

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

**НАЙВАЖЛИВІШІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ
ІНСТИТУТУ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ
ІМ. М.М. БОГОЛЮБОВА НАН УКРАЇНИ
У 2015 РОЦІ**

**BRIEF REVIEW
OF TOPMOST SCIENTIFIC RESULTS
OBTAINED IN 2015 AT THE
BOGOLYUBOV INSTITUTE
FOR THEORETICAL PHYSICS**

Київ 2016

ЗМІСТ

Фундаментальні взаємодії та мікроскопічна будова речовини	3
Фізика твердого тіла.....	8
Фізика низьких температур.....	9
Нанофізика і нанотехнології.....	10
Фізика м'якої речовини.....	14
Астрофізика та космологія.....	16
Фізика плазмових процесів.....	17
Математичне моделювання.....	18
Комп'ютерне забезпечення наукових досліджень.....	18
Науково-освітній центр.....	19
Наукові публікації.....	20
Премії і нагороди.....	20
Конференції.....	21

CONTENTS

Fundamental interactions and microscopic structure of matter.....	22
Solid state physics.....	26
Low temperature physics.....	28
Nanophysics and nanotechnologies.....	28
Soft matter physics.....	32
Astrophysics and cosmology.....	35
Physics of plasma processes.....	36
Mathematical modeling.....	36
Computer software research.....	37
Scientific and education center.....	37
Scientific publications.....	38
Prizes and awards.....	39
Conferences.....	39

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЗАЄМОДІЇ ТА МІКРОСКОПІЧНА БУДОВА РЕЧОВИНИ

Розвинуто опис квантової рідини в моделі кваркового ансамблю з чотириферміонною взаємодією, використовуючи наближення середнього поля та перетворення Боголюбова. Продемонстровано, що середня енергія такого ансамблю відіграє роль функціоналу енергії в теорії Ландау. Показано, що для різноманітних потенціалів, корисних для застосування, можна очікувати, що квантові рідини мають істотно однакову поведінку. Були одержані оцінки для деяких властивостей таких рідин. Порівняння моделей Намбу-Іона-Лазінію та Келдиша, які істотно відрізняються в багатьох аспектах, демонструє, що властивості відповідних квантових рідин дійсно не залежать від поведінки формфакторів (природної довжини взаємодії), а скоріше за все вони визначаються константою взаємодії. Показано, що загальною рисою ансамблів є присутність виродженості їхніх станів за тиском та хімічним потенціалом порівняно з вакуумом. (чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- *Зиновьев Г.М., Молодцов С.В.* Флуктуационная неустойчивость моря Дирака в кварковых моделях сильных взаимодействий. Ядерная физика (прийнято до друку).

Рівняння стану Ван дер Ваальса передбачає існування фазового переходу першого роду рідина-газ та наявність критичної точки. Це рівняння разом з фермівською статистикою застосовується для опису ядерної матерії. Досліджено флуктуації числа нуклонів в околі критичної точки. Нормована варіація, коефіцієнт асиметрії та коефіцієнт ексцесу розбігаються в критичній точці. Знайдено, що область кросовера фазової діаграми характеризується великими значеннями нормованої варіації, практично нульовими значеннями коефіцієнта асиметрії та значними негативними коефіцієнтами ексцесу. Складні структури коефіцієнта асиметрії та коефіцієнта ексцесу спостерігаються на фазовій діаграмі в широкій області навколо критичної точки, тобто, вони можуть розвивати великі позитивні та негативні значення (Д.В. Анчишкін, М.І. Горенштейн)

- *Vovchenko V., Anchishkin D.V., Gorenstein M.I., Poberezhnyuk R.V.* Scaled variance, skewness, and kurtosis near the critical point of nuclear matter. Phys. Rev. C, 2015, V. 92, 054901.

З аналізу великого числа найновітніших експериментальних даних про множинності адронів знайдено два піки у безрозмірній мірі взаємодії на хімічному фрїзауті за енергій зіткнення ядер в системі центру мас 4,9 ГеВ/нукл та 9,2 ГеВ/нукл. Наведено феноменологічні вагомі аргументи, що ці два піки свідчать про існування двох фазових перетворень за цих енергій зіткнення. При цьому, вищий пік за умови енергій зіткнення 4,9 ГеВ/нукл свідчить про фазовий перехід першого роду, в той час як менший пік за вищих енергій зіткнення пов'язують із фазовим переходом другого роду або із слабким кросове ром. (К.О. Бугаєв, О.І. Іваницький, Д.Р. Олійниченко, В.В. Сагун, чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- *Bugaev K.A., Sagun V.V., Ivanytskyi A.I., Oliinychenko D.R., Ilgenfritz E.-M., Nikonov E.G., Taranenko A.V., and Zinovjev G.M.* New signals of quark-gluon-hadron mixed phase formation. Euro. Phys. (accepted); arXiv: 1510.03099 [nucl-th] (2015).

Побудовано і успішно застосовано для опису та передбачень експериментальних даних інтегровну гідрокінетичну модель ядро-ядерних зіткнень, що включає генерацію початкового стану матерії в цих зіткненнях, її термалізацію і в'язку гідродинамічну еволюцію, неперервний розпад на окремі адрони та останню стадію – еволюцію нерівноважного газу взаємодійних адронів і резонансів. (В.Ю. Набока, Ю.М. Синюков)

- *Naboka V.Yu., Akkelin S.V., Karpenko Iu.A., Sinyukov Yu.M.* Initialization of hydrodynamics in relativistic heavy ion collisions with an energy-momentum transport model. Phys. Rev. C, 2015, V. 91, 014906.
- *Naboka V.Yu., Karpenko Iu. A., Sinyukov Yu.M.* Thermalization, evolution and LHC observables in integrated hydrokinetic model of A+A collisions. Phys. Rev. C (submitted) arXiv:1508.07204.

Досліджено вплив зовнішнього магнітного поля та граничних умов на вакуум квантованого поля зарядженої масивної спінорної матерії в обмеженому просторі. Виявлено, що сила Казіміра за наявності достатньо великого магнітного поля, перпендикулярного до двох паралельних пластин, не залежить від граничної умови на пластинах і від відстані між пластинами. (Ю.О. Ситенко)

- *Sitenko Yu.A.* Casimir effect with quantized charged spinor matter in background magnetic field. Phys. Rev. D, 2015. V. 91, No. 8, 085012.
- *Sitenko Yu.A.* Influence of quantized massive matter fields on the Casimir effect. Mod. Phys. Lett. A, 2015, V. 30, No. 20, 1550099.

- *Sitenko Yu.A., Yushchenko S.A.* Pressure from the vacuum of confined spinor matter. Intern. J. Mod. Phys. A, 2015, V. 30, No. 30, 1550184.

Виведено нові аналітичні вирази для р-, d- і f-хвильових парціальних двочастинкових кулонівських матриць переходу при енергії основного зв'язаного стану комплексу. Одержані результати використано для вивчення властивостей малочастинкових атомних і ядерних систем. (В.Ф.Харченко)

- *Kharchenko V.F.* Analytical transition-matrix treatment of electric multipole polarizabilities of hydrogen-like atoms, Annals Phys. (N.Y.), 2015, V. 355, No. 1, 153 – 169.

На основі рекомендованих на даний момент низькоенергетичних параметрів протон-протонної взаємодії отримано значення зарядової піон-нуклонної константи зв'язку, яке повністю узгоджується з експериментальним значенням, знайденим Упсальською групою нейтронних досліджень. (В.О. Бабенко, М.М. Петров)

- *Бабенко В.А., Петров Н.М.* О зарядовой зависимости константы пион-нуклонной связи. Ядерна фізика та енергетика, 2015, Т. 16, № 2, С. 136–143.
- *Бабенко В.А., Петров Н.М.* Изучение зарядовой зависимости пион-нуклонной константы связи с использованием данных о нуклон-нуклонном взаимодействии при низких энергиях. ЯФ, 2015, Т. 78, № 12, С. 1–5.

В рамках п'ятичастинкової моделі (три альфа-частинки плюс два додаткові нуклони) досліджено структуру дзеркальних ядер ^{14}C і ^{14}O . Запропоновано потенціали взаємодії, які дають змогу узгодити з експериментом енергію та розміри ядра ^{14}C , а також енергію ядра ^{14}O . На основі варіаційного підходу з використанням гаусоїдних базисів розраховано хвильові функції основного стану досліджуваних п'ятичастинкових систем. Передбачено зарядовий радіус ядра ^{14}O . Встановлено розподіли густини і пружні формфактори обох ядер (Б.Є. Гринюк, Д.В. П'ятницький)

Виявлено групу квазірелятивістичних рівнянь, розклади яких відносно $1/c$ збігаються між собою до четвертого порядку включно з точністю до членів, що їх можна усунути додатковими унітарними перетвореннями. Розклади таких рівнянь містять виключно e^2 члени, тоді як розклади рівнянь Брейта, Солпітера містять e^4 члени (О.І. Туровський)

Запропоновано фазове представлення векторів квантових станів двокластерних систем. Побудовано густини розподілу в просторі Фока-Баргмана для зв'язаних та резонансних станів ${}^{6,7}\text{Li}$ і ${}^{7,8}\text{Be}$ в рамках мікроскопічної двокластерної моделі. Вхідні параметри моделі і нуклон-нуклонного потенціалу вибрані так, щоб оптимально передати внутрішню структуру кластерів і відтворити положення основного стану по відношенню до двокластерного порогу. Для кожного з досліджених ядер враховано домінуючу кластерну конфігурацію. Густина розподілу у фазовому просторі порівнюється з густиною розподілу в координатному та імпульсному представленнях. Зв'язані стани, як і вузькі резонанси, реалізують себе в компактній області у фазовому просторі. Встановлено кількісні межі цієї області у фазовому просторі для досліджених ядер. Показано, що квантові траєкторії наближаються до свого класичного ліміту із збільшенням енергії. (Ю.А. Лашко, Г.Ф. Філіппов, В.С. Василевський)

- *Lashko Yu. A., Filippov G.F., Vasilevsky V.S. Dynamics of two-cluster systems in phase space. Nucl. Phys. A, 2015, V. 941, 121-144.*

