

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

**НАЙВАЖЛИВІШІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ
ІНСТИТУТУ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ
ІМ. М.М. БОГОЛЮБОВА НАН УКРАЇНИ
У 2016 РОЦІ**

**BRIEF REVIEW
OF TOPMOST SCIENTIFIC RESULTS
OBTAINED IN 2016 AT THE
BOGOLYUBOV INSTITUTE
FOR THEORETICAL PHYSICS**

Київ 2017

ЗМІСТ

Фундаментальні взаємодії та мікроскопічна будова речовини	3
Фізика твердого тіла.....	7
Нанофізика і нанотехнології.....	9
Фізика м'якої речовини.....	11
Астрофізика та космологія.....	14
Фізика плазмових процесів.....	15
Математичне моделювання.....	15
Комп'ютерне забезпечення наукових досліджень.....	16
Науково-освітній центр.....	17
Наукові публікації.....	17
Премії і нагороди.....	18
Конференції.....	18

CONTENTS

Fundamental interactions and microscopic structure of matter.....	19
Solid state physics.....	23
Nanophysics and nanotechnologies.....	25
Soft matter physics.....	27
Astrophysics and cosmology.....	29
Physics of plasma processes.....	30
Mathematical modeling.....	31
Computer software research.....	32
Scientific and education center.....	32
Scientific publications.....	33
Prizes and awards.....	33
Conferences.....	34

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЗАЄМОДІЇ ТА МІКРОСКОПІЧНА БУДОВА РЕЧОВИНИ

Запропоновано формулювання граткової $SU(2)$ глюодинаміки в термінах геометричних кластерів двох типів, побудованих з петель Полякова, та одержано термодинамічно еквівалентний її опис в околі фазового переходу деконфайнменту. Вперше вивчено температурну залежність коефіцієнту поверхневого натягу фізичних кластерів безпосередньо з граткової КХД і продемонстровано, що ця величина може використовуватися в якості нового параметру порядку відповідного фазового переходу. (К.О. Бугаєв, О.І. Іваницький, В.В. Сагун, Д.Р. Олійниченко, чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- *Ivanytsky A.I., Bugaev K.A., Nikonov E.G., Ilgenfritz E.-M., Oliinychenko D.R., Sagun V.V., Mishustin I.N., Petrov V.K., Zinovjev G.M.* Physical properties of Polyakov loop geometrical clusters in $SU(2)$ gluodynamics. arXiv:1606.04710 [hep-lat] (2016).

Побудовано розширену модель адронного резонансного газу, яка включає відштовхувальні та притягувальні ван дер Вальсові взаємодії між баріонами. Ця модель описує фазовий перехід 1-го роду рідина-газ в ядерній матерії при низьких температурах та великих баріонних густинах. Поведінка флуктуацій та кореляцій баріонного числа, електричного заряду та дивності при високих температурах $T=(140-190)$ MeV в так званій області кросовера виявляється дуже близькою до результатів, отриманих у квантовій хромодинаміці на гратці. (М.І. Горенштейн)

- *Vovchenko V., Gorenstein M.I., Stoecker H.* Van der Waals interactions in hadron resonance gas: From nuclear matter to lattice QCD. arXiv:1609.03975 [hep-ph] (2016).

На основі моделей з чотирикварковою взаємодією (моделі Намбу-Іона-Лазінію та моделі Келдиша), які відрізняються поведінкою кореляційних довжин та допускають аналітичний розгляд за наявності кваркових конденсатів, показано можливість фазового переходу, обумовленого взаємодією з ферміонними конденсатами, а самі конденсати є суттєво нечутливі до деталей взаємодії в інтервалі констант зв'язку, характерних для реальних систем. (чл.-кор. НАН України Г.М. Зінов'єв)

- *Molodtsov S., Zinovjev G.* Condensated fermion systems in context of searching quark-gluon plasma. (submitted to ZhETP).

В рамках розробленої інтегрованої гідрокінетичної моделі досліджено залежність від поперечного імпульсу парних кореляцій з участю дивних мезонів та баріонів, що народжуються в зіткненнях ядер на Великому адронному колайдері (ЛHC) та Релятивістському колайдері важких іонів (RHIC). Знайдені кореляційні функції різних типів пар частинок (каон-каон, лямбда-протон, каскад-протон) дали змогу відновити фемтоскопічну просторово-часову картину емісії цих дивних пар. Відкрито явище p_T -скейлінгу для імпульсної поведінки кореляційних каонних та піонних фемто-радіусів і підтверджено експериментально на RHIC та LHC. (Ю.М. Синюков, В.М. Шаповал)

- *Sinyukov Yu.M., Shapoval V.M.* Production and correlations of strange mesons and baryons at RHIC and LHC in hydrokinetic model. Acta Phys. Pol. B, 2016, V. 47, No. 7, 1883.

Досліджено вплив границь на хіральні ефекти в гарячій щільній релятивістській спінорній матерії в сильному магнітному полі, ортогональному до границі. Показано, що хіральний магнітний ефект зникає, а ефект хірального розділення стає залежним не лише від хімічного потенціалу, а й від температури і граничної умови. Це вказує на важливу роль границь для фізичних систем із гарячою щільною замагнетизованою спінорною матерією астрофізичних об'єктів (нейтронні зірки та магнетари), новітніх матеріалів, відомих як діраківські та вейлівські напівметали. (Ю.О. Ситенко)

- *Sitenko Yu.A.* Hot dense magnetized ultrarelativistic spinor matter in a slab. Phys. Rev. D, 2016. V. 94, No. 8, 0850142.

Розроблено новий підхід до опису позаенергетичної кулонівської амплітуди розсіяння, що ґрунтується на застосуванні методу Фока стереографічного проектування імпульсного простору на чотиривимірну одиничну сферу. Одержано нові аналітичні вирази для парціальних хвильових позаенергетичних кулонівських матриць переходу для частинок з відштовхувальною взаємодією при енергії основного зв'язаного стану комплексу. (В.Ф.Харченко)

- *Kharchenko V.F.* Analytical expressions for partial wave two-body Coulomb transition matrices at ground-state energy. Annals Phys. (N.Y.), 2016, V. 374, 16-26.

На основі мезонної теорії Юкави розглянуто порушення зарядової незалежності константи піон-нуклонного зв'язку та довжини нуклон-нуклонного розсіяння. Показано, що це порушення

практично повністю пояснюється відмінністю мас заряджених і нейтральних пі-мезонів, а зарядове розщеплення піон-нуклонної константи зв'язку складає ту саму величину, що й зарядове розщеплення маси пі-мезона. (В.О. Бабенко, М.М. Петров)

- *Бабенко В.А., Петров Н.М.* Изучение зарядовой зависимости пион-нуклонной константы связи с использованием данных о нуклон-нуклонном взаимодействии при низких энергиях. Ядерная физика, 2016, Т. 79, № 1, 8-12.

Досліджено структурні функції дзеркальних ядер ^{14}C і ^{14}O в моделі «три альфа-частинки плюс два додаткові нуклони». Знайдено розподіли зарядової густини і формфактори, парні кореляційні функції та імпульсні розподіли частинок в цих ядрах. В основному стані ядер ^{14}C і ^{14}O виявлено наявність двох просторових конфігурацій. Передбачено невідомий з експерименту середньоквадратичний зарядовий радіус ядра ^{14}O . (Б.Є. Гринюк, Д.В. П'ятницький)

- *Grinyuk B.E., Piatnytskyi D.V.* Structure of ^{14}C and ^{14}O nuclei calculated in the variational approach. УФЖ, 2016, Т. 61, № 8, 674-680.
- *Grinyuk B.E., Piatnytskyi D.V.* Structure of ^{14}C and ^{14}O nuclei within a Five-Cluster Model. arXiv:1611.07949v1 [nucl-th].

