the nonequilibrium statistical operator, the fundamental scalar field is shown to provide a natural representation of the repulsive interaction that produces scattering in the system and thus motivates law of entropy increasing. (Corr. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- Lev, B. I. Statistical derivation of the fundamental scalar field. *Journal of Modern Physics* **09**, 2223–2232 (2018).

It is proposed a model of the first-order phase transition in the liquid crystals on the graphene surface with impurities which can change the orientation conditions. Experiments which confirm the theoretical predictions are performed out. (Corr. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- Yu, J.-S., Lev, B., Jin, H., Park, K., Chae, D.-H., Kim, W.-S., & Kim, J.-H., Surface-induced transition of nematic liquid crystals on graphene/SiC substrate. *EPL (Europhysics Letters)* **124**, 46004 (2018).

Noncongruent first-order liquid-gas phase transition is studied within the quantum van der Waals model with two chemical potentials which regulate two conserved charges. (M.I. Gorenstein, R.V. Poberezhnyuk)

- Poberezhnyuk, R. V., Vovchenko, V., Gorenstein, M. I. & Stoecker, H. Noncongruent phase transitions in strongly interacting matter within the quantum van der Waals model. *Physical Review C* **99**, (2019).

The two-stage mechanism of the appearance of threshold deformations in a DNA macromolecule under the action of external force is proposed. At the first stage the appearance of a bistable state and the formation of domains with different conformations in the macromolecule chain occur for some critical value of external force. On the second stage the cooperative process of the domain walls propagation happens in the macromolecule. Thus, the emergence of bistability causes the threshold effect of deformation. The calculated parameters of the threshold elongation of DNA double helix are consistent with the experimental data. (S.N. Volkov)

- Volkov, S. N. Understanding the mechanism of DNA threshold elongation. *Low Temperature Physics* **44**, 701–710 (2018).

The character of hydration of Na^+ , K^+ , Cs^+ and Mg^{2+} counterions interacting with DNA double helix is studied using molecular dynamics simulations. The results show that structuring of the first and the second hydration shells of the ions is essential for the specific interactions with DNA. In particular, Na^+ and Mg^{2+} interact with the DNA mostly via water molecules of the first hydration shell, while K^+ and Cs^+ may be dehydrated and penetrate deep into the minor groove of the double helix. (S.M. Perepelytsya)

- Perepelytsya, S. Hydration of counterions interacting with DNA double helix: a molecular dynamics study. *Journal of Molecular Modeling* **24**, 171 (2018).

The classic scheme of enzymatic catalysis is considered taking into account the nonlinear effects of substrate-conformation interaction. It is shown how the formation and interchange of the enzyme functional regimes is realized within the nonequilibrium phase transition scenario at the single molecule level. (L.N. Christophorov)

- Christophorov, L. N. Enzyme functioning: Along the lines of nonequilibrium phase transitions. *AIP Advances* **8**, 125326 (2018).

ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Observations with the Hubble Space Telescope have detected the radiation capable to ionize hydrogen, the most abundant element in the Universe, in five unique dwarf galaxies with active star formation and extremely high ionization degree of their interstellar medium. These galaxies were selected from the largest survey of Sloan sky. It is obtained for the first time that the fraction of this radiation ranges between 2% and 72% of the radiation produced in these galaxies. This fraction is sufficient to explain the secondary ionization of the early Universe at the stage when its age was between 200 and 800 million years. The indirect method is proposed which links the fraction of ionizing radiation escaping the galaxy with the profile of the bright Lyman-alpha emission line, the latter being more easily observed in distant galaxies. For this, the data were used for all 11 galaxies in the Local Universe observed with the Hubble Space Telescope. This method can be applied for galaxies at any distances including those at large distances, for which observations of ionizing radiation are difficult or impossible. (Acad. of the NAS of Ukraine Y.I. Izotov, N.G. Guseva)

- Izotov, Y. I. Worseck, G., Schaerer, D., Guseva, N.G., Thuan, T.X., Fricke, K.J., Verhamme, A., & Orlitova, I. Low-redshift Lyman continuum leaking galaxies with high [O iii]/[O ii] ratios. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **478**, 4851–4865 (2018).