Для дослідження загальних властивостей резонансних станів легких атомних ядер, які розпадаються на три частинки (кластери) і які не розпадаються на дві частинки, сформульовано модель, що використовує базис гіперсферичних функцій для впровадження реалізації коректних граничних умов. Встановлено, що збільшення зв'язку між каналами призводить до зменшення енергії резонансного стану. При певних значеннях константи, відповідальної за зв'язок каналів, резонансні стани перетворюються на зв'язані стани. Показано, що вузькі резонансні стани можуть існувати як при слабкому зв'язку каналів, так і при сильній взаємодії каналів. При збільшенні числа відкритих каналів, як правило, зменшується енергія та ширина резонансних станів. Встановлено, що існує велика ймовірність появи надвузьких резонансних станів в системі з великою кількістю відкритих каналів. Встановлено також, що резонансні стани формуються та розпадаються лише в обмежене число каналів трикластерного континууму. Одержані результати узгоджуються із загальними властивостями трикластерних систем. (В.С. Василевський)

Недавно було показано, що введені нами дво- і трипараметрично деформовані аналоги алгебри Гайзенберга операторів положення і

імпульсу можуть бути відображені на відповідні алгебри нестандартних деформованих квантових осциляторів. Ми встановили, що такий зв'язок диктує для операторів народження і знищення a^+ , a^- незвичайне правило взаємного спряження (замість ермітового), так зване $\eta(N)$ -псевдоермітове спряження, де $\eta(N)$ – функція оператора числа збуджень N . Відповідно, це приводить до $\eta(N)$ -псевдоермітовості оператора положення чи оператора імпульсу, в той час як гамільтоніан є ермітовим. Описано різні можливі випадки, а також виявлено специфічні властивості, пов'язані із $\eta(N)$ -псевдоермітовим спряженням. (О.М. Гаврилик)

- *Gavrilik A.M., Kachurik I.I.* New version of pseudo-hermiticity in the two-sided deformation of Heisenberg algebra. *Mod. Phys. Lett. A*, 2015, V. 31, 14 pp. (accepted); arXiv:1411.5955.

Побудовано інтегровні узагальнення моделей Джейнса-Каммінгса-Діке та димерів Бозе-Хабарда, асоційованих із загальними некососиметричними r -матрицями та алгебрами Лі вищих рангів. Знайдено спектр гамільтоніанів інтегровних узагальнень моделей Джейнса-Каммінгса, Діке та димерів Бозе-Хабарда, асоційованих із «скрученими» раціональними r -матрицями та алгебрами Лі $gl(n)$. (Т.В. Скрипник)

- *Skrypnyk T.* General integrable n -level many-mode Jaynes-Cummings-Dicke models and classical r -matrices with spectral parameters. *J. Math. Phys.*, 2015, V.56, 023511.
- *Skrypnyk T.* Twisted rational r -matrices and algebraic Bethe ansatz: applications to generalized Gaudin, Jaynes-Cummings-Dicke and Bose-Hubbard-type dimer models. *Theor. Math. Phys.* (accepted).

В задачі про реалізацію складених (квази-)ферміонів, утворених із ферміона і деформованого бозона, в термінах деформованих фермі-осциляторів проведено аналіз щодо фізичної інтерпретації розв'язків та задіяних параметрів. У випадку 2-х мод складених ферміонів та 2-х чи 3-х мод їхніх складових – звичайних бозона і ферміона – розв'язки представлено у вигляді, симетричному до взаємозаміни мод складеного ферміона. Отримано загальний розв'язок у випадку недеформованого складового бозона та довільної кількості мод як складених ферміонів, так і їхніх складових. Наведено деякі часткові розв'язки, в т. ч. для максимально заплутаних станів складених ферміонів. Знайдено ентропію міжкомпонентної заплутаності

складених квазіферміонів, що допускають таку реалізацію. (О.М. Гаврилик, Ю.А. Міщенко)

- *Gavrilik A.M., Mishchenko Yu.A.* Entanglement entropy of composite fermions realized by (deformed) fermions vs. that of composite bosons. arXiv: 1504.00529.

ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА

На основі розв'язків рівняння Дірака показано, що система квазідвовимірних електронів, захоплених потенціальним шаром (що має місце в шаруватих напівпровідникових гетероструктурах), може перебувати в трьох різних спінових станах, які відрізняються як спіною поляризацією електронів, так і спектром двовимірних енергетичних зон. Одним з цих станів є добре відомий стан Рашби з ізотропним в просторі двовимірних хвильових векторів спіновим розщепленням енергетичних зон. В другому стані, на відміну від рашбівського, спінове розщеплення зон має анізотропний характер, а в третьому спіновому стані енергетичні зони залишаються виродженими по спіну. Вказаним спіновим станам відповідають три системи власних функцій рівняння Дірака. Функції кожної з цих систем є також власними функціями трьох різних спінових операторів, які не комутують один з одним, але комутують з гамільтоніаном Дірака, і які визначають спінову поляризацію електронів. (О.О. Єремко, Л.С. Брижик, акад. НАН України В.М. Локтев)

- *Eremko A., Brizhik L., Loktev V.* Spin eigen-states of Dirac equation for quasi-two-dimensional electrons. *Annals of Physics*, 2015, V. 361, 423–439.

Розглянуто моношаровий графен з рівномірною деформацією ґратки, яка в низькоенергетичній ефективній моделі описується постійним псевдомагнітним полем. Отримано розв'язки рівняння для щілини квазічастинок в присутності локальних взаємодій між квазічастинками і зовнішнього магнітного поля. Встановлено фазову діаграму системи (в площині псевдомагнітне поле – паралельне зовнішнє магнітне поле), де три квантовані холівські стани (ферромагнітний, антиферромагнітний, скошений антиферромагнітний) реалізуються в різних областях діаграми. Показано, що структура фазової діаграми чутлива до знаку і величини певних локальних взаємодій, які порушують наближену $SU(4)$ симетрію моделі. (Е.В. Горбар, чл.-кор. НАН України В.П. Гусинін)

- *Rybalka D.O., Gorbar E.V., Gusynin V.P.* Gap generation and phase diagram in strained graphene in a magnetic field. *Phys. Rev. B*, 2015, V. 91, 115132.

Досліджено термодинамічні властивості двокомпонентних 2+1-вимірних масивних діраківських ферміонів в зовнішньому магнітному полі. Показано, що порушення симетрії відносно обернення часу призводить до появи лінійного по магнітному полю члена в термодинамічному потенціалі, тоді як в знаменитій проблемі діамагнетизму Ландау головний, залежний від поля член є квадратичним по полю. Відповідно, головний член явно розрахованої намагніченості є аномальним, тобто не залежить від величини магнітного поля. (С.Г. Шарапов)

- *Sharapov S.G.* Thermodynamic properties of the 2+1-dimensional Dirac fermions with broken time-reversal symmetry. *J. Phys. A: Math. Theor.*, 2015, V. 48, 365002.

Знайдено Гамільтонівську та Пуасонівську структури інтегрованої Шрьодінгерівської нелінійної системи на трикутній драбинчастій ґратці у випадку притягувальної нелінійності. (О.О. Вахненко)

- *Vakhnenko O.O.* Nonlinear integrable model of Frenkel-like excitations on a ribbon of triangular lattice. *J. Math. Phys.*, 2015, V. 56, No3, 033505.

Запропоновано модель міграційних процесів у кристалічній матриці йодиду кадмію з ізоморфними нановключеннями йодиду свинцю. Проаналізовано вплив стехіометрії на процеси захоплення носіїв заряду. З'ясовано, що один з можливих механізмів утворення фотоелектретного стану цієї системи пов'язаний з орієнтаційною поляризацією нелінійної молекули йодиду свинцю. (Н.В. Глосковська)

- *Болеста И.М., Ровецкий И.Н., Карбовник И.Д., Рыхлюк С.В., Партыка М.В., Глосковская Н.В.* Формирование и оптические свойства наноструктур в CdI₂. *Журнал прикладной спектроскопии*, 2015, Т. 82, 89-95.

ФІЗИКА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

Запропоновано модель надпровідності, де енергетична щілина асимптотично прямує до нуля при збільшенні температури або магнітного поля. Формально критична температура та друге критичне магнітне поле для такого надпровідника є нескінченними. Отримано функціонал вільної енергії та побудовано теорію Гінзбурга-Ландау для такого надпровідника. Запропоновано також просту

квазікласичну модель для опису електронів на поверхні рідинного гелію. (акад. НАН України А.Г. Загородній, чл.-кор. НАН України Б.І. Лев, К.В. Григоришин, В.Б. Тимчишин)

- *Grigorishin K.V., Lev B.I.* Toy model of high temperature superconductivity *Low Temperature Physics*, 2015, V. 41, 482-485.
- *Лев Б.І., Остроух В.П., Тимчишин В.Б., Загородній А.Г.* Розподіл електронів на деформованій поверхні рідкого гелію. *Український фізичний журнал*, 2015, 60, № 3, 247-252.

НАНОФІЗИКА І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Запропоновано мікроскопічну модель квантових переходів в узагальненій системі багатьох енергетичних рівнів. На прикладі спрощеного опису кінетики станів гнучких макромолекулярних структур з ієрархією характерних часів враховано декілька механізмів варіації положень рівнів енергії системи. Зокрема, визначено внески від процесів початкової хаотизації положень рівнів, їхньої адіабатичної стохастизації, а також неадіабатичної релаксації. У загальному випадку хаотично розподілених флуктуаційних енергетичних рівнів, що слабо взаємодіють із зовнішнім середовищем, знайдено вираз для ймовірностей переходів між рівнями в аналітичному вигляді. Цей вираз містить явну залежність від розмірності рівнів, їхнього стохастичного розширення та кінетичних параметрів релаксаційного зв'язку для індукованих середовищем переходів, що призводить до формування фізичних умов для ефективного функціонування біомакромолекул. (чл.-кор. НАН України Е.Г. Петров, В.І. Тесленко, О.Л. Капітанчук, В.О. Леонов)

- *Petrov E.G., Teslenko V.I.* Kinetics framework for nanoscale description of environment induced transition processes in biological structures. In Book "Nanobiophysics: Fundamentals and Applications", edited by V.A. Karachevtsev. Pan Stanford Publishing Pte Ltd. Singapore, Chapter 9, 267-292.
- *Kapitanchuk O.L., Petrov E.G., Leonov V.O., Shevchenko Ye.V.* The kinetics of photocurrents in molecular diode. Book of Abstracts of the Workshop on Coherent Energy Transport and Optimization in Photosynthesis, Singapore, May 1-3, 2015, p. 42, Nanyang Technological University, Singapore, 2015.
- *Leonov V.O., Petrov E.G., Teslenko V.I.* Temperature-independent properties of biological nanoscopic structures. Book of Abstracts of International Research and Practice Conference "Nanotechnology and Nanomaterials", Lviv, Ukraine, August 26-29, 2015, p. 403, «Evrosvit», Lviv, 2015.