Проведено теоретичний аналіз зв'язаних та резонансних станів ядра ^{10}Be у рамках трикластерної мікроскопічної моделі. Досліджено процеси пружного та непружного розсіяння альфа-частинок на ядрі ^6He та динейтрона на ядрі ^8Be . Було встановлено, що ядра ^6He та ^8Be суттєво змінюють свої розміри та форми в процесі їхньої взаємодії із альфа-частинками та динейтроном, відповідно. Було також показано, що кластерна поляризація суттєво збільшує взаємне притягання кластерів в компаунд системі і приводить до більшої енергії зв'язаних станів та до зменшення енергії і ширини резонансних станів трикластерної системи. У рамках даної моделі отримано добру узгодженість теоретичних результатів та експериментальних даних для станів дискретного та неперервного спектрів ядра ^{10}Be . (Ю.А. Лашко, Г.Ф. Філіппов, В.С. Василевський)

- *Lashko Yu.A., Filippov G.F., Vasilevsky V.S.* Microscopic three-cluster model of ^{10}Be . Nucl. Phys. A, 2017, V. 958, 78-100 (accepted).

Отримано функцію імпульсного розподілу, а також повне число частинок, критичну температуру, фракцію конденсату та питому

теплоємність ідеального D -вимірного Бозе-газу в зовнішньому потенціалі $U(r)=Ar^n+Br^{-m}$ ($A,B>0$). Розглянуто режими як високих, так і низьких температур. Знайдено умови Бозе-конденсації у термінах n , m та D . (О.М. Гаврилик, І.І. Качурик, Ю.А. Міщенко)

Описано клас одноточкових взаємодій, що реалізуються в границі нескінченно малих товщин дво- і тришарових планарних гетероструктур та відстані між ними. Встановлено, що в залежності від способу реалізації цієї границі при тунелюванні електронів має місце явище фуркації одиночних резонансів у багаторезонансній множині. (О.В. Золотарюк)

- *Zolotaryuk O.V.* Furcation of resonance sets for one-point interactions. arXiv:1610.07288v1 [quant-ph] (submitted to J. Phys. A.).

Досліджено одновимірні хаотичні блукання в середовищі, сформованому з довільного числа зон скінченної ширини, у яких ймовірність переходу між сусідніми точками та відповідний коефіцієнт дифузії набувають фіксованих, але різних значень. Аналітично обчислено ймовірність знаходження частинки у точках координатної осі в довільний момент часу. Знайдено функцію розподілу ймовірності, що відрізняється від гаусової завдяки ефекту адсорбції у зонах, а також частковому відбиванню на границях між ними. Обчислено часову залежність середньоквадратичного відхилення частинки, яка демонструє аномальну поведінку. Аналітичні розрахунки узгоджуються з результатами моделювання на основі “перших принципів”. (А.В. Назаренко)

- *Nazarenko A.V., Blavatska V.* One-dimensional random walk in multi-zone environment. arXiv: 1610.08046 (submitted to J. Phys. A).

Узагальнено метод ієрархічного анзацу Бете на випадок Z_p -градуєваних некососиметричних r -матриць, алгебр Лі $gl(n)$ та довільної ієрархії вкладених підалгебр. За допомоги цього методу знайдено спектр гамільтоніанів інтегровних узагальнень моделей Годена, Джейнса-Каммігса-Діке та димерів Бозе-Хаббарда, асоційованих із Z_2 -градуєваними r -матрицями. (Т.Скрипник)

- *Skrypnyk T.* Twisted rational r -matrices and algebraic Bethe ansatz: generalized Gaudin, Jaynes-Cummings-Dicke and Bose-Hubbard-type, Theor. Math. Phys., 2016, V. 189, 1509-1527.
- *Skrypnyk T.* “Generalized” algebraic Bethe ansatz, Gaudin-type models and Z_p -graded classical r -matrices. Nuclear Physics B, 2016, V. 913, 327-356.

Виведено представлення ізомонодромних τ -функцій фуксових систем з n регулярними особливостями на сфері Рімана та загальною монодромією з $GL(N)$ у вигляді детермінанту Фредгольма. Відповідний інтегральний оператор задано в термінах елементарних розв'язків для фуксових систем з трьома особливими точками. У випадку двовимірних матриць монодромій ($N=2$) для детермінанту Фредгольма дано явний розклад у вигляді комбінаторних формул для τ -функцій системи Гарньє. Цим формулам дано пояснення в термінах багатокомпонентних вільних ферміонів в теоріях з полями твісту. (П. Гавриленко, О. Лісовий)

- *Gavrylenko P., Lisovyy O.* Fredholm determinant and Nekrasov sum representations of isomonodromic tau functions, arXiv: 1608.00958 [math-ph].

ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА

На основі моделі двовимірних масивних ферміонів Дірака, які проявляють аномальний ефект Холла, показано, що амплітуда осциляцій Шубнікова – де Гааза в аномальній провідності Холла пропорційна до амплітуди осциляцій діагональної провідності. Було вказано на те, що можна спостерігати осциляції аномальної провідності Холла в графенових супергратках, а також спіновий ефект Холла в нових діраківських матеріалах. (С.Г. Шарапов)

- *Tsaran V.Yu. and Sharapov S.G.* Magnetic oscillations of the anomalous Hall conductivity. Phys. Rev. B, 2016, V. 93, 075430 .

Показано, що кривина та кручення феромагнітного нанодроту істотно впливають на індукований спін-поляризованим струмом рух доменної стінки у ньому. Розглянуто найпростіший випадок постійної кривини та кручення, що відповідає нанодроту у формі тривимірної спіралі. Показано, що кривина призводить до появи Уокерівського ліміту, тобто до появи деякого критичного значення густини спін-поляризованого струму j_c , при якому відбувається розділення двох режимів руху: поступального руху при $j < j_c$ та осциляційного руху для $j > j_c$. При цьому в точці $j = j_c$ відбувається біфуркація типу сідло-вузол, а кручення нанодроту, у свою чергу, призводить до зсуву матеріального параметру неадіабатичності спінового крутильного моменту. Величина зсуву є пропорційною до добутку хіральності спіралі на топологічний заряд доменної стінки і може бути від'ємною. Запропоновано практичний метод

експериментального вимірювання параметру неадіабатичності та коефіцієнта тертя. (Ю.Б. Гайдідей, В.П. Кравчук, К.В. Єршов)

- *Yershov K.V., Kravchuk V.P., Sheka D.D., Gaididei Yu.* Curvature and torsion effects in spin-current driven domain wall motion, *Phys. Rev. B*, 2016, V. 93, 094418.

У рамках фундаментального рівняння Дірака аналітично знайдено спектр електронів у квазідвовимірному просторі (так звані квазі-2D електрони), що реалізується, наприклад, в шаруватих гетероструктурах, інтерфейсах, на поверхнях. Показано, що наявність декількох спінових інваріантів точного розв'язку уможливорює існування багатьох спінових станів квазі-2D електронів з різною спіноюю поляризацією та різним впливом спін-орбітальної взаємодії на енергетичний спектр. Для електронів, захоплених асиметричною квантовою ямою, знайдено загальний розв'язок, що містить вільні параметри, конкретне значення яких відповідає тому чи іншому інваріанту. У загальному випадку спінове квантове число задає певне значення лінійної комбінації усіх інваріантів. Ці результати дають змогу визначити, за яких умов реалізується той чи інший спіновий стан, що відкриває нові можливості керування спіновим ступенем вільності носіїв заряду для спінтроники. (О.О. Єремко, В.М. Локтев, Л.С. Брижик)

- *Eremko A., Brizhik L., Loktev V.* General solution of the Dirac equation for quasi-two-dimensional electrons. *Annals of Physics*, 2016, V. 369, 85-101.

Аналітично досліджено спектральну задачу обмеженого фрагменту графену та скінченного ланцюжка полієну. Проаналізовано розв'язки трансцендентного характеристичного рівняння та запропоновано їхні надійні апроксимації. Використання одержаних результатів проілюстровано на прикладах аналізу фундаментальних характеристик графену та похідних структур типу нанострічок, а також полієнів різної довжини. (Л.І. Малишева)

- *Malysheva L.* Spectral problem for bounded graphene fragments and finite polyene chains: An analytic analysis. *Phys. Stat. Solidi b* (submitted)

Запропоновано наближений метод розв'язку рівнянь Гінзбурга-Ландау для багатозонних надпровідників і показано, що функціонал вільної енергії багатозонного надпровідника може бути зведений до функціоналу Гінзбурга-Ландау ефективного однозонного надпровідника. (К.В. Григоришин)

- *Grigorishin K.V.* Effective Ginzburg-Landau free energy functional for multi-band isotropic superconductors. *Phys. Lett. A*, 2016, V. 380, 1781-1787.