The term quadratic in curvature in the gravitational action in the Starobinsky model can be regarded as the leading quantum correction. We also assume the presence of parity-invariant and axial quantum corrections to the effective action that couple the space-time curvature to the electromagnetic strength tensor. We show that, in the Einstein frame of fields, there arises a nontrivial interaction between the scalar inflaton and electromagnetic field which previously was introduced in the theory artificially. Analysis of the inflationary magnetogenesis in this model shows that amplification of vacuum electromagnetic fields is possible no more than by five orders of magnitude, which is insufficient to explain the large-scale magnetic field in the Universe. (Y. Shtanov, O. Savchenko)

- Savchenko, O. & Shtanov, Y. Magnetogenesis by non-minimal coupling to gravity in the Starobinsky inflationary model. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* **2018**, 040–040 (2018).

Within the framework of a nonperturbative quantum theory of gravitation, based on the quantum generalization of the Hamilton-Jacobi equation of general relativity, it is shown that during the evolution of the early universe the cosmological parameters, i.e., the matter-energy density, the pressure, and the deceleration parameter, may fluctuate between positive and negative values under the influence of quantum corrections to the energy density. (V.E. Kuzmichev)

- Kuzmichev, V. E. & Kuzmichev, V. V. Quantum dynamics of the early Universe. *Ukrainian Journal of Physics* **63**, 196 (2018).
- Kuzmichev, V. E. & Kuzmichev, V. V. The matter-energy intensity distribution in a quantum gravitational system. *Quantum Studies: Mathematics and Foundations* **5**, 245–255 (2018).

PHYSICS OF PLASMA PROCESSES

Calculation of electromagnetic field energy in a medium with temporal and spatial dispersion outside the transparency domain is discussed. It is shown that charged particle contribution to the energy of electromagnetic perturbations in the general case can be described in terms of a bilinear combination of the dielectric polarizability of the medium. The explicit form of such contribution is found. The relations obtained are used to generalize the Planck law and Kirchhoff law to the case of an absorptive medium with spatial dispersion (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny)

- Zagorodny, A. G. & Trigger, S. A. On the problem of the electromagnetic field energy in a medium with temporal and spatial dispersion under absorption conditions. *Bulletin of the Lebedev Physics Institute* **45**, 159–164 (2018).
- Trigger, S.A. & Zagorodny, A.G. Electromagnetic field energy and radiation intensity in a medium with temporal and spatial dispersion outside the transparency domain. *Problems of Atomic Science and Technology. Series: Plasma Physics* **118**, 74-78 (2018).

On the basis of microscopic approach consistent kinetic theory is formulated for low temperature dilute gases of hydrogen-like atoms in an external electromagnetic field. Within the proposed approach the set of kinetic equations for Wigner distribution functions is obtained for free fermions of both sorts and their bound states — hydrogen-like atoms with regard to the influence of external and self-consistent (mean) fields. (Acad. Of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny)

- Zagorodny, A. G., Slyusarenko, Y. V. & Shulga, S. N. Kinetics of low-temperature gas of hydrogen-like atoms in an external electromagnetic field. *Low Temperature Physics* **44**, 1049–1061 (2018).

The dispersion relation for ion-acoustic waves in collisional weakly ionized dusty (complex) plasma is formulated with due regard to the grain charge fluctuations. The dependencies of the charging frequencies and effective collision frequencies on dusty plasma parameters are studied in detail. The analysis of the ionacoustic wave spectrum is presented for the wide range of the ion collisionality for both nonisothermal and isothermal plasmas. (Acad. Of the NAS of Ukraine A.G.Zagorodny)

- Momot, A. I., Zagorodny, A. G. & Momot, O. V. A kinetic description of ion-acoustic waves in collisional dusty plasma: Effects of grain charge fluctuations. *Physics of Plasmas* **25**, 073706 (2018).

On the basis of the developed analytical method, the dependence of the magnetized plasma particle transverse diffusion coefficient on the correlation time of random electric fields is obtained. The results of calculations are in agreement with the data of numerical simulation in a wide range of correlation times. (V.I. Zasenko, O.M. Cherniak)

- Zasenko, V.I., Chernyak, O.M. Magnetized particle diffusion in a random electric field with jumping phase. *Problems of atomic science and technology* **4**, 264-267 (2018).

MATHEMATICAL MODELING

It is proved that a risky asset, which evolves according to the law of discrete geometric Brownian motion, in contrast to the continuous case generates an incomplete financial market. New convenient research formula for a fair price of super-hedge for a broad class of payment functions is found. (N.S. Gonchar)

- Gonchar, N. S. Martingales and super-martingales relative to a convex set of equivalent measures. *Advances in Pure Mathematics* **08**, 428–462 (2018).