В рамках кінетичної теорії електронного транспорту в низьковимірних молекулярних системах досліджено механізм формування стаціонарних струмів та електролюмінесценції в молекулярному діоді з асиметричним зв'язком молекули з прилеглими електродами. Знайдено умови, за яких як фотострум, так і електролюмінесценція досягають своїх максимальних значень. Ці умови реалізуються тоді, коли під дією прикладеної до електродів різниці електричних потенціалів, а також електричного поля затвора, стани молекулярного діода з фотозбудженою молекулою стають нижчими за енергією, ніж стани із зарядженою молекулою. Виявлено, що у збудження молекули при резонансному режимі дають внесок як стрибковий механізм трансмісії електронів, так і непружне тунелювання електронів. (чл.-кор. НАН України Е.Г. Петров, Є.В. Шевченко, В.О. Леонов)

- *Petrov E.G.* Physics of transient currents in single molecule diode. Book of Abstracts of Ukrainian-German Symposium on Physics and Chemistry of Nanostructures and on Nanotechnology, Kyiv, Ukraine, August 26–28, 2015, 128, «Tim-servis», Kyiv, 2015.
- *Shevchenko Ye., Leonov V.O., Petrov E.G.* Electroluminescence of single molecule between microscopic electrodes. Book of Abstracts of International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials”, Lviv, Ukraine, August 26-29, 2015, p. 345, «Evrosvit», Lviv, 2015.

Розвинуто кінетичну модель функціонування кількофазової ліганд-рецепторної структури в конденсованому середовищі. Знайдено константу швидкості переходів між енергетичними рівнями системи при врахуванні її динамічних, флуктуаційних та ентропійних параметрів, а також концентрації ліганду та температури середовища. Встановлено, що для необоротної динаміки заселеностей рівнів концентраційні залежності їхніх пікових магнітуд стають аномальними. Зокрема, коефіцієнт переваг вихідного стану по відношенню до кооперативності перехідного процесу є дробовим, обмежуючись знизу величиною $2/e$. Зроблено висновок, що наближення коефіцієнта переваг до граничного значення є критичним і веде до розпаду стабільності необоротної системи. При низьких температурах таке виникає у досить вузькому діапазоні швидкостей кінетичних стадій. Збільшення температури загашує ефект, що у свою чергу підвищує ступінь керованості перехідним процесом. (В.І. Тесленко, О.Л. Капітанчук)

- *Teslenko V.I., Kapitanchuk O.L.* Fractional cooperativity of a few-state system in the environment. *Ukr. J. Phys.*, 2015, V. 60, No. 11, 1163-1176.
- *Teslenko V.I., Kapitanchuk O.L., Zhao Y.* Controlling cooperativity of a metastable open system coupled weakly to a noisy environment. *Chin. Phys. B*, 2015, V. 24, 028702.

Індуковані поодиноким чи послідовністю коротких лазерних імпульсів перехідні струми через окрему молекулу, розміщену між двома сферичними металевими електродами, розраховано в рамках теорії матриць густини. Показано, що збудження поверхневих плазмонів у металевих електродах приводить до значного підсилення струму. Виявлено важливу роль релаксаційних процесів у молекулярній системі при формуванні не лише перехідних, а й усереднених за часом струмів через окрему молекулу. При аналізові поведінки усередненого за часом струму від різниці прикладених до електродів потенціалів виявлено прогресію електрон-коливальних сателітів молекули. Така прогресія може розглядатися як вид динамічно встановленої вольт-амперної характеристики молекули. (Я.Р. Зелінський)

- *Zelinsky Y., May V.* Laser Pulse Induced Transient Currents in a Molecular Junction: Effects of Plasmon Excitations of the Leads. *J. Chem. Phys.*, 2015, V. 142, 224701.

Досліджено впорядкованість класичних одновимірних структур зарядів у рівноважних станах кулонівських кластерів з утримувальним потенціалом, що породжується однорідним циліндричним фоном. Встановлено області параметрів, за яких структури постають ідеальними або наближаються до таких на скінченній довжині. Обговорюється специфіка фізичного механізму, відповідального за високу впорядкованість структур. Визначено характеристики ідеальних структур, наведено алгоритм для оцінок упорядкованості одновимірних структур у загальному випадку. (С.Я. Горощенко)

- *Goroshchenko S.Ya.* Classical 1D structures of charges in Coulomb cluster systems. Book of Abstracts of International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials”, Lviv, Ukraine, August 26-29, 2015, p. 465, «Evrosvit», Lviv, 2015.

Виявлено зв'язок хіральностей у спіновому та фізичному просторах. Механізм цього зв'язку продемонстровано на прикладі феромагнітної стрічки Мобіуса, топологія якої зумовлює вихоровий характер основного магнітного стану стрічки. (В.П. Кравчук, Ю.Б. Гайдідей)

- *Pylypovskyi O.V., Kravchuk V.P., Sheka D.D., Makarov D., Schmidt O.G., and Gaididei Yu.* Coupling of chiralities in spin and physical spaces: The Möbius ring as a case study. *Phys. Rev. Lett.*, 2015, V. 114, 197204.

Знайдено електронний спектр, власні стани та функції Гріна обмеженого листа графену і зигзагоподібних нанострічок графену. Одержані результати використані для визначення транспортних характеристик вуглецевих наноструктур. Одержано аналітичні вирази для коефіцієнтів проходження (Л.І. Малишева)

- *Malysheva L.* Electron transmission through step-like potential in armchair and zigzag graphene nanoribbons: Comparison of different interfaces. *Physica status solidi (b)*, 2015, V. 252, No. 10, 1981-1987.

Розвинуто теорію звукових коливань, що випромінюються наночастинками Au, Ag і Cu, розташованими в довільній діелектричній матриці, під впливом випромінювання ультракоротких лазерних імпульсів. Отримано аналітичні вирази для амплітуди і потужності поздовжніх сферичних акустичних коливань залежно від густини і пружних властивостей середовища, в якому вони поширюються, тривалості лазерного імпульсу, розміру наночастинки та від сталої зв'язку електронів з фононами. Знайдено відсоток спадної енергії, залежний від температури електронного газу, який іде на генерацію звукових коливань. Вивчено інші фактори, які впливають на динаміку й згасання потужності таких коливань. (М.І. Григорчук)

- *Grigorchuk N.I.* Acoustical wave emission from embedded noble nanoparticles induced by ultrashort laser pulses. *Eur. Phys. J. B*, 2015, V. 88, No. 29, 1-9.

Подано ґрунтовне обговорення концепцій молекули та хімічного зв'язку, які завжди лежать в основі усіх числових моделювань у квантової хімії, зокрема ендоедрального фулерену He₂@C₆₀. З цією метою запропоновано визначення квантової хімії за трьома компонентами. Кожен з них ілюструється його особливими концепціями, чи молекули, чи зв'язку. Третя, обчислювальна компонента вирішує різновид зв'язку у He₂@C₆₀. (Є.С. Крячко)

- *Nikolaienko T.Yu., Kryachko E.S.* Formation of dimers of light noble atoms under encapsulation within fullerene's voids. *Nanoscale Res. Lett.* 2015, V. 10, No. 1, 185-1 – 185-9.
- *Nikolaienko T.Yu., Kryachko E.S.* He₂@C₆₀: Thoughts of the concept of a molecule and of the concept of bond in quantum chemistry. *Int. J. Quantum Chem.* 2015, V. 115, No.14, 859-867.

Досліджено термоелектричні властивості молекулярних наноструктур. Пояснено механізм транспорту в цих структурах, пов'язаний з тунелюванням електронів. Знайдено коефіцієнт Зеєбека для таких структур і отримано добре узгодження з експериментом. Показано, що термоелектричні ефекти в цих наноструктурах можуть підсилюватися при зміні деяких параметрів. (В.М. Єрмаков, С.П. Кручинін)

- *Ermakov V., Kruchinin S., Pruschke T., Freericks J.* Thermoelectricity in tunneling nanostructures. *Phys. Rev B*, 2015, V. 92, 115531.

ФІЗИКА М'ЯКОЇ РЕЧОВИНИ

З метою опису фазових переходів, що супроводжуються формуванням просторово неоднорідних структур запропоновано модель скалярного поля, що включає зв'язок поля з його градієнтом. Показано, що запропонована модель забезпечує формування неоднорідного розподілу в основному стані системи. Отримано окремі розв'язки для такої моделі, які можуть бути використані для опису космологічного сценарію або розпаду спінодалей. Механічною аналогією моделі є нелінійний осцилятор, маса якого залежить від координати або для якого пружний коефіцієнт залежить від швидкості. Ця аналогія дає можливість показати існування граничних циклів та розпад нових фазових неоднорідностей. (акад. НАН України А.Г. Загородній, чл.-кор. НАН України Б.І. Лев)

- *Lev B.I., Rozhkov S.S., Zagorodny A.G.* Model of coupling order parameter with its gradient. *Euro Phys. Lett.* 2015, V. 111, 26003.

Отримано загальний вираз для енергії взаємодії між колоїдними частинками довільної форми та розміру в гомеотропній нематичній комірці з різними пружними константами Франка. Показано, що різниця пружних констант може приводити як до кількісних, так і до якісних змін міжчастинкового потенціалу. Теоретично передбачено можливість утворення колоїдними частинками лінійних ланцюжків в

нематиках з малою константою повздовжнього згину. (чл.-кор. НАН України Б.І. Лев, О.М. Товкач)

- *Chernyshuk S.B., Tovkach O.M., Lev B.I.* Colloidal interactions in a homeotropic nematic cell with different elastic constants. *Phys. Rev. E*, 2015, V. 92, 042505.

Розвинуто теорію переносу триплетного збудження в донор-кисень-акцепторній системі. Показано, що молекула кисню може бути залучена в транспорт у якості містка, в якому її двічі вироджений збуджений стан бере участь у транспортному процесі як віртуальним, так і реальним чином. У першому випадку молекула кисню забезпечує когерентний перенос триплетного збудження від донора до акцептора, а в другому випадку забезпечує стрибковий механізм переносу того самого збудження. В якості додатка до теорії запропоновано механізм дистанційного когерентного та стрибкового переносу триплетного збудження від молекули хлорофілу до молекули каротиноїду. (чл. кор. НАН України Е.Г. Петров)

- *Petrov E.G., Robert B., Lin S.H., Valkunas L.* Theory of triplet excitation transfer in the donor-oxygen-acceptor system: application to cytochrome b6/f complex. *Biophysical J.*, 2015, V. 109, 1735-1745.