Показано, що варіативність керівних параметрів призводить до сутєвих якісних перебудов динаміки інтегрованої нелінійної Шрьодінгерівської системи на трикутній драбинчастій ґратці. Так, параметри повздовжнього зв'язку, регульовні головним чином граничними значеннями допоміжних полів, відповідають за біфуркацію початкової інтегрованої системи до нелінійної системи Абловіца-Ладіка. Як наслідок, в критичній точці число незалежних польових змінних зменшується на половину, а Пуасонівська структура системи стає виродженою. З іншого боку, параметри поперечного зв'язку, регульовні в основному вибором їхньої апріорі довільної залежності від часу, здатні інкорпорувати дію зовнішнього лінійного потенціалу. Внаслідок цього початкова інтегрована система з належно підлаштованими часовими залежностями параметрів зв'язку стає ізоморфною до системи, що моделює Блохівські осциляції нелінійних носіїв заряду на трикутній драбинчастій ґратці під дією повздовжнього однорідного електричного поля. (О.О. Вахненко)

- *Vakhnenko O.O.* Coupling-governed metamorphoses of the integrable nonlinear Schrödinger system on a triangular-lattice ribbon. *Phys. Lett. A*, 2016, V. 380, No 24, 2069-2074.

НАНОФІЗИКА І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Досліджено електронні стани в полі зарядженої домішки в графені у зовнішньому магнітному полі. Показано, що заряджена домішка знімає виродження рівнів Ландау перетворюючи їх в зонно-подібні структури. Із зростанням заряду домішки відштовхування між підрівнями різних рівнів Ландау з однаковим значенням орбітального моменту призводить до перерозподілу ваги хвильових функцій цих підрівнів поблизу домішки. Досліджуючи ефекти поляризації показано, що заповнення рівнів Ландау та екранований заряд домішки можуть бути дуже ефективно контрольовані за допомогою напруги на затворі, що підтверджується нещодавніми експериментами. Заряд домішки сильно екранується якщо хімічний потенціал знаходиться в рівні Ландау. Якщо хімічний потенціал лежить між рівнями Ландау, екранування є мінімальним і заряджена

домішка сильно впливає на електронний спектр. (Е.В. Горбар, чл.-кор. НАН України В.П. Гусинін)

- *Sobol O.O., Pyatkovskiy P.K., Gorbar E.V., Gusynin V.P.* Screening of a charged impurity in graphene in a magnetic field. *Phys. Rev. B*, 2016, V. 94, 115409.

Показано, що в молекулярному діоді можна спостерігати уніполярну електрофлуоресценцію, відмінну від тієї, що обумовлена неідентичним штарківським зсувом рівнів молекулярних орбіталей, які беруть участь у електронному транспорті. Природа зазначеної електрофлуоресценції полягає у тому, що зв'язок хромофорної групи молекули з одним електродом набагато сильніший за її зв'язок з іншим електродом. Це призводить до строго асиметричної заселеності збудженого молекулярного стану при однаковій за величиною, але різної за знаком, різниці потенціалів. Знайдено критичні різниці потенціалів, які змінюють режим трансмісії електронів через молекулу, а також сформульовано умови, за яких уніполярність може бути виявлена. (Чл.-кор. НАН України Е.Г. Петров, В.О. Леонов, Є.В. Шевченко)

- *Petrov E.G., Leonov V.A., Shevchenko E.V.* Bipolar and unipolar electroluminescence in a molecular diode. *JETP Letters*, 2017, V. 105, No. 2 (accepted).

Запропоновано механізм розпаду плазмона через випромінювання фотонів при розсіюванні електронів на поверхні металевих частинок сфероїдальної форми у певному діелектричному середовищі. Він дає можливість оцінити ширину лінії поверхневого плазмона в металевій наночастинці безпосередньо через тензор оптичної провідності та встановити її залежність від радіуса наночастинки і показника заломлення середовища. (М.І. Григорчук)

- *Grigorchuk N.I.* Broadening of surface plasmon resonance line in spheroidal metallic nanoparticles. *J. Phys. Studies*, 2016, V. 20, No. 1/2, 1701(1-9).

Досліджено спіновий транспорт у вуглецевих нанотрубках з атомами хрому. Отримано точні вирази для функцій Гріна, термодинамічного потенціалу і тензору провідності з використанням методу діаграм. Показано, що явище спін-залежного транспорту електронів у вуглецевій нанотрубці є результатом сильних електронних кореляцій, обумовлених наявністю атомів хрому. Величина електричного струму спінової поляризації зростає разом з

концентрацією атомів хрому і величиною зовнішнього збільшення магнітного поля. (С.П. Кручинін)

- *Kruchinin S.P., Repetsky S.P., Vyshyvana I.G.* Spin-dependent transport of carbon nanotubes with chromium atoms. In: *Nanomaterials for Security* (eds. J. Bonca and S. Kruchinin), 2016, Springer, 67-95.

На основі методу функціоналу густини для ряду молекул-похідних тер-антрилен-атинилену у нейтральних та іонізованих формах розраховано спектри енергії, значення потенціалів іонізації, електронної спорідненості та енергій реорганізації. Знайдено осцилювальний характер міжмолекулярних інтегралів перескоку як для дірок, так і для електронів. Передбачено домінівне значення рухливості дірок над рухливістю електронів. (О.Л. Капітанчук)

- *Kapitanchuk O.L.* A quantum-chemical study of conformational and electronic properties of ter-anthrylene-ethynylene derivatives in neutral and ionized states. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2016, V. 639, 55-63.

ФІЗИКА М'ЯКОЇ РЕЧОВИНИ

Запропоновано загальну концепцію далекосяжної взаємодії в неперервному середовищі. Встановлено, що таку взаємодію можна розглядати як наслідок порушенням симетрії простору ізольованими топологічними дефектами і запропоновано використати їх в якості джерел поля. Показано, що такі джерела являють собою нелінійні об'єкти, які можна самоузгоджено описати в термінах цих полів і які в залежності від природи поля можуть концентрувати як заряд так і масу. (акад. НАН України А.Г. Загородній, чл.-кор. НАН України Б.І. Лев)

- *Lev B.I., Zagorodny A.G.* Nonlinear model of elastic field source. *Mod. Phys. Lett. A*, 2016, V. 31, 1650173.

Запропоновано модель еліптичного променя для розподілу ймовірності коефіцієнта проходження крізь атмосферу. Ця модель коректно описує втрати та затухання сигналу через атмосферні спотворення положення центру променя та деформації його форми, а також описує режими слабкої, перехідної від слабкої до середньої та сильної турбулентності, що відповідає найпоширенішим умовам проведення квантової комунікації в атмосфері. Вивчено вплив турбулентності на квантову нелокальність в сценарії, коли фотони

переплутаної пари посиляються крізь некорельовані атмосферні канали. (Д.Ю. Васильєв)

- *Gumberidze M.O., Semenov A.A., Vasylyev D., Vogel W.* Bell nonlocality in the turbulent atmosphere. *Phys. Rev. A*, 2016, V. 94, 053801.

Розроблено метод приготування багатогодового суб-пуасонівського світла шляхом контрольного фотодетектування багатомодового двопроменевого стиснутого вакууму і накладання умови на основний фотодетектор. Показано, що метод є ефективним за неідеальної ефективності фотодетекторів. Проведено числове моделювання і експериментальну перевірку методу для яскравого неklasичного світла. (В.К. Усенко)

- *Iskhakov T. Sh., Usenko V. C., Filip R., M. Chekhova V., Leuchs G.* Low-noise macroscopic twin beams. *Phys. Rev. A*, 2016, V. 93, 043849.