The internal factors that form the exchange rate “hryvnia/dollar” are established, and proposals are made regarding the macroeconomic policy of the state to stabilize inflation. (N.S. Gonchar, V.H. Kozyrsky, A.S. Zhokhin, O.P. Dovzhik)

- Gonchar, N. S., Kozyrski, W.H., Zhokhin, A.S. & Dovzhyk, O.P. Kalman filter in the problem of the exchange and the inflation rates adequacy to determining factors. *Noble International Journal of Economics and Financial Research* **3**, 31-39 (2018).

Taking an excitatory neuron with delayed feedback as an example it is proven that statistics of activity of a neuron with such a feedback cannot be presented as Poisson process. (O.V. Shchur, A.K. Vidybida)

- Shchur, O. & Vidybida, A. Relation between firing statistics of spiking neuron with delayed excitatory feedback and without feedback. *arXiv:1811.05403 [q-bio]* (2018).

SCIENTIFIC AND EDUCATION CENTER

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 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 students 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 2018 the Center organized 4 Schools on modern problem of theoretical physics for university students and PhD students, regularly conducted optional courses on physics and mathematics for students of high schools. In this year the Center also held and financially supported Experimental Physics Team Olympiad for students of physical and mathematical high schools in Kyiv.

The Center conducted optional seminars on theoretical physics and higher mathematics for students of the 1st courses of Physical Faculty of Taras Shevchenko National University of Kyiv. The scientific seminars on mathematical physics for students of the 4th and the 5th courses has been conducted regularly under supervision of Dr. M.Z. Iorgov.

The Department of Theoretical and Mathematical Physics of KAU together with Center organized in the BITP the following Schools:

- Winter School on Condensed Matter Physics “Introduction to Superconductivity Theory”;
- Summer School and Conference for Young Researchers on Modern Quantum Technologies;

- School-Seminar on Condensed Matter Physics “Introduction to Topological Insulators and Topological Semiconductors”;
- KAU-BITP Winter School on Theoretical Physics – 2018.

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Books: 3

- *Лев Б. І., Товкач О. М., Чернишук С. Б.* Теоретичні засади рідкокристалічних колоїдів. Київ: Наукова думка, 2018, 346 с.
- *Kruchinin S.* Problems and solutions in special relativity and electromagnetism. World Scientific, 2018, 148 p.
- *Козирський В., Тимочко М., Шендеровський В.* Велика Українська Енциклопедія. Тематичний реєстр гасел з напрямку «Фізика». Київ, Енциклопедичне видавництво, 2018, 144 с.

Papers in Journals: 190

Ukrainian journals– 42,
Foreign journals – 148.

CONFERENCES

- Winter School on Condensed Matter Physics “Introduction to Superconductivity”. Kyiv, January 14-19, 2018.
- Summer School of Young Scientists Conference on Modern Quantum Technologies. Kyiv, September 10-14, 2018.
- School-Seminar on Condensed Matter Physics “Introduction to Topological Insulators and Topological Superconductors”, Kyiv, October 1-5, 2018.
- Seminar “Problems of Theoretical Physics” dedicated to the memory of O.G. Sytenko. Kyiv, February 12, 2018.
- Bogolyubov Readings. Kyiv, February 22-23, 2018.
- International Conference “Physics of Liquid Matter: Modern Problems” 18-22 May, 2018.
- Seminar “Problems of Theoretical Physics” dedicated to the memory of P.I. Fomin. Kyiv, June 19, 2018.

- Summer School and Conference for Young Researchers on Modern Quantum Technologies. Kyiv, 10-14 September, 2018.
- New Trends in High-Energy Physics. Montenegro, 24-30 September, 2018.
- Young Scientists Conference “Problems of Theoretical Physics”. Kyiv, 4–5 December, 2018.
- Bogolyubov Readings. Kyiv, October 4, 2018.
- BITP-KAU Winter School on Theoretical Physics – 2018. Kyiv, 24-28 December, 2018.
- Davydov Readings. Kyiv, December 26, 2018.

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

Зам. №1 формат 60x84/16. Обл.-вид. арк. 3
Підписано до друку 28.02.2019. Наклад 140 прим.

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