Запропоновано механізм деактивації макромолекул ДНК під час опромінення біологічних організмів пучками високоенергетичних іонів. Механізм полягає в утворенні стабільних комплексів молекулярних продуктів радіолізу води (молекул пероксиду водня) з активними центрами впізнавання подвійної спіралі ДНК (групи PO₄). Розрахунки енергії зв'язку молекул пероксиду, фосфатної групи ДНК та протиіонів розчину показали, що молекула пероксиду водню може зв'язуватися з фосфатною групою ДНК не гірше за молекулу води і, як наслідок, блокувати генетичну активність ДНК. (Д.В. Пятницький, А.А. Здоревський, С.М. Перепелиця, С.Н. Волков)

- *Piatnytskyi D.V., Zdorevskyyi O.O., Perepelytsya S.M., Volkov S.N.* Understanding the mechanism of DNA deactivation in ion therapy of cancer cells: hydrogen peroxide action. *Eur. Phys. J. D*, 2015, V. 69, 255.

Для широкого класу нейронних моделей строго доведено, що активність збуджувального нейрона із затриманим зворотнім зв'язком є немарковською. (О.К. Вیدیбіда)

- *Vidybida A.K.* Activity of Excitatory neuron with delayed freeback stimulated with Poisson stream is non-Markov. *Journal of Statistical Physics*, 2015, V. 160, 1506.

Запропоновано та експериментально досліджено метод стабілізації флуктуацій оптичного каналу у відкритому просторі шляхом розширення променя. Показано, якщо флуктуації в каналі пов'язані з атмосферними ефектами, які проявляються в блуканні променя навколо апертури, то розширення променя дає можливість стабілізувати флуктуації пропускання, водночас зменшуючи середнє пропускання. Теоретично змодельовано реалізацію квантової комунікації через стабілізований канал і показано, що для даного каналу та інших параметрів існує оптимальний режим стабілізації флуктуацій, який забезпечує найбільш ефективну комунікацію. (В.К. Усенко)

- *Usenko V., Grosshans F.* Unidimensional continuous-variable quantum key distribution. Phys. Rev. A (accepted); e-print arXiv:1504.07093.

За допомогою математичної моделі досліджено метаболічний процес гліколізу, що виник як продукт біохімічної еволюції в протобіонтах. Застосовуючи теорію дисипативних структур проведено пошук умов самоорганізації даного процесу. Отримано фазопараметричні діаграми каскаду біфуркацій, що показують перехід до хаотичних режимів відповідно до сценарію Фейгенбаума та переривчастості. Знайдено дивні атрактори, що виникають внаслідок ефекту лійки. Розраховано повні спектри показників Ляпунова і дивергенцій для знайдених режимів. Розраховано КС-ентропії, горизонти передбачуваності та ляпуновські розмірності дивних атракторів. (В.Й. Грицай)

- *Грицай В.Й.* Самоорганізація і фрактальність в метаболічному процесі гліколізу, Укр. фіз. журн., 2015, Т. 60, № 12, 1253-1265.

Запропоновано альтернативний до алостеричного механізм регуляції активності ферментів, який не потребує взаємодії просторово розділених місць зв'язування і має повністю кінетичну природу. Показано, що на відміну від класичних схем алостерії, в яких амплітуда регуляції обмежена ступенем олігомерії ферменту, в кінетичному механізмі нею можна значно ефективніше керувати, змінюючи співвідношення часів оборотного циклу ферменту та його структурної релаксації. Реальність такої уявної «алостерії» та її фізіологічне значення були щойно доведені експериментально. (Л.М. Христофоров).

- *Christophorov L.N.* Proteins as nanomachines: Hysteretic enzymes revisited. Springer Proceedings in Physics, 2015, V. 156, 223-232.

АСТРОФІЗИКА ТА КОСМОЛОГІЯ

Минулого року в спектрі галактики Андромеди та спектрах близьких скупчень галактик ми зареєстрували рентгенівську лінію випромінювання на енергії до 3.5 кеВ. Інтерпретація цієї лінії, як сигналу від розпаду темної матерії, визначає верхні та нижні обмеження на її можливу інтенсивність від області Галактичного центру. У цьому році ми зареєстрували таку лінію випромінювання на енергії 3.539 ± 0.011 кеВ в тривалому спостереженні області Галактичного центру космічною рентгенівською обсерваторією ХММ-Newton. Отриманий результат узгоджується із вказаними обмеженнями для цілого класу розподілів темної матерії в нашій Галактиці і відповідає радіаційному розпаду темної матерії з часом життя $(6-8) \times 10^{27}$ сек. Хоча наразі складно виключити астрофізичне походження цієї лінії, базуючись виключно на спостереженнях Галактичного центру, отриманий результат є важливим тестом гіпотези розпаду темної матерії і надалі стимулює перевірку цієї гіпотези за майбутніми даними спостережень. (Д.А. Якубовський)

- *Boyarsky A., Franse J., Iakubovskiy D., Ruchayskiy O.* Checking the dark matter origin of a 3.53 keV line with the Milky Way center. *Phys. Rev. Lett.*, 2015, V. 115, 161301.

ФІЗИКА ПЛАЗМОВИХ ПРОЦЕСІВ

З використанням вдосконаленої рідинної моделі метод відновних збурень застосовано до опису електростатичних мод за наявності градієнтів іонної температури. Показано, що рідинні резонанси відіграють основну роль при збудженні зональних течій. Цей механізм, як нещодавно було показано, приводить до нелінійного зсуву межі генерації таких течій і покращеного режиму утримання плазми. Важливим при цьому виявилось урахування нелінійної динаміки температури, яка впливає на тензор в'язких напруг і діамагнітні конвективні потоки. Цей ефект є найголовнішим при описові режиму покращеного утримання плазми та формування транспортних бар'єрів. (акад. НАН України А.Загородній)

- *Wang Guan-Qiong, Ma Jun, Weiland J., Zagorodny A.* Excitation of zonal flows by ion-temperature-gradient modes excited by the fluid resonance. *Chinese Phys. Lett.*, 2015, V. 32 (11), 115201.

Розглянуто дифузію замагнічених частинок у випадковому електростатичному полі. За допомогою числових методів проаналізовано ефективність концепції підансамблів частинок в сталих полях. Розраховано статистичні характеристики підгруп частинок, що рухаються по різних еквіпотенціальних поверхнях для точнішого опису дифузійного процесу. (В.І. Засенко, О.М. Черняк)

- *Cherniak O.M.* Particle's diffusion in a two-dimensional random velocity field. *Ukr. J. Phys.*, 2015, V. 60, No. 12, 1197-1211.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

В моделі обміну знайдено необхідні та достатні умови очищення ринків за заданої структури власності та структури попиту споживачів. Доведено теорему, в якій описано структуру векторів власності, за якої за заданої структури попиту відбувається повне очищення ринків. Вказано рівноважний ціновий вектор, який забезпечує таке очищення. Доведено теорему, у якій знайдено умови кратності виродження рівноважного цінового вектора. Введено поняття еквівалентного розподілу власності та знайдено необхідні та достатні умови існування рівноважного цінового вектора та описано структуру сукупної пропозиції. Доведено ряд теорем, які дають можливість визначити сукупний вектор ступенів задоволення потреб споживачів. Запропоновано адаптований до отриманих результатів агрегований опис економічної системи на підставі даних міжгалузевого балансу та застосовано цей опис до аналізу економік Великої Британії, Німеччини, Росії та Греції. (М.С. Гончар, В.Г. Козирський, А.С. Жохін)

- *Gonchar N.S., Zhokhin A.S., Kozyrski W.H.* On Mechanism of recession phenomenon. *Journal of Automation and Information Science*, 2015. V. 47, 1-17.
- *Gonchar N.S., Zhokhin A.S., Kozyrski W.H.* General equilibrium and recession phenomenon. *American Journal of Economics, Finance and Management*, 2015, V. 1, 559-573.

КОМП'ЮТЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На базі обчислювального кластеру Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України побудовано хмарну інфраструктуру високої надійності з використанням програмної системи OpenStack. Хмарна інфраструктура ІТФ є першим українським хмарним ресурсом, який інтегровано в європейську хмарну

інфраструктуру проекту EGI Federal Cloud. Виконано інтеграцію хмарної інфраструктури ІТФ в хмарну інфраструктуру ЦЕРН з оброблення даних експерименту ALICE. (С.Я. Свістунов)

- *Shadura O., Zarochentsev A., Yurchenko V., Kompaniets M., Svirin P.* XRootD in cloud environment. Proceedings of the 21st International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics. 2015, Okinawa, Japan, 13-17.

НАУКОВО-ОСВІТНІЙ ЦЕНТР

У 2015 році організовано і прочитано цикл з 9 науково-популярних лекцій із сучасних досягнень фундаментальної фізики у фізико-математичних ліцеях Києва. Науково-освітній центр проводить регулярні факультативні заняття з фізики та математики для студентів київських ВНЗ. Окрім того, організовано та фінансово підтримано дві студентські олімпіади, присвячені експериментальним дослідженням.

Для студентів 1-го, 2-го та 3-го курсів фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка проведено три цикли факультативних семінарів з теоретичної фізики та вищої математики. Семінари відвідувало близько 50 студентів. Регулярно проходять наукові студентські семінари з математичної фізики для студентів 4-го та 5-го курсів під керуванням доктора фіз.-мат. наук М.З. Іоргова.

Спільно з Інститутом теоретичної фізики Університету Гамбурга проведено школу-семінар з фізики конденсованого стану «Нерівноважні явища в фізиці холодних газів» для студентів та молодих науковців (08-20 вересня 2015, ІТФ ім. М.М.Боголюбова НАН України, Київ).

В рамках Боголюбовської програми ОІЯД-Україна проведено низку заходів для студентів фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка:

- Школа-семінар з математичної фізики «Алгебраїчний абзац Бете», 23-28 березня 2015, ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України, Київ;
- Школа-семінар з математичної фізики «Вступ до теорії ферміонних струн», 29 травня - 3 червня 2015, ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України, Київ;
- Школи-семінари з фізики конденсованого стану «Додаткові глави квантової механіки багатьох частинок. I і II», 4-10 жовтня 2015, ІТФ ім. М.М.Боголюбова НАН України, Київ;

- Семінар з фізики конденсованого стану «Додаткові глави квантової механіки багатьох частинок. II», 19-22 жовтня 2015, ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України, Київ.

НАУКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

Монографії та підручники: 7

- *Loktev V.M., Pogorelov Yu.G.* Impurities and dopants in high-T_c superconductors. Kyiv. Akadempriodyka. 2015. 223 p.
- *Вахненко В.О., Вахненко О.О.* Хвильова динаміка структурованих середовищ. Київ. Наук. думка. 2015. 228 с.
- *Б.І. Лев.* Формування структур в рідкокристалічних колоїдах. Київ: Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. – 2015. 198 с.
- *Загородній А.Г., Момот А.І.* Вступ до кінетичної теорії плазми. Київ. Наук. думка. 2015. 458 с.
- Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. 1966–2016 // *Редколегія: Загородній А.Г. (відп. ред.) та ін.* Київ. Академперіодика. 2015. 403 с.
- *Vavilova I. B., Bolotin Yu. L., Boyarsky A. M., Danevich F. A., Kobyshev V. V., Tretyak V. I., Babyk Iu. V., Iakubovskyi D. A., Hnatyk B. I., Sergeev S. G.* Dark energy and dark matter in the Universe: in three volumes, Editor V. Shulga. – Vol. 3. Dark matter: Observational manifestation and experimental searches. Kyiv, Akadempriodyka. 2015. 375 p.
- *Поліщук А.П., Бордюг Г.Б., Кручинін С.П., Сліпучіна І.А.* Вступ до квантової та атомної фізики. Навчальний посібник, Національний авіаційний університет. 2015. 240 с.

Статті в журналах: 210

в українських журналах – 44,
в іноземних журналах – 166.

ПРЕМІЇ І НАГОРОДИ

Золота медаль ім. В.І. Вернадського НАН України
Акад. НАН України В.М. Локтєв

КОНФЕРЕНЦІЇ

- Семінар «Проблеми теоретичної фізики» присвячений пам'яті О.Г. Ситенка. Київ, 12 лютого 2015 р.
- Нарада-семінар «Актуальні проблеми фізики ДНК». Київ, 27-28 квітня 2015р.
- School on Anomalous Transport, Superconductivity and Magnetism in Nanosystems. ВІТР-ІСТР. Київ, June 15-20, 2015.
- Науковий семінар пам'яті Петра Івановича Фоміна «Квантова теорія поля та космологія», присвячений 85-річчю від дня народження. Київ, 25 червня 2015 р.
- 1st Julius Wess International School on Noncommutative Geometry in Astroparticle Physics and Quantum Optics. July 20, 2015 - August 2, 2015 , AUI, Vienna, Austria
- 1st Wolfgang Kummer International School on Astroparticle Physics, Quantum Gravity and Quantum Information. August 3 - 16, 2015, AUI, Vienna, Austria.
- NATO Advanced Research Workshop: Nanomaterials for Security. August 31 - September 6, 2015, Odessa, Ukraine.
- 9th International Conference Boyai-Gauss-Lobachevsky: Non-Euclidean Geometry in Modern Physics. Minsk, Belarus, October 27-30, 2015
- Young scientists forum on applied physics. Dnipropetrovsk, September 29 – October 2, 2015.
- Давидовські читання. Київ, 28 грудня 2015 р.

FUNDAMENTAL INTERACTIONS AND MICROSCOPIC STRUCTURE OF MATTER

Description of quantum liquids (Landau-Fermi liquids) resulting from the quark models with a four-fermion interaction has been given. This consideration is based on using a dressing Bogolyubov transformation and mean field approximation. It is demonstrated that the mean energy of the ensemble serves as energy functional of the Landau theory and is shown that in a wide range of potentials interesting for applications one can expect the quantum liquids to behave in essentially the same way. For some of their properties a band of estimates has been obtained. A comparison of Nambu-Jona-Lasinio and Keldysh models, substantially different in many aspects, demonstrates that the properties of quantum liquids do not actually depend on the shape of the form factor (a natural interaction length); rather, they are mainly determined by the coupling constant of the interaction. It is found out that a common distinctive feature of ensembles is the presence of degenerate states with respect to the vacuum in the chemical potential and pressure. (Corr. Member of the NAS of Ukraine G.M. Zinovjev)

- *Zinovjev G.M., Molodtsov S.V.* Fluctuation instability of the Dirac sea in quark models of strong interactions. *Physics of Atomic Nuclei* (accepted).

The van der Waals (VDW) equation of state predicts the existence of a first-order liquid-gas phase transition and contains a critical point. The VDW equation with Fermi statistics is applied to a description of the nuclear matter. The nucleon number fluctuations near the critical point of nuclear matter are studied. The scaled variance, skewness, and kurtosis diverge at the critical point. It is found that the crossover region of the phase diagram is characterized by the large values of the scaled variance, almost zero skewness, and by the significantly negative kurtosis. The rich structures of the skewness and kurtosis are observed in the phase diagram in the wide region around the critical point, namely, they both may attain large positive or negative values. (D.V. Anchishkin, M.I. Gorenstein)

- *Vovchenko V., Anchishkin D.V., Gorenstein M.I., Poberezhnyuk R. V.* Scaled variance, skewness, and kurtosis near the critical point of nuclear matter. *Phys. Rev. C*, 2015, V. 92, 054901.

From the analysis of more experimental hadronic multiplicities, than there were used before, we found at chemical freeze-out two peaks of the dimensionless measure of interaction at the center of mass collision-energies 4,9 GeV/nucl and 9,2 GeV/nucl. The strong model arguments that these two peaks provide evidence of two phase transformations at these collision energies are given. The higher peak at the collision energy 4,9 GeV/nucl gives evidence of the first order phase transition, while the smaller peak at higher energy of collision is related either to a second order phase transition or a weak cross-over. (K.A. Bugaev, V.V. Sagun, A.I. Ivanytskyi, Corr. Member of the NAS of Ukraine G.M. Zinovjev)

- *Bugaev K.A., Sagun V.V., Ivanytskyi A.I., Oliinychenko D.R., Ilgenfritz E.-M., Nikonov E.G., Taranenko A.V., and Zinovjev G.M.* New signals of quark-gluon-hadron mixed phase formation. Euro. Phys. (accept.) arXiv:1510.03099 [nucl-th] (2015).

The integrated hydrokinetic model of nucleus-nucleus collisions has been developed and successfully applied for description and predictions of the experimental data. The model includes the generation of the initial state of matter formed in these collisions, its thermalization and subsequent viscous hydrodynamic evolution, decay into separated hadrons, and the final stage – the evolution of non-equilibrium gas of interacting hadrons and resonances. (V.Yu. Naboka, Yu.M. Sinyukov)

- *Naboka V.Yu., Akkelin S.V., Karpenko Iu.A., Sinyukov Yu.M.* Initialization of hydrodynamics in relativistic heavy ion collisions with an energy-momentum transport model. Phys. Rev. C, 2015, V. 91, 014906.
- *Naboka V.Yu., Karpenko Iu. A., Sinyukov Yu.M.* Thermalization, evolution and LHC observables in integrated hydrokinetic model of A+A collisions. Phys. Rev. C (submitted) arXiv:1508.07204.

We study the influence of a background magnetic field and boundary conditions on the vacuum of a quantized charged spinor matter field in a bounded space. It is found that, in the case of a sufficiently strong magnetic field directed orthogonally to two parallel bounding plates, the Casimir force is independent of a boundary condition, as well as of the distance between the plates. (Yu.A. Sitenko)

- *Sitenko Yu.A.* Casimir effect with quantized charged spinor matter in background magnetic field. Phys.Rev. D, 2015. V. 91, No.8, 085012.
- *Sitenko Yu.A.* Influence of quantized massive matter fields on the Casimir effect. Mod. Phys. Lett. A, 2015, V. 30, No.20, 1550099.
- *Sitenko Yu.A., Yushchenko S.A.* Pressure from the vacuum of confined spinor matter. Intern. J. Mod. Phys. A, 2014, V. 30, No. 30, 1550184.

New analytical expressions for the p-, d- and f-wave partial two-body Coulomb transition matrices at the energy of the ground bound state of the complex have been derived. The obtained results have been used for studies of the properties of few-body atomic and nuclear systems. (V.F. Kharchenko)

- *Kharchenko V.F.* Analytical transition-matrix treatment of electric multipole polarizabilities of hydrogen-like atoms, *Annals Phys. (N.Y.)*, 2015, V. 355, No. 1, P. 153 – 169.

By making use of the recommended proton-proton low-energy interaction parameters the following value for the charged pion-nucleon coupling constant has been obtained. The calculated value of this quantity appears to be in excellent agreement with the experimental result of the Uppsala Neutron Research Group. (V.A. Babenko, N.M. Petrov)

- *Babenko V.A., Petrov N.M.* Charge dependence of the pion-nucleon coupling constant. *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 2015, V. 16, 136-143.

The structure of the mirror nuclei ^{14}C and ^{14}O is studied within a five-particle model (three alpha-particles plus two extra nucleons). The interaction potentials are proposed to have data fit with the experimental energy and radius of ^{14}C nucleus, as well as with the energy of ^{14}O . Within the variational approach in Gaussian representation, we obtain the ground state wave functions of the abovementioned five-particle systems. The charge r.m.s. radius of ^{14}O nucleus is predicted. The charge density distributions and elastic formfactors are found. (B.E. Grinyuk, D.V. Piatnytskyi)

Some quasi-relativistic equations are found to have similar expansions in $1/c$ up to the fourth order to within the terms removable by additional unitary transformations. The expansions of these equations contain only the terms proportional to e^2 , while expansions of the Breit and Salpeter equations contain the terms $\sim e^4$. (A. I. Turovsky)

We present a phase-space representation of quantum state vectors for two-cluster systems. Density distributions in the Fock-Bargmann space are constructed for bound and resonance states of $6;7\text{Li}$ and $7;8\text{Be}$, provided that all these nuclei are treated within a microscopic two-cluster model. The input parameters of the model and nucleon-nucleon potential were selected to optimize description of the internal structure of clusters and to reproduce position of the ground state with respect to the two-cluster

threshold. The dominant two-cluster partition of each nucleus was taken into consideration. The density distribution in the phase space is compared with those in the coordinate and momentum representations. Bound states realize themselves in a compact area of the phase space, as also do narrow resonance states. We establish the quantitative boundaries of this region in the phase space for the nuclei under consideration. Quantum trajectories are demonstrated to approach their classical limit with increasing energy. (Yu.A. Lashko, G.F. Filippov, V.S. Vasilevsky)

- *Lashko Yu. A., Filippov G.F., Vasilevsky V.S.* Dynamics of two-cluster systems in phase space. Nucl. Phys. A, 2015, V. 941, 121-144.