Доведено існування пружних гексадекаполів – «колоїдних атомів із заповненими g-орбітальми». Розкрито фізичні основи виникнення таких деформацій та їхньої взаємодії, істотно відмінної від відомих дипольної та квадрупольної взаємодій в нематичних колоїдах. (О.М. Товкач)

- *Senyuk B., Puls O., Tovkach O.M., Chernyshuk S.B., Smalyukh I.I.* Hexadecapolar colloids, *Nature Communications*, 2016, №7, 10659.

Запропоновано механізм руху бульбашок повітря в рідинному кристалі. За нормальних граничних умов навколо кожної бульбашки повітря в рідинному кристалі утворюється дефект, що порушує симетрію випаровування повітря в рідинний кристал через поверхню бульбашки. Це створює різницю тисків для самої бульбашки і спричинює її рух у рідинному кристалі. Отримані експериментальні дані підтверджують запропоновану модель. (чл.-кор. НАН України Б.І. Лев)

- *Kim S.-Jo, Lev B., Kim J.-H.* Asymmetric motion of bubble in nematic liquid crystal induced by symmetry-broken evaporation. *Europhysics Letters*, 2016, V. 115, 16002.

Силове поле молекули, яке зазвичай застосовують в комп'ютерних розрахунках структури та динаміки макромолекул в біологічних системах, було модифіковано та імплементовано в програмний пакет MBN Explorer. Запропоновано новий тип потенціальних функцій, що дає змогу дослідити процеси розривів

хімічних зв'язків, зміни валентних та двограних кутів в молекулах.
(С.Н. Волков)

- *Sushko G.B., Solov'yov I.A., Verkhovtsev A.V., Volkov S.N., Solov'yov A.V.* Studying chemical reactions in biological systems with MBN Explorer: implementation of molecular mechanics with dynamical topology. *Eur. Phys. J. D*, 2016, V. 70, 12.

Для інтегрувального нейрона із втратами з порогом 2, стимульованого потоком Пуасона, обчислено (без застосування дифузійного наближення) інтенсивність вихідного стохастичного процесу як функцію від фізичних параметрів нейрона та інтенсивності вхідного процесу. (О.К. Відибіда)

- *Vidybida O.K.* *Journal of Statistical Physics*. (submitted)

За допомогою математичної моделі досліджено процес взаємодії метаболічних процесів гліколізу і глюконеогенеза. Внаслідок двох взаємопротилежних процесів в клітині створюються умови для їхньої взаємодії і самоорганізації в єдину дисипативну систему. Досліджено причини виникнення в такій системі автокаталізу і появи автокаталітичних коливань. Знайдено біфуркації подвоєння періоду і переходу до хаотичних коливань відповідно до сценарію Фейгенбаума та переривчастості. Отримані дивні атрактори утворюються внаслідок воронки перемішування. Розраховано повні спектри показників Ляпунова, КС-ентропії, “горизонти передбачуваності” і ляпуновські розмірності дивних атракторів.
(В.Й. Грицай)

- *Grytsay V.I.* Self-organization and fractality created by gluconeogenesis in the metabolic process. *Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM)*, 2016, No. 2, 113-127.

Запроваджено тристадійну кінетичну модель блокування кальцієвих каналів біологічних мембран іонами нікелю. У відповідності до експерименту встановлено, що піки кальцієвого струму проявляють властивості гістерезису та підпорядковуються бімодальним розподілам відносно логарифма концентрацій антагоністу. (В.І. Тесленко, чл.-кор. НАН України Е.Г. Петров)

- *Teslenko V.I., Petrov E.G.* Regularization of environment-induced transitions in nanoscopic systems. *Ukr. J. Phys.*, 2016, V. 61, No. 7, 627-647.

Описано особливості міграції та захоплення квантової частинки в ланцюжку з пастками. Знайдено нетривіальні залежності квантового виходу захоплення $W(\chi)$ від інтенсивності пастки χ (зокрема, ефект «замкнення» частинки в ланцюжку зі збільшенням квантового виходу) і початкових умов міграції у випадках необмеженого, напівобмеженого та обмеженого ланцюжків. (Л.М. Христофоров, акад. НАН України А.Г. Загородній)

- *Загородній А.Г., Христофоров Л.М.* Теорема Пойа і міграція та захоплення квантової частинки. Доповіді НАН України. 2016, № 11, 44-51.

АСТРОФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ

Стерильні нейтрино з масою біля 7 кеВ здатні пояснити властивості лінії випромінювання на енергії ~ 3.5 кеВ в спектрах декількох космічних об'єктів, домінованих темною матерією. Досліджено вплив темної матерії з таких стерильних нейтрино на перебіг реіонізації Всесвіту і показано, що вона викликає набагато швидшу реіонізацію, неможливу для пояснення в «стандартному» сценарії за будь-якого реалістичного вибору параметрів моделі. (А.В. Рудаковський, Д.А. Якубовський)

- *Rudakovskiy A., Yakubovskiy D.* Influence of ~ 7 keV sterile neutrino dark matter on the process of reionization. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2016, No. 06, 017.

Аналітично досліджено процес генерації і подальшої вільної еволюції лептонної хіральної асиметрії і спірального магнітного поля в ранньому гарячому Всесвіті. Показано, що за космологічно доречних початкових умов хіральна асиметрія і густина енергії спірального магнітного поля розвиваються за скейлінговим законом. Отримано вираз для температури, за якої цей режим раптово завершується, як функції від хіральної асиметрії і густини енергії магнітного поля. (М.Є. Сидоренко, Ю.В. Штанов)

- *Sydorenko M., Tomalak O., Shtanov Y.* Magnetic fields and chiral asymmetry in the early hot universe. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2016, No. 10, 018.

ФІЗИКА ПЛАЗМОВИХ ПРОЦЕСІВ

Розвинуто аналітичний опис перенесення замагнічених частинок у випадковому замороженому ізотропному електростатичному полі із залученням концепції підансамблів. Показано, що детальніший опис перенесення в термінах підансамблів поліпшує кількісне узгодження з результатами прямого числового моделювання. (В.І. Засенко, О.М. Черняк, акад. НАН України А.Г. Загородній)

- *Zasenko V.I., Cherniak O.M., Zagorodny A.G.* Subensemble concept in 2d magnetized particle transport model. Problems of atomic science and technology. 2016, №6. Series: Plasma Physics (22).

На основі числових розв'язків нелінійних рівнянь, що описують динаміку плазми у дрейфово-дифузійному наближенні, детально вивчено розподіли електричного потенціалу навколо поодинокі зарядженої макрочастинки, вміщеної в слабоіонізовану плазму. Розрахунки виконано за припущення, що макрочастинка накопичує заряд внаслідок поглинання електронів та іонів з плазми, і досліджено залежність накопиченого заряду від розміру порошинки і параметрів плазми. Виконано порівняння результатів числових розрахунків із запропонованим раніше аналітичними апроксимаціями. Показано, що узгодженість аналітичних наближень (суперпозиція Кулонового і Дебаєвого потенціалів) з результатами розрахунків можна суттєво покращити, якщо ввести масштабування довжини екранування, яке залежить від розміру порошинки і пов'язане із суттєвим відхиленням густини заряду поблизу поверхні частинки від незбуреного значення. Розраховано універсальну залежність масштабного параметру для частинок різних розмірів та одержано аналітичну формулу для ефективного потенціалу порошинки. (акад. НАН України А.Г. Загородній, А.І. Момот)

- *Momot A.I., Zagorodny A.G.* Toward analytical description of the electrostatic potential of charged macroparticle in weakly ionized plasma. Europhysics Letters, 2016, V. 114 (6), 65004.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Побудовано математичну модель валютного курсу і таргетування інфляції. Встановлено стохастичне різницеве рівняння, якому задовольняє валютний курс гривня/долар. Побудовано

рівняння грошового обігу, яке пов'язує попит на гроші, номінальний ВВП, ставку рефінансування Національного банку та рівень цін. Знайдено швидкість грошового обігу протягом 2012-2014 років та показано її зростання, що є свідченням росту інфляції в цей період та падіння життєвого рівня. (М.С. Гончар, А.С. Жохін, В.Г. Козирський, Л.С. Терентьєва)

- *Гончар Н.С., Жохин А.С., Козырский В.Г., Терентьева Л.С.* Рецессия, валютный курс, таргетирование инфляции. Проблем Управления и Информатики (прийнято до друку)

Введено поняття локально регулярного супермартингала стосовно довільної опуклої сім'ї еквівалентних мір та доведено теорему про необхідні та достатні умови справедливості опціонального розкладу для нього, що є узагальненням широко відомої теореми Дуба про розклад супермартингалів.

Дано повний опис локально регулярних супермартингалів стосовно довільної опуклої сім'ї еквівалентних мір. Введено важливе поняття повної опуклої сім'ї еквівалентних мір та доведено теорему про те, що опціональний розклад для всякого невід'ємного супермартингала стосовно цієї сім'ї мір є справедливий, а отже важливий для застосувань у фінансовій математиці.

Введено важливе поняття справедливої ціни випадкового замовлення стосовно опуклої сім'ї еквівалентних мір та узагальнено його для випадку, коли опукла сім'я еквівалентних мір є сім'єю мартингальних мір деякої еволюції ризикових та неризикового активів. Знайдено формулу для справедливої ціни стандартного контракту з опціоном європейського типу для довільної неарбітражної еволюції ризикового та неризикового активів на неповному ринку. (М.С. Гончар)

- *Gonchar N. S.* Generalization of Doob Decomposition Theorem and Risk Assessment in Incomplete Markets, J. App. Math. (submitted)

КОМП'ЮТЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На базі обчислювального кластеру Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова 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

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

НАУКОВО-ОСВІТНІЙ ЦЕНТР

У 2016 році організовано і прочитано цикл з 6 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, в кінці року була проведена шкільна олімпіада з експерименту для школярів фізико-математичних ліцеїв Києва.

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 проходили наукові студентські семінари з фізики холодних газів та з математичної фізики для студентів 4-го та 5-го курсів.

В рамках Боголюбівської програми з теоретичної фізики доктор фіз.-мат. наук С. Пакуляк прочитав три цикли лекцій з сучасних методів інтегрованих квантових систем.

Під час Зимової школи із сучасної математичної фізики 7-9 січня 2016 року було прочитано цикл лекцій з суперсиметричних квантових теорій поля та застосування методів нелінійних квантових інтегрованих систем у фізиці конденсованого стану.

НАУКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

Монографії та підручники: 2

- *Вахненко В.О., Вахненко О.О.* Хвильова динаміка структурованих середовищ. Київ. Наук. думка. 2016. 227 с.
- *Вонса J. and Kruchinin S.* (Eds); Nanomaterials for security. Proceedings of NATO ARW. Springer Netherlands. 2016. 330 p.

Статті в журналах: 160

в українських журналах – 30,
в іноземних журналах – 130.

ПРЕМІЇ І НАГОРОДИ

Премія НАН України імені О.С. Давидова

Вакарчук І.О., В.М. Ткачук, Гаврилик О.М. — За цикл робіт «Квантові системи в некумутативному просторі, деформовані алгебри і деформовані моделі»

Премія Президента України для молодих вчених за 2016

Волков О.М., Кравчук В.П., Попов М.О., Стародуб І.О. — За цикл робіт «Керування динамікою електромагнітних збуджень в надпровідних та магнітних наноструктурах зі складною геометрією».

Премія НАН України для молодих вчених за 2016

Леонов В.О. — За цикл робіт «Механізм формування фотоструму у молекулярному діоді»

Лідер науки України 2016. Web of Science award

В.П. Гусинін «Вчений України. За надзвичайні досягнення»

С.Г. Шаранов «Вчений України. За значні успіхи»

КОНФЕРЕНЦІЇ

- Семінар «Проблеми теоретичної фізики» присвячений пам'яті О.Г. Ситенка. Київ, 11 лютого 2016 р.
- Bogolyubov Conference “Problems of Theoretical Physics” dedicated to 50-th anniversary of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine. Kyiv, May 24–26, 2016.
- International Conference “Physics of Liquid Matter: Modern Problems” Kyiv, May 27–31, 2016.
- Семінар «Квантова теорія поля та космологія» присвячений пам'яті Петра Івановича Фоміна. Суми, 24 червня 2016 р.
- Міжнародна конференція з фізики плазми та керованого термоядерного синтезу. Харків, 12-15 вересня 2016 р.
- Young scientists conference “Problems of Theoretical Physics” dedicated to 50-th anniversary of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine. Kyiv, December 13–15, 2016.
- Давидовські читання. Київ, 26 грудня 2016 р.

FUNDAMENTAL INTERACTIONS AND MICROSCOPIC STRUCTURE OF MATTER

A novel formulation of lattice SU(2) gluodynamics in terms of geometrical clusters of two types formed by the Polyakov loops was developed and the equivalent thermodynamic description of lattice gluodynamics in the vicinity of deconfinement phase transition was obtained. For the first time the temperature dependence of physical surface tension of geometrical clusters is found directly from the lattice QCD. It is also found that the surface tension of these clusters can be used as a new order parameter for the corresponding phase transition. (K.A. Bugaev, A.I. Ivanytskyi, V.V. Sagun, D.R. Oliinychenko, Corr. Member of the NAS of Ukraine G.M. Zinovjev)

- *Ivanytsky A.I., Bugaev K.A., Nikonov E.G., Ilgenfritz E.-M., Oliinychenko D.R., Sagun V.V., Mishustin I.N., Petrov V.K., Zinovjev G.M.* Physical properties of Polyakov loop geometrical clusters in SU(2) gluodynamics. arXiv:1606.04710 [hep-lat] (2016).

An extension of the hadron resonance gas model which includes the attractive and repulsive van der Waals interactions between baryons is constructed. This model yields the nuclear liquid-gas 1st order phase transition at low temperatures and high baryon densities. A behavior of fluctuations and correlations of baryon number, electric charge, and strangeness in the so-called crossover region $T=(140-190)$ MeV resembles closely the results obtained from lattice QCD simulations. (M.I. Gorenstein)

- *Vovchenko V., Gorenstein M.I., Stoecker H.* Van der Waals interactions in hadron resonance gas: From nuclear matter to lattice QCD. arXiv:1609.03975 [hep-ph] (2016).

Basing upon models of four-quark interactions (Nambu-Jona-Lasinio model and Keldysh model), which differ in the behavior of correlation lengths and permit the analytical consideration in the presence of quark condensates, it has been shown that the phase transition induced by the interaction with fermion condensates is possible, and condensates are insensitive to the details of the interactions in the range of coupling constants related to the real systems. (Corr. Member of the NAS of Ukraine G.M. Zinovjev)

- *Molodtsov S., Zinovjev G.* Condensated fermion systems in context of searching quark-gluon plasma. (submitted to ZhETP).

Within the integrated hydrokinetic model the transverse momentum p_T -dependence of the pair correlations of strange mesons and baryons in nucleus-nucleus collisions at Large Hadron Collider (LHC) and Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) has been analyzed. By using the correlation functions for different pair species (kaon-kaon, Lambda-proton, Cascade-proton) the femtoscopic spatiotemporal picture of the pairs emission is restored. The p_T -scaling behavior of kaon and pion femto-scales has been revealed and confirmed by the experiments at RHIC and LHC. (Yu.M. Sinyukov, V.M. Shapoval).

- *Sinyukov Yu.M., Shapoval V.M.* Production and correlations of strange mesons and baryons at RHIC and LHC in hydrokinetic model. Acta Phys. Pol. B 2016, V. 47, No. 7, 1883.

The influence of boundaries on chiral effects in hot dense relativistic spinor matter in a strong magnetic field, orthogonal to the boundaries, has been studied. It is shown that the chiral magnetic effect disappears, whereas the chiral separation effect becomes dependent not only on chemical potential, but on temperature and on a boundary condition as well. It means that boundaries have a significant effect on physical systems with hot dense magnetized spinor matter, such as compact astrophysical objects (neutron stars and magnetars), novel materials known as the Dirac and Weyl semimetals. (Yu.A. Sitenko)

- *Sitenko Yu.A.* Hot dense magnetized ultrarelativistic spinor matter in a slab. Phys. Rev. D, 2016. V. 94, No. 8, 0850142.