General properties of resonance states of light nuclei that disintegrate into three cluster particles and do not disintegrate into two particles are studied in terms of a model that employs a basis of hyperspherical functions and thus provides implementing proper boundary conditions. It is established, that the increase of coupling between channels leads to the decrease of resonance energy. At certain values of the constant, responsible for coupling of channels, resonance states transform into bound states. It is shown, that narrow resonance states can exist with weak and strong coupling between channels. As a rule, energy and width of resonance states are decreasing when number of open channels is increased. There is large probability, as is established, to observe super narrow resonance state with large number of open channels. It is also demonstrated, that resonance states are formed and decay only in very restricted number of channels of three-cluster continuum. The simple model reproduces general properties of three-cluster systems, which were obtained in realistic three-cluster model. (V.S. Vasilevsky)

Recently it has been shown that the proposed by us two- and three-parameter deformed analogs of the Heisenberg algebra of position and momentum operators can be mapped onto respective algebras of non-standard deformed quantum oscillators. We have established that such relation dictates an unusual rule (instead of Hermitian) of mutual conjugation for the creation and annihilation operators a_+ and a_- , namely the $\eta(N)$ -pseudo-Hermitian conjugation, $\eta(N)$ being certain operator function of the excitation number operator N . Respectively, that leads to $\eta(N)$ -pseudo-Hermiticity of the position (or momentum) operator, whereas the Hamiltonian is Hermitian. Diverse possible cases have been described

and specific properties related with $\eta(N)$ -pseudo-Hermitian conjugation have been revealed. (A.M. Gavrilik)

- *Gavrilik A.M., Kachurik I.I.* New Version of Pseudo-Hermiticity in the Two-Sided Deformation of Heisenberg Algebra. *Mod. Phys. Lett. A*, 2015, V. 31, 14 pp. (accepted); arXiv:1411.5955.

Integrable generalizations of the Jaynes-Cummings-Dicke models and the Bose-Hubbard-type dimers model, which are associated with general non-skew-symmetric classical r -matrices and Lie algebras of higher ranks, have been constructed. The spectrum of the Hamiltonians of integrable generalizations of Jaynes-Cummings-Dicke models and Bose-Hubbard-type dimers, associated with the twisted rational r -matrices and Lie algebras $gl(n)$, have been found. (T.V. Skrypnyk)

- *Skrypnyk T.* General integrable n -level many-mode Jaynes-Cummings-Dicke models and classical r -matrices with spectral parameters. *J. Math. Phys.*, 2015, V.56, 023511.
- *Skrypnyk T.* Twisted rational r -matrices and algebraic Bethe ansatz: applications to generalized Gaudin, Jaynes-Cummings-Dicke and Bose-Hubbard-type dimer models. *Theor. Math. Phys.* (accepted)

Within the problem of realization of composite (or quasi-) fermions, each of these consisting of a fermion and a deformed boson, the physical interpretation of the solutions and relevant parameters is analyzed in terms of deformed Fermi-oscillators. For the case of 2 modes of composite fermions and 2 or 3 modes of their constituents, i.e., ordinary bosons and fermions, the solutions are presented in the form symmetric under the interchange of quasi-fermion modes. General solution has been obtained in the case of non-deformed constituent boson and arbitrary number of modes of both composite fermions and their constituents. Particular solutions have been given, including those for maximally entangled states of composite fermions. The (inter-constituent) entanglement entropy has been obtained for composite quasi-fermions admitting the mentioned realization. (A.M. Gavrilik, Yu.A. Mishchenko)

- *Gavrilik A.M., Mishchenko Yu.A.* Entanglement entropy of composite fermions realized by (deformed) fermions vs. that of composite bosons. arXiv: 1504.00529.

SOLID STATE PHYSICS

Based on the solutions of the Dirac equation, it is shown that the system of quasi-two-dimensional electrons confined in the potential layer,

for instance, in layered semiconducting heterostructures, can be in one of the three possible spin states. These states differ by spin polarization and by the spectrum of the two-dimensional energy zones. One of these states is a well-known Rashba state which is characterized by the spin splitting of energy zones. In the other spin state the spin splitting is anisotropic, and in the third state the energy zones are degenerate with respect to spin. Respectively, there are the three systems of eigenfunctions of the Dirac equation that correspond to the three spin states. The functions of each of these systems are also eigenfunctions of three different spin operators, which commute with the Hamiltonian of the Dirac equation, but do not commute with each other. These spin operators do determine the spin polarization of electrons. (A.A. Eremko, L.S. Brizhik, Academician of NAS of Ukraine V.M. Loktev)

- *Eremko A., Brizhik L., Loktev V.* Spin eigen-states of Dirac equation for quasi-two-dimensional electrons. *Annals of Physics*, 2015, V. 361, 423–439.

The gap equation for Dirac quasiparticles in monolayer graphene in constant magnetic and pseudomagnetic fields, where the latter is due to strain, has been studied in a low-energy effective model with contact interactions. By analyzing solutions of the gap equation, the phase diagram of the system in the plane of pseudomagnetic and parallel magnetic fields has been obtained. The three quantum Hall states, ferromagnetic, antiferromagnetic, and canted antiferromagnetic, are realized in different regions of the phase diagram. It is found that the structure of the phase diagram is sensitive to signs and values of certain four-fermion interaction couplings which break the approximate spin-valley SU(4) symmetry of the model. (E.V. Gorbar, Corr. Member of the NAS of Ukraine V.P. Gusynin)

- *Rybalka D.O., Gorbar E.V., and Gusynin V.P.* Gap generation and phase diagram in strained graphene in a magnetic field. *Phys. Rev. B*, 2015, V. 91, 115132.

We study the thermodynamic properties of the two-component 2+1-dimensional massive Dirac fermions in an external magnetic field. The violation of the time-reversal symmetry is shown to give rise to a term in the thermodynamic potential that is linear in the magnetic field, while the famous problem of Landau diamagnetism suggests that the leading field-dependent term is quadratic in the field. Accordingly, the leading term of the explicitly calculated magnetization is anomalous, viz. it is independent of the strength of the magnetic field. (S.G. Sharapov)

- *Sharapov S.G.* Thermodynamic properties of the 2+1-dimensional Dirac fermions with broken time-reversal symmetry. *J. Phys. A: Math. Theor.*, 2015, V. 48, 365002.

The Hamiltonian and Poisson structures of integrable nonlinear Schrödinger system on a triangular-lattice ribbon have been found in the case of attractive nonlinearity. (O.O. Vakhnenko)

- *Vakhnenko O.O.* Nonlinear integrable model of Frenkel-like excitations on a ribbon of triangular lattice. *J. Math. Phys.*, 2015, V. 56, No. 3, 033505 (21 p).

The model of migration processes in the crystalline matrix of cadmium iodide with isomorphic lead iodide nano-inclusions has been developed. Stoichiometric effect on the processes of charge carrier trapping has been analyzed. It was found that one of the possible mechanisms of photoelectret state formation in this system is associated with orientational polarization of nonlinear lead iodide molecule. (N.V. Gloskovska)

- *Bolesta I., Rovetskyi I., Karbovnyk I., Rykhlyuk S., Partyka M., Gloskovskaya N.* Formation and optical properties of nanostructures in CdI₂I. *Journal of applied spectroscopy*, 2015, V. 82, 89-95.

LOW TEMPERATURE PHYSICS

The superconductivity model wherein the energy gap is asymptotically tending to zero with decrease of temperature or magnetic field has been proposed. Formally, both critical temperature and magnetic field for such a superconductor are infinite ones. The free energy functional has been obtained and Ginzburg-Landau theory for such a superconductor has been developed. A simple quasi-classical statistical model for the description of electrons on a liquid-helium surface in an external electric field is proposed. (Acad. of NAS of Ukraine A.G. Zagorodny, Corr. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev, K.V. Grigorishin, V.B. Tymchyshyn)

- *Grigorishin K.V., Lev B.I.* Toy model of high temperature superconductivity. *Low Temperature Physics*, 2015, V. 41, 482-485.
- *Lev B.I., Ostroukh V.P., Tymchyshyn V.B., Zagorodny A.G.* Electron Distribution on a Deformed Liquid-Helium Surface *Ukr. J. Phys.*, 2015, V. 60, No. 3, 247-252.

NANOPHYSICS AND NANOTECHNOLOGIES

A microscopic model of quantum transitions in the generalized few-level system has been proposed. Several mechanisms of variation of the positions of energy levels have been taken into account for a coarse-

grained description of flexible macromolecular structures with the hierarchy of characteristic times. Particularly, the additions from an initial chaotization of energy levels, their adiabatic stochastization, as well as their nonadiabatic relaxation have been determined. For the general case of chaotic distribution of fluctuating energy levels, weakly coupled with the environment, the probabilities of between-level transitions have been found in the analytical form. This expression comprises an explicit dependence on dimensionality of the energy levels, their stochastic broadening and their relaxation coupling parameters for environment-induced transitions, thus leading to formation of the physical conditions for effective functioning of biomacromolecules. (Corr. Member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov, V.I. Teslenko, O.L. Kapitanchuk, V.O. Leonov)

- *Petrov E.G., Teslenko V.I.* Kinetics framework for nanoscale description of environment induced transition processes in biological structures. In Book “Nanobiophysics: Fundamentals and Applications”, edited by V.A. Karachevtsev. Pan Stanford Publishing Pte Ltd. Singapore, Chapter 9, pp. 267-292.
- *Kapitanchuk O.L., Petrov E.G., Leonov V.O., Shevchenko Ye.V.* The kinetics of photocurrents in molecular diode. Book of Abstracts of the Workshop on Coherent Energy Transport and Optimization in Photosynthesis, Singapore, May 1-3, 2015, p. 42, Nanyang Technological University, Singapore, 2015.
- *Leonov V.O., Petrov E.G., Teslenko V.I.* Temperature-independent properties of biological nanoscopic structures. Book of Abstracts of International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials”, Lviv, Ukraine, August 26-29, 2015, p. 403, «Evrosvit», Lviv, 2015.

A formation of stationary current and electroluminescence in a molecular diode in the case of asymmetric coupling of the molecule to the attached electrodes has been studied in the framework of kinetic theory of electron transport. The conditions have been found when a photocurrent as well as an electroluminescence achieves their maximum values. These conditions are realized when energy of the photoexcited molecule in the diode becomes, under the interelectrode bias voltage as well as the electric field of the gate electrode, lower the energy of the single-charged molecule. It is shown that both mechanisms of interelectrode electron transport associated with the sequential electron hoppings and the inelastic tunneling, contribute to the excitation of the molecule during a resonance regime. (Corr. Member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov, Ye.V. Shevchenko, V.O. Leonov)

- *Petrov E.G.* Physics of transient currents in single molecule diode. Book of Abstracts of Ukrainian-German Symposium on Physics and Chemistry of Nanostructures and on Nanotechnology, Kyiv, Ukraine, August 26–28, 2015, p. 128, «Tim-servis», Kyiv, 2015.
- *Shevchenko Ye., Leonov V.O., Petrov E.G.* Electroluminescence of single molecule between microscopic electrodes. Book of Abstracts of International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials”, Lviv, Ukraine, August 26-29, 2015, p. 345, «Evrosvit», Lviv, 2015.