New approach to the description of the off-shell Coulomb scattering amplitude that is based on using the Fock's method of the stereographic projection of the momentum space onto the four-dimensional unit sphere has been worked out. New analytical expressions for the partial-wave off-shell Coulomb transition matrices for particles with the repulsive interaction at the ground-state energy have been derived. (V.F. Kharchenko)

- *Kharchenko V.F.* Analytical expressions for partial wave two-body Coulomb transition matrices at ground-state energy. Annals Phys. (N.Y.), 2016, V. 374, 16-26.

Charge independence breaking in the pion-nucleon coupling constant and the nucleon-nucleon scattering length is considered on the basis of the Yukawa meson theory. The charge independence breaking effect in these quantities is almost entirely explained by the mass difference between the

charged and neutral pions. Therewith charge splitting of the pion-nucleon coupling constant is almost the same as charge splitting of the pion mass. (V.A. Babenko, N.M. Petrov)

- *Бабенко В.А., Петров Н.М.* Изучение зарядовой зависимости пион-нуклонной константы связи с использованием данных о нуклон-нуклонном взаимодействии при низких энергиях. ЯФ, 2016, Т. 79, № 1, 8-12.

The structure functions of the mirror nuclei ^{14}C and ^{14}O are studied within a model ‘three alpha-particles plus two extra nucleons’. The charge density distributions, form factors, pair correlation functions, and the momentum distributions of particles are found for these nuclei. Two spatial configurations are revealed in the ground state of ^{14}C and ^{14}O nuclei. The unknown experimental charge r.m.s. radius of ^{14}O nucleus is predicted. (B.E. Grinyuk, D.V. Piatnytskyi)

- *Grinyuk B.E., Piatnytskyi D.V.* Structure of ^{14}C and ^{14}O nuclei calculated in the variational approach. УФЖ, 2016, Т. 61, № 8, 674-680.
- *Grinyuk B.E., Piatnytskyi D.V.* Structure of ^{14}C and ^{14}O nuclei within a Five-Cluster Model. Preprint arXiv:1611.07949v1 [nucl-th] (2016).

Theoretical analysis of bound and resonance states in ^{10}Be nucleus has been performed within a microscopic three-cluster model. The processes of elastic and inelastic scattering of alpha particles from ^6He and dineutron from ^8Be are also investigated. It is shown that nuclei ^6He and ^8Be are substantially changed their size and shape when they interact with alpha particle and dineutron, respectively. It is also shown that the cluster polarization strongly changes a mutual attraction of clusters in the compound system and leads to larger energy of bound states and smaller energy and width of resonance states of the three-cluster system. Within the present model, we obtain good agreement of theoretical results with available experimental data for discrete and continuous spectrum states in ^{10}Be . (Yu.A. Lashko, G.F. Filippov, V.S. Vasilevsky)

- *Lashko Yu.A., Filippov G.F., Vasilevsky V.S.* Microscopic three-cluster model of ^{10}Be . Nucl. Phys. A, 2017, V. 958, 78-100. (accepted)

Ideal D-dimensional Bose gas is considered in a trap (external potential) in more general case for isotropic potential $U(r)=Ar^n+Br^{-m}$, where $A,B>0$. The momentum distribution function is obtained, as well as the total number of particles, critical temperature, condensate fraction and heat capacity. Both high and low temperature regimes are considered. Conditions for the existence of Bose-Einstein condensation in the form of

certain relations on n , m and D have been obtained. (A.M. Gavrilik, I.I. Kachurik, Yu. A. Mishchenko)

The whole class of one-point interactions realized in the limit, when the thickness of two- and three-layer planar heterostructures as well as distance between them is infinitesimal, has been described. It is established that depending on the way of the limit realization in the electron tunneling the phenomenon of furcation of isolated resonances into multi-valued sets takes place. (A.V. Zolotaryuk)

- *Zolotaryuk O.V.* Furcation of resonance sets for one-point interactions. arXiv:1610.07288v1 [quant-ph]. (submitted to J. Phys. A.)

We study symmetric random walk in one spatial dimension in environment, formed by several zones of finite width, where the probability of transition between two neighboring points and corresponding diffusion coefficient are considered to be fixed different. The probability to find a walker at the given position and time is derived analytically. The probability distribution function is found: it has non-Gaussian form because of the properties of adsorption in the bulk of zones and reflection at the separation points. Time dependence of the mean squared displacement of a walker is also studied, and the anomalous behavior is revealed as compared with ordinary random walk. Analytical calculation is in agreement with the results of numerical modeling based on first principles. (A.V. Nazarenko)

- *Nazarenko A.V., Blavatska V.* One-dimensional random walk in multi-zone environment. arXiv: 1610.08046; (submitted to J. Phys. A)

Method of hierarchic Bethe ansatz is generalized for the case of Z_p -graded non-skewsymmetric r -matrices, Lie algebras $gl(n)$ and arbitrary hierarchy of embedded subalgebras. On its base, the spectrum of Hamiltonians of integrable Gaudin and Janes-Cummings-Dicke models as well as Bose-Hubbard dimers associated with Z_2 -graded r -matrices has been obtained. (T.W. Skrypnyk)

- *Skrypnyk T.* Twisted rational r -matrices and algebraic Bethe ansatz: generalized Gaudin, Jaynes-Cummings-Dicke and Bose-Hubbard-type, Theor. Math. Phys., 2016, V. 189, 1509–1527.
- *Skrypnyk T.* “Generalized” algebraic Bethe ansatz, Gaudin-type models and Z_p -graded classical r -matrices. Nuclear Physics B, 2016, V. 913, 327-356.

We derive Fredholm-determinant representation for isomonodromic τ -functions of Fuchsian systems with n regular singular points on the Riemann sphere and generic monodromy in $GL(N)$. The corresponding integral operator is given in terms of elementary solutions for Fuchsian systems with 3 singular points. For the $N=2$ case, we give for the Fredholm determinant an explicit expansion in the form of combinatorial formulae for τ -function of Garnier system. These formulas are explained in terms of multicomponent free fermions in the theories with twist fields. (P. Gavrylenko, O. Lisovyy)

- *Gavrylenko P., Lisovyy O.* Fredholm determinant and Nekrasov sum representations of isomonodromic tau functions, arXiv: 1608.00958 [math-ph].

SOLID STATE PHYSICS

It is known that the Shubnikov – de Haas oscillations can be observed in the Hall resistivity, although their amplitude is much weaker than the amplitude of the diagonal resistivity oscillations. Employing a model of two-dimensional massive Dirac fermions that exhibits anomalous Hall effect, we demonstrate the amplitude of the Shubnikov – de Haas oscillations of the anomalous Hall conductivity is the same as that of the diagonal conductivity. We argue that the oscillations of the anomalous Hall conductivity can be observed by studying the valley Hall effect in graphene superlattices and the spin Hall effect in the low-buckled Dirac materials. (S.G. Sharapov)

- *Tsaran V.Yu. and Sharapov S.G.* Magnetic oscillations of the anomalous Hall conductivity. Phys. Rev. B, 2016, V. 93, 075430 .

It is shown that the curvature and torsion of a ferromagnetic nanowire significantly affect the spin-polarized current induced domain wall motion along the wire. We consider the simplest case of constant curvature and torsion, corresponding nanowires in the form of three-dimensional helix. It is shown that the curvature leads to Walker breakdown, i.e. the emergence of a critical density of spin-polarized current j_c , which separates two modes of motion: translational motion when $j < j_c$ and oscillating motion for $j > j_c$. In the point $j = j_c$ a saddle-node bifurcation takes place. The nanowire torsion, in turn, leads to a shift of the material parameter of spin torque nonadiabaticity. The shift is proportional to the product of the helix chirality to the topological charge of the domain walls. This shift can be negative, that can lead to negative domain wall mobility. Basing on the

obtained results we propose a practical method of experimental measurement of the nonadiabaticity parameter and the damping coefficient. (Yu.B. Gaididei, V.P. Kravchuk, K.V. Yershov)

- *Yershov K.V., Kravchuk V.P., Sheka D.D., Gaididei Yu.* Curvature and torsion effects in spin-current driven domain wall motion, Phys. Rev. B, 2016, V. 93, 094418.