A kinetic model is developed to describe the of a few-phase ligand-receptor structure in the condensed medium. The rate constant for transitions between the energy levels of system has been found with regard for the dynamic, fluctuation and entropic system's parameters, and a ligand concentration and environment temperature as well. In the case of irreversible dynamics of level populations, the concentration dependences of their peak amplitudes are shown to acquire anomalous character. In particular, the log odds of the output state with respect to the cooperativity of the transient process is fractional and is limited from below by the quantity $2/e$. Moreover, the approach of the log odds to this value is critical and leads to the break in the stability of the irreversible system. For low temperature, this effect occurs within a rather narrow range of rates of kinetic stages. The temperature increase diminishes the effect and thus increases the degree of control of the transient process. (V.I. Teslenko, O.L. Kapitanchuk)

- *Teslenko V.I., Kapitanchuk O.L.* Fractional cooperativity of a few-state system in the environment. Ukr. J. Phys., 2015, V. 60, No. 11, 1163-1176.
- *Teslenko V.I., Kapitanchuk O.L., Zhao Y.* Controlling cooperativity of a metastable open system coupled weakly to a noisy environment. Chin. Phys. B, 2015, V. 24, 028702.

Laser-pulse induced transient currents through a molecular junction are studied in the framework of a density matrix theory. By focusing on the sequential transport regime the effects of collective plasmon excitations of the leads are investigated. A remarkable current enhancement of transient as well as time-averaged dc currents is found due to simultaneous plasmon excitations in the leads. The effects of intramolecular vibrational energy redistribution and its important role on both transient and the averaged dc-currents are also considered. A vibrational progression becomes visible if the dc caused by a huge sequence of laser pulses is drawn versus the applied voltage. This can be considered as a dynamically determined IV-characteristic. (Y. Zelinsky)

- *Zelinsky Y., May V.* Laser Pulse Induced Transient Currents in a Molecular junction: Effects of plasmon excitations of the leads. *J. Chem. Phys.*, 2015, V. 142, 224701.

The orderings of classical one-dimensional structures of charges have been investigated in equilibrium states of Coulomb clusters with a confining potential originated from the uniform cylindrical background. Regions of parameters compatible with ideal structures or quite ideal ones on a finite length scale have been defined. Specificity of the physical mechanism that results in the high ordering of structures is discussed. Characteristics of ideal structures have been obtained and the algorithm for estimations of orderings in one-dimensional structures in a general case has been given. (S.Ya. Goroshchenko)

- *Goroshchenko S.Ya.* Classical 1D structures of charges in Coulomb cluster systems. Book of Abstracts of International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials”, Lviv, Ukraine, August 26-29, 2015, p. 465, «Evrosvit», Lviv, 2015.

A coupling between chiralities in spin and physical spaces has been found. The mechanism of the coupling is elucidated by using the Möbius ring as a case study. Due to the topology of the Möbius ring its ground state is a vortex state. (V.P. Kravchuk, Yu.B. Gaididei)

- *Pylypovskyi O.V., Kravchuk V.P., Sheka D.D., Makarov D., Schmidt O.G., and Gaididei Yu.* Coupling of chiralities in spin and physical spaces: The Möbius ring as a case study. *Phys. Rev. Lett.*, 2015, V. 114, 197204.

The one-electron spectrum, eigenstates and Green functions of bounded graphene nanoribbons that describe electron dynamics have been found. On this basis, we obtained the analytic expressions for transmission coefficients for different carbon nanostructures. The obtained results have numerous applications to the construction of multi-terminal graphene-based electronic devices. (L.I. Malysheva)

- *Malysheva L.* Electron transmission through step-like potential in armchair and zigzag graphene nanoribbons: Comparison of different interfaces. *Physica status solidi (b)*, 2015, V. 252, No. 10, 1981-1987.

The theory is developed for sound waves emitted by Au, Ag and Cu nanoparticles embedded in the plexiglass matrix under ultrashort laser pulses irradiation. Analytical expressions are obtained for the amplitude and power of the longitudinal spherical acoustic oscillations as functions of density and elastic properties of the medium, the laser pulse duration,

electron temperature, particle radii, and electron-phonon coupling constant. The factors affecting the dynamics of the power damping of these waves are studied in detail. (N.I. Grigorchuk)

- *Grigorchuk N.I.* Acoustical wave emission from embedded noble nanoparticles induced by ultrashort laser pulses. *Eur. Phys. J. B*, 2015, V. 88, No. 29, 1-9.

We present a broad palette of discussions of the concepts of a molecule and a chemical bond that always lay down behind all computational modeling in quantum chemistry and of the endohedral fullerene $\text{He}_2@C_{60}$ in particular. For this purpose, we offer the definition of quantum chemistry as composed of three ingredients. Each of them is illustrated by its particular concept, either that of a molecule or a bond. The third, computational ingredient is tackled to resolve the bonding manifold of $\text{He}_2@C_{60}$. (E.S. Kryachko)

- *Nikolaienko T.Yu., Kryachko E.S.* Formation of dimers of light noble atoms under encapsulation within fullerene's voids. *Nanoscale Res. Lett.* 2015, V. 10, No. 1, 185-1 – 185-9.
- *Nikolaienko T.Yu., Kryachko E.S.* $\text{He}_2@C_{60}$: Thoughts of the concept of a molecule and of the concept of bond in quantum chemistry. *Int. J. Quantum Chem.* 2015, V. 115, No. 14, 859-867.

The thermoelectric properties of molecular nanostructures have been investigated. The mechanism of transport in these structures associated with electron tunneling has been explained. The Seebeck coefficient for such structures is found to be in good agreement with experiment. It is shown that thermoelectric effects in these nanostructures can be enhanced by changing some parameters. (V. Ermakov, S.P. Kruchinin)

- *Ermakov V., Kruchinin S., Pruschke T., Freericks J.* Thermoelectricity in tunneling nanostructures. *Phys. Rev B*, 2015, V. 92, 115531.

SOFT MATTER PHYSICS

A nonlinear model of a scalar field coupled to its gradient has been proposed. The model is shown to be suitable for the description of phase transitions accompanied by the formation of spatially inhomogeneous distributions of the scalar field in the ground state. Some solutions of the proposed model have been obtained; these can be related, e.g., to the cosmological scenario or the spinodal decomposition. The proposed model is analogical to the mechanical nonlinear oscillator with coordinate-dependent mass or velocity-dependent elastic modulus. This analogy is employed to reveal the existence of limit cycles and destruction of new

phase bubbles. (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny, Corr. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- *Lev B.I., Rozhkov S.S., Zagorodny A.G.* Model of coupling order parameter with its gradient. *Euro Phys. Lett.* 2015, V. 111, 26003.

The energy interaction between colloidal particles with arbitrary shapes and sizes in nematic liquid crystal with different elastic Frank constants has been obtained. The difference between elastic constants can lead to both quantitative and qualitative changes of interparticle potential. The probability of the linear chain formation by colloidal particles of in nematic liquid crystal with buckling constant has been theoretically predicted. (O.M. Tovkach, Corr. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- *Chernyshuk S.B., Tovkach O.M., Lev B.I.* Colloidal interactions in a homeotropic nematic cell with different elastic constants. *Phys. Rev. E.*, 2015, V. 92, 042505.

A theory of triplet excitation transfer in the donor-oxygen-acceptor systems is developed for the conditions when the transfer is mediated by an oxygen molecule. It is shown that the oxygen molecule can be involved in both real and virtual intramolecular singlet-triplet conversions in the course of the process under consideration. Expressions describing a superexchange donor-acceptor coupling owing to a participation of the bridging twofold degenerate oxygen's virtual singlet state are derived and the transfer kinetics including the sequential (hopping) and coherent (distant) routes are analyzed. Applicability of the theoretical description to the pigment-protein cytochrome complex, by considering the triplet excitation transfer from the chlorophyll molecule to distant carotene, is explained using the above theoretical model. (Corr. Member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov)

- *Petrov E.G., Robert B., Lin S.H., Valkunas L.* Theory of triplet excitation transfer in the donor-oxygen-acceptor system: application to cytochrome b6/f complex. *Biophysical J.*, 2015, V. 109, 1735-1745.

The mechanism of DNA deactivation under the irradiation of biological organisms by high energy ion beams has been introduced. Within the framework of this mechanism it is considered the formation of stable complexes of molecular products of water radiolysis (hydrogen peroxide) with the active centers of recognition of DNA double helix (PO_4 groups). The calculations of the complex energy show that DNA phosphate groups and counterions can form stable complexes with

hydrogen peroxide molecules, which are as stable as the complexes with water molecules. The interaction of H_2O_2 molecule with phosphate group of the double helix backbone can disrupt DNA biological function and induce the deactivation of the cell genetic apparatus. (D.V. Piatnytskyi, O.O. Zdorevskyi, S.M. Perepelytsya, S.N. Volkov)

- *Piatnytskyi D.V., Zdorevskkyi O.O., Perepelytsya S.M., Volkov S.N.* Understanding the mechanism of DNA deactivation in ion therapy of cancer cells: hydrogen peroxide action. *Eur. Phys. J. D.*, 2015, V. 69, 255.

For wide class of neuronal models it is proven mathematically rigorous that activity of excitatory neuron with delayed feedback stimulated with Poisson stream is non-Markovian one. (O.K. Vidybida)

- *Vidybida A.K.* Activity of Excitatory Neuron with delayed feedback stimulated with Poisson stream is non-Markov. *Journal of Statistical Physics*, 2015, V. 160, 1506.

The method of stabilization of the fluctuations of an optical free-space channel by means of beam expansion was proposed and experimentally studied. It was shown that if the fluctuations in the channel are concerned with the atmospheric effects which result in the beam wandering around the aperture, then the beam expansion allows one to stabilize the transmittance fluctuations at the same time reducing the mean transmittance. The realization of quantum communication through a stabilized channel was modelled theoretically and it was shown that for the given channel and other parameters there exists an optimal regime of fluctuation stabilization which enables the maximally effective communication. (V. Usenko)

- *Usenko V., Grosshans F.* Unidimensional continuous-variable quantum key distribution. *Phys. Rev. A*, (accepted); e-print arXiv:1504.07093.

The metabolic process of glycolysis arising as a product of the biochemical evolution in protobionts has been studied by means of the mathematical model. Conditions of self-organization of the given process have been searching into the dissipative structure theory. The phase-parametric diagrams of a cascade of bifurcations which characterize the transition to chaotic modes according to the Feigenbaum scenario and the intermittence have been constructed. The strange attractors formed as a result of the funnel effect have been found. The complete spectra of Lyapunov indices and divergences for the obtained modes are calculated.

The values of KS-entropy, predictability horizons, and Lyapunov dimensions of strange attractors have been determined. (V.I. Grytsay)

- *Grytsay V.I.* Self-organization and fractality in the metabolic process of glycolysis, *Ukr. J. Phys.*, 2015, V. 60, № 12, 1253-1265.

A mechanism of regulation of enzymatic activity has been proposed. It is alternative to allostery since it does not require the interaction between spatially separated binding sites and is of purely kinetic nature. As distinct from the classical allostery schemes in which the regulation amplitude is restricted by the degree of oligomery of the enzyme, the kinetic mechanism provides much more enhanced control possibilities by means of simply changing the relation between the times of the turnover of the enzyme and its structural relaxation. The existence of such apparent «allostery» and its physiological importance have been recently proved experimentally, see *PNAS USA*, 112, 11430 and 11553, Sept 15, 2015. (L.N. Christophorov)

- *Christophorov L.N.* Proteins as nanomachines: Hysteretic enzymes revisited. *Springer Proceedings in Physics*, 2015, V. 156, 223-232.

ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Last year we have detected an X-ray emission line at energy around 3.5 keV in the spectrum of Andromeda galaxy and in the spectra of nearby galaxy clusters. Interpretation of this line as a signal from dark-matter decay places lower and upper bounds on its possible intensity from the region of Galactic Center. This year we have detected such an emission line at energy 3.539 ± 0.011 keV in the deep-exposure observation of the Galactic Center by the XMM-Newton X-ray observatory. The result obtained is consistent with the above constraints for a class of Milky Way mass models, and corresponds to radiative decay of dark matter with lifetime $(6-8) \times 10^{27}$ sec. Although it is hard to exclude an astrophysical origin of this line based on the observations of Galactic Center alone, this result is an important consistency check of the dark-matter decay hypothesis that encourages to check it with future observational data. (D.A. Iakubovskiy)

- *Boyarsky A., Franse J., Iakubovskiy D., Ruchayskiy O.* Checking the dark matter origin of a 3.53 keV line with the Milky Way center. *Phys. Rev. Lett.*, 2015, V. 115, 161301.

PHYSICS OF PLASMA PROCESSES

We apply the reductive perturbation method to the simple electrostatic ion-temperature-gradient mode in an advanced fluid description. The fluid resonance turns out to play a major role for the excitation of zonal flows. This is the mechanism recently found to lead to the low-to-high (L-H) mode transition and to the nonlinear Dimits upshift in transport code simulations. It is important that we have taken the nonlinear temperature dynamics from the Reynolds stress as the convected diamagnetic flow. This has turned out to be the most relevant effect as found in transport simulations of the L-H transition, internal transport barriers and Dimits shift. This is the first time that an analytical method is applied to a system which numerically has been found to give the right experimental dynamics. (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny)

- *Wang Guan-Qiong, Ma Jun, Weiland J., Zagorodny A.* Excitation of zonal flows by ion-temperature-gradient modes excited by the fluid resonance. Chinese Phys. Lett., 2015, V. 32 (11), 115201.

The approach we proposed earlier for description of particle diffusion in two-dimensional random velocity field has been compared with the decorrelation trajectory method. A frozen turbulence as the most difficult test for the statistical theories has been considered. Different statistical closures of equations for averaged quantities were compared, and validity of subensemble concept was analyzed analytically and numerically to formulate the approach that combines advantages of both methods. (O.M. Cherniak)

- *Cherniak O.M.* Particle's diffusion in a two-dimensional random velocity field. Ukr. J. Phys., 2015, V. 60, No. 12, 1197-1211.

MATHEMATICAL MODELING

In exchange model, we found necessary and sufficient conditions for markets cleaning under given ownership and patterns of consumer demand structure. The theorem is proven describing the structure of ownership vectors in which for a given demand structure the complete cleaning of markets takes place. The equilibrium price vector is specified that provides such a cleaning. The theorem is proven, giving conditions of degeneracy multiplicity for equilibrium price vector. The concept of equivalent distribution of property is introduced, necessary and sufficient conditions are found for the existence of equilibrium price vector, and the structure of

aggregate supply is described. A number of theorems is proven determining the aggregate vector of customer satisfaction levels. An adapted aggregated description of the economic system is proposed on the basis of input-output balance and is applied to the analysis of Great Britain, Germany, Russia and Greece economies. (N.S. Gonchar, W.H. Kozyrski, A.S. Zhokhin)

- *Gonchar N.S., Zhokhin A.S., Kozyrski W.H.* On mechanism of recession phenomenon. *Journal of Automation and Information Science*, 2015. V. 47, 1-17.
- *Gonchar N.S., Zhokhin A.S., Kozyrski W.H.* General equilibrium and recession phenomenon. *American Journal of Economics, Finance and Management*, 2015, V. 1, 559-573.

COMPUTER SOFTWARE RESEARCH

The highly reliable cloud infrastructure under control OpenStack system has been built on the base of computing cluster of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine. BITP cloud infrastructure is the first Ukrainian cloud resource which has been integrated in the EGI Federal Cloud. The integration of BITP cloud infrastructure to CERN cloud infrastructure has been done to perform of data processing of ALICE experiment. (S.Ya. Svistunov)

- *Shadura O., Zarochentsev A., Yurchenko V., Kompaniets M., Svirin P.* XRootD in cloud environment. *Proceedings of the 21st International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics*. 2015, Okinawa, Japan, 13-17.

SCIENTIFIC AND EDUCATION CENTER

In 2015 the course of 9 popular science lectures on recent achievements in fundamental physics has been organized and given for pupils of leading physical and mathematical high schools in Kiev. The regular elective courses on physics and mathematics have been provided for students of Kiev high schools. The Center also furnished a financial assistance to students of physical and mathematical high schools in holding 2 Olympiads on Experimental Physics.

The high-qualified researchers from BITP and other institutions in the framework of the Center activity hold three cycles of elective seminars on theoretical physics and higher mathematics for first-year, second-year and third-year students of Physical Faculty of Taras Shevchenko National University of Kyiv wherein about 50 students were attending each seminar.

The regular seminars on mathematical physics for four-year and five-year students have been conducted by Dr. M.Z. Iorgov.

The International school «Nonequilibrium phenomena in physics of ultracold gases» for students and young researchers has been hold in collaboration with the Institute of Theoretical Physics of the Humburg University (September, 8-20, 2015, Kyiv).

In the framework of JINR-Ukraine Program students of physical faculty of Taras Shevchenko National University of Kyiv had a good chance to take part in:

- School-seminar on Mathematical Physics «Algebraic Bethe anzats», 23-28 March, 2015, BITP, Kyiv;
- School-seminar on Mathematical Physics «Introduction to the theory of fermionic string», 29 May–3 June, 2015, BITP, Kyiv;
- School-seminar on Condensed Matter Physics «Advanced many-body quantum mechanics. I», 4–10 October, 2015, BITP, Kyiv;
- Workshop on Condensed Matter Physics «Advanced many-body quantum mechanics. II», 19–22 October, 2015, BITP, Kyiv.

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Books: 7

- *Loktev V.M., Pogorelov Yu.G.* Impurities and dopants in high-Tc superconductors. Kyiv. Akadempriodyka. 2015. 223 p.
- *Vakhnenko V.O., Vakhnenko O.O.* Wave dynamics of structured environment. Kyiv. Naukova Dumka. 2015. 228 p.
- *Lev B.I.* Structures formation in liquid crystal colloids. Kyiv. BITP. 2015. 198 p.
- *Zagorodny A.G., Momot A.I.* Introduction to plasma kinetic theory. Kyiv, Naukova Dumka. 2015. 458 p.
- Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine. 1966—2016 // NAS of Ukraine, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics; *Editorial Board: Zagorodny A.G. (editor in chief) et al.* Kyiv, Akadempriodyka. 2015. 403 p.
- *Vavilova I. B., Bolotin Yu. L., Boyarsky A. M., Danevich F. A., Kobychiev V. V., Tretyak V. I., Babyk Iu. V., Iakubovskiy D. A., Hnatyk B. I., Sergeev S. G.* Dark energy and dark matter in the Universe: in three volumes, Editor V. Shulga. – Vol. 3. Dark matter: Observational manifestation and experimental searches. Kyiv, Akadempriodyka. 2015. 375 p.

- *Polishchuk A.P., Bordiug G.B., Kruchinin S.P., Slipukhina I.A.* Introduction to quantum physics and atomic physics. Tutorial. National Aviation University. 2015. 240 p.

Papers in Journals: 210

Ukrainian Journals – 44,
Foreign Journals – 166.

PRIZES AND AWARDS

Gold Medal V. Vernadsky

Academician of NAS of Ukraine V.M. Loktev

CONFERENCES

- Seminar “Problems of Theoretical Physics” dedicated to the memory of O.G. Sytenko. Kyiv, February 12, 2015.
- Workshop «Modern problems of DNA physics». April 27-28, 2015.
- School on Anomalous Transport, Superconductivity and Magnetism in Nanosystems. BITP-ICTP. Kyiv, Jun 15-20, 2015.
- Memorial seminar «Quantum field theory and cosmology» dedicated to Petro I. Fomin 85th birthday. Kyiv, Jun 25, 2015.
- 1st Julius Wess International School on Noncommutative Geometry in Astroparticle Physics and Quantum Optics. July 20, 2015 - August 2, 2015, AUI, Vienna, Austria
- 1st Wolfgang Kummer International School on Astroparticle Physics, Quantum Gravity and Quantum Information. August 3-16, 2015, AUI, Vienna, Austria.
- NATO Advanced Research Workshop: Nanomaterials for Security. August 31 - September 6, 2015, Odessa, Ukraine.
- 9th International Conference Boyai-Gauss-Lobachevsky: Non-Euclidean Geometry in Modern Physics. Minsk, Belarus, October 27-30, 2015
- Young scientists forum on applied physics. Dnipropetrovsk, September 29 – October 2, 2015.
- Davydov Readings. Kyiv, December 28, 2015.

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

Зам. №1 формат 60x84/16. Обл.-вид. арк. 3
Підписано до друку 20.01.2016. Наклад 100 прим.

Поліграфічна дільниця ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України
03680, Київ, вул. Метрологічна, 14 - б.