The analytical expression for the spectrum of electrons in quasi-two-dimensional space (so called quasi-2D-electrons) is found within the fundamental Dirac equation. Such system describes layered heterostructures, interfaces, crystal surfaces, etc. It is shown that the exact solution contains several spin invariants, which means possibility of the existence of many spin states of quasi-2D-electrons with different spin polarization and different effects of spin-orbit interaction on the energy spectrum. The exact solution is found for electrons confined by asymmetric potential well, which includes free parameters, whose value corresponds to certain invariants. In the general case the spin quantum number determines certain value of the linear combination of all invariants. These results allow to ascertain the conditions at which the given spin state is realized, which opens new perspectives to control the spin degree of freedom of charge carriers in spintronics (A.A. Eremko, V.M. Loktev, L.S. Brizhik).

- *Eremko A., Brizhik L., Loktev V.* General solution of the Dirac equation for quasi-two-dimensional electrons. Annals of Physics, 2016, V. 369, 85-101.

We present the analytic analysis of the spectral problem for bounded graphene fragments and finite polyene chains. The solutions of the transcendental equation for the characteristic quantum numbers are thoroughly examined and their accurate approximations are proposed. The obtained results are used for analysis of the fundamental and technologically significant properties of graphene and its daughter structures (i.e., zigzag and armchair graphene nanoribbons), and finite polyene chains of various length. (L.I. Malysheva)

- *Malysheva L.* Spectral problem for bounded graphene fragments and finite polyene chains: An analytic analysis. Phys. Stat. Solidi b (submitted)

An approximate method to solve a set of Ginzburg–Landau equations for multiband superconductors has been developed. It has been shown that the free-energy functional for a multiband superconductor can be reduced

to the Ginzburg–Landau functional for an effective single-band superconductor. (K.V. Grigorishin)

- *Grigorishin K.V.* Effective Ginzburg–Landau free energy functional for multi-band isotropic superconductors. *Physics Letters A*, 2016, V. 380, 1781-1787.

The variability of governing coupling parameters in the integrable nonlinear Schrödinger system on a triangular-lattice ribbon is shown to ensure the important qualitative rearrangements in the system dynamics. Thus the longitudinal coupling parameters regulated mainly by the background values of concomitant field variables are responsible for the bifurcation of primary integrable nonlinear system into the integrable nonlinear system of Ablowitz–Ladik type. As a consequence in a critical point the number of independent field variables is reduced by a half and the system Poisson structure turns out to be degenerate. On the other hand the transverse coupling parameters regulated basically by the choice of their a priori arbitrary dependencies on time are capable to incorporate the effect of external linear potential. As a consequence the primary integrable nonlinear system with appropriately adjusted parametrical driving becomes isomorphic to the system modelling the Bloch oscillations of charged nonlinear carriers in an electrically biased ribbon of triangular lattice. (O.O. Vakhnenko)

- *Vakhnenko O.O.* Coupling-governed metamorphoses of the integrable nonlinear Schrödinger system on a triangular-lattice ribbon. *Phys. Lett. A*, 2016, 380, No 24, 2069-2074.

NANOPHYSICS AND NANOTECHNOLOGIES

The electron states in the field of a charged impurity in graphene in a magnetic field are studied. It is shown that a charged impurity removes the degeneracy of Landau levels converting them into band-like structures. It is shown that the filling of Landau levels and screened charge of impurity can be very effectively tuned by gate voltage in agreement with the recent experiments. The charge of impurity becomes strong screened if the chemical potential lies in Landau level. If the chemical potential lies between Landau levels then the screened potential does not change sign and the screening is minimal, and the charged impurity can strongly affect the electron spectrum. (E.V. Gorbar, Corr. Member of the NAS of Ukraine V.P. Gusynin)

- *Sobol O.O., Pyatkovskiy P.K., Gorbar E.V., Gusynin V.P.* Screening of a charged impurity in graphene in a magnetic field. *Phys. Rev. B*, 2016, V. 94, 115409.

It is shown that in a molecular diode, one can observe a specific unipolar electrofluorescence which differs strongly from the electrofluorescence associated with the Stark shift of the levels. The origin of the mentioned electroluminescence is that the coupling of the molecular chromophore group to one electrode is much stronger the coupling to another electrode. This leads to the strongly asymmetric population of an excited molecular state at identical in value but different in sign of the voltage bias. The critical voltages that change the regimes of electron transmission are found, and the conditions to observe the unipolarity are formulated. (Corr. Member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov, V.O. Leonov, Ye.V. Shevchenko)

- *Petrov E.G., Leonov V.A., Shevchenko E.V.* Bipolar and unipolar electroluminescence in a molecular diode. JETP Letters, 2017, V. 105, No. 2 (accepted).

The decay mechanism for plasmon due to the photon irradiation by electron scattering from surface of the spheroidal metallic particles in some dielectric medium has been proposed. It allows one to evaluate the linewidth of surface plasmon in metallic nanoparticle directly via the tensor of optical conductivity and to establish its dependence on the particle radius and medium refractive index. (M.I. Grigorchuk)

- *Grigorchuk N.I.* Broadening of surface plasmon resonance line in spheroidal metallic nanoparticles. Journal of Physical Studies, 2016, V. 20, No. 1/2, 1701(1-9).

Spin-dependent transport in carbon nanotubes with chromium atoms has been studied. Precise expressions for Green functions, thermodynamic potential and conductivity tensor are derived using a diagram method. We show that the phenomenon of spin-dependent electron transport in a carbon nanotube results from strong electron correlations, caused by the presence of chromium atoms. The value of the electric current spin polarization increases along with Cr atoms concentration and magnitude of the external magnetic field increase. (S.P. Kruchinin)

- *Kruchinin S.P., Repetsky S.P., Vyshyvana I.G.* Spin-dependent transport of carbon nanotubes with chromium atoms. In: Nanomaterials for security (eds. J. Bonca and S. Kruchinin), 2016, Springer, 67-95.

Energy spectra, ionization potentials, electron affinity and reorganizations energies have been calculated within density functional theory approach for the series of ter-anthrylene-ethynylene derivatives

being in neutral, cationic and anionic charge states. The oscillating behavior of intramolecular transfer integral values was observed both for electron and hole charge carriers, hole mobility was predicted to be higher than electron one. (O.L. Kapitanchuk)

- *Kapitanchuk O.L.* A quantum-chemical study of conformational and electronic properties of ter-anthrylene-ethynylene derivatives in neutral and ionized states. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2016, V. 639, 55-63.

SOFT MATTER PHYSICS

A general concept of the long-range elastic interactions in continuous medium is proposed. The interaction is determined as a consequence of symmetry breaking of the elastic field distribution produced by the topological defect as isolated inclusions. New nonlinear model of the elastic field source has been proposed. The source is considered as a nonlinear object which determines the effective charge of the field at large distances in the linear theory. (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny, Corr. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- *Lev B.I., Zagorodny A.G.* Nonlinear model of elastic field source. *Mod. Phys. Lett. A*, 2016, V. 31, 1650173.

We have introduced the elliptic-beam model for the transmittance probability distribution of the atmospheric quantum channel. This model adequately accounts the loss and fading of the signal due to the atmospheric distortions of the beam centroid position and beam deformation. It appears that our model applies to weak, weak-to-moderate, and strong turbulence and hence to the most important regimes in atmospheric communication scenarios. As an example we have studied the influence of atmospheric turbulence on quantum nonlocality for the scenario of counter propagation of photonic pair as well as the influence so-called double-click events, which are caused by dark counts, stray light, and multiphoton entangled pairs. (D.Yu. Vasylyjev)

- *Gumberidze M.O., Semenov A.A., Vasylyev D., Vogel W.* Bell nonlocality in the turbulent atmosphere. *Phys. Rev. A*, 2016, V. 94, 053801.

Method of preparation of multimode sub-Poisson light was developed using control photodetection of multimode twin-beam squeezed vacuum states and imposing a condition on the main photodetector. The method was shown to be useful upon imperfect detection efficiency. The

numerical modeling and the experimental verification of the method for bright nonclassical light were carried out. (V.C. Usenko)

- *Iskhakov T. Sh., Usenko V. C., Filip R., M. Chekhova V., Leuchs G.* Low-noise macroscopic twin beams. *Phys. Rev. A*, 2016, V. 93, 043849.

The formation of elastic hexadecapoles – so-called “colloidal atoms with filled g-orbitals” has been established. Physical origin of such deformations and their interaction, essentially different from the known dipole and quadrupole interactions in nematic colloids, has been revealed. (S.B. Tovkach)

- *Senyuk B., Puls O., Tovkach O.M., Chernyshuk S.B., Smalyukh I.I.* Hexadecapolar colloids, *Nature Communications*, 2016, 7, 10659.

Provided the normal boundary conditions around each air bubble in liquid crystal were imposed we predict the generation of defects breaking the symmetry of air evaporation into the liquid crystal through the bubble surface. As a result there appears the difference of pressure for the very bubble and causes its motion in liquid crystal. The obtained experimental data confirm the suggested model. (Corr. Member of the NAS of Ukraine B.I. Lev)

- *Kim S.-Jo, Lev B., Kim J.-H.* Asymmetric motion of bubble in nematic liquid crystal induced by symmetry-broken evaporation. *Europhysics Letters*, 2016, V. 115, 16002.

Molecular force field, which is commonly used in computer simulations to study the structure and dynamics of macromolecules in biological systems has been modified and implemented in the software package MBN Explorer. A new type of potential function has been proposed that allows us to study the processes of chemical bonds breaks, the rupture of valence angles and dihedral interactions in molecules. (S.N.Volkov)

- *Sushko G.B., Solov'yov I.A., Verkhovtsev A.V., Volkov S.N., Solov'yov A.V.* Studying chemical reactions in biological systems with MBN Explorer: implementation of molecular mechanics with dynamical topology. *Eur. Phys. J. D*, 2016, V. 70, 12.

For leaky integrate-and-fire neuron with threshold 2 stimulated with Poisson stream, the output stochastic process intensity has been calculated (without using the diffusion approximation) as function of LIF's physical parameters and intensity of the input stochastic process. (O.K. Vidybida)

- *Vidybida O.K.* *Journal of Statistical Physics* (submitted)

Within a mathematical model, the process of interaction of the metabolic processes such as glycolysis and gluconeogenesis has been studied. As a result of the running of two opposite processes in a cell, the conditions for their interaction and the self-organization in a single dissipative system have been created. The reasons for the appearance of autocatalysis in the given system and autocatalytic oscillations are studied. The bifurcations of the period doubling and the transition to chaotic oscillations have been determined according to Feigenbaum scenario and the intermittence. The obtained strange attractors are created as a result of the mixing funnel formation. The complete spectra of Lyapunov indices, KS-entropies, “horizons of predictability,” and Lyapunov dimensions of these attractors are calculated. (V.I. Grytsay)

- *Grytsay V.I.* Self-organization and fractality created by gluconeogenesis in the metabolic process. *Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM)*, 2016, No. 2, 113-127.

A three-stage kinetic model for the blockage of calcium channels by nickel ions in biological membranes is introduced. In accordance with experiment it has been established that the peak calcium-current magnitudes comprise the hysteresis properties and obey bimodal distributions over the logarithm of the antagonist’s concentrations. (V.I. Teslenko, Corr. Member of the NAS of Ukraine E.G. Petrov)

- *Teslenko V.I., Petrov E.G.* Regularization of environment-induced transitions in nanoscopic systems. *Ukr. J. Phys.*, 2016, V. 61, No. 7, 627-647.

Peculiarities of migration and capture of a quantum particle in the chain with traps are described. Nontrivial dependencies of the quantum yield of capture $W(\chi)$ on the trap intensity χ (in particular, the effect of “imprisonment” of the particle in the chain with χ growing) and initial conditions of migration are revealed in the cases of infinite, semi-infinite and finite chains. (L.N. Christophorov, Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny)

- *Zagorodny A.G., Christophorov L.N.* Polya's theorem, migration and capture of a quantum particle. *Reports of the NAS of Ukraine*, 2016, No. 11, 44-51.

ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Sterile neutrino with mass of about 7 keV can explain the properties of the emission line at energy ~ 3.5 keV in the spectra of several dark-matter dominated cosmic objects. We investigate the influence of dark

matter composed of such sterile neutrino on the process of reionization of the Universe and show that it causes a significantly sharper reionization, impossible to “imitate” within the cold-dark-matter scenario under any reasonable choice of model parameters. (A.Rudakovskiy, D.Iakubovskiy)

- *Rudakovskiy A., Iakubovskiy D.* Influence of ~ 7 keV sterile neutrino dark matter on the process of reionization. *J. Cosmology & Astroparticle Physics*, 2016, No. 06, 017.

The process of generation and subsequent free evolution of the lepton chiral asymmetry and helical magnetic field in the early hot universe has been analytically studied. For cosmologically relevant initial conditions the chiral asymmetry and the energy density of helical magnetic field are shown to evolve by scaling laws. We derived an expression for the temperature at which this regime abruptly terminates as a function of the chiral asymmetry and energy density of magnetic field. (M.Ye. Sydorenko, Y.V. Shtanov)

- *Sydorenko M., Tomalak O., Shtanov Y.* Magnetic fields and chiral asymmetry in the early hot universe. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2016, No. 10, 018.

PHYSICS OF PLASMA PROCESSES

The analytical approach to describe the magnetized particle transport in random frozen isotropic electrostatic field has been developed using the concept of subensembles. It is shown that more detailed description in terms of subensembles gives better quantitative agreement with results of direct numerical simulation. (V.I. Zasenkov, O.M Cherniak, Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny)

- *Zasenkov V.I., Cherniak O.M, Zagorodny A.G.* Subensemble concept in 2d magnetized particle transport model. *Problems of atomic science and technology*. 2016, 6. Series: Plasma Physics (22).

The electrostatic potential distribution around a solitary charged absorbing macroparticle embedded into weakly ionized strongly collisional plasma is studied in details on the bases of numerical solutions of plasma dynamic nonlinear equations within the drift-diffusion approximation. Calculation was done under assumption that a macroparticle absorbs electrons and ions from plasma environment; the dependence of accumulated charge on dust particle size as well as plasma

parameters has been found. The comparison of calculated potential and plasma particle distributions with analytical expressions has been performed. It is shown that consistency of analytic approximations (the superposition of Debye and Coulomb potentials) with the results of calculations can be significantly improved by use of a screening length scaling which depends on a dusty particle size and is associated with a significant deviation of a charge density near the particle surface from the unperturbed value. The universal dependence of the scaling parameter for screening length and effective charges on macroparticle size has been obtained. (Acad. of the NAS of Ukraine A.G. Zagorodny, A.I. Momot)

- *Momot A.I., Zagorodny A.G.* Toward analytical description of the electrostatic potential of charged macroparticle in weakly ionized plasma. *Europhysics Letters*, 2016, V. 114 (6), 65004.

MATHEMATICAL MODELING

Mathematical model of exchange rate and targeting inflation is constructed. Stochastic difference equation for the exchange hryvnia/dollar is established. An equation of money circulation that relates money demand, nominal Gross National Product, rate of National Bank, and price level has been constructed. Money circulation velocity during 2012-2014 is found and its growth is shown, that indicates the increase of inflation and decrease of living standard in this period. (N.S. Gonchar, A.S. Zhokhin, W.H. Kozyrski, L.S. Terentieva)

- *Гончар Н.С., Жохин А.С., Козырский В.Г., Терентьева Л.С.* Рецессия, валютный курс, таргетирование инфляции. *Проблем Управления и Информатики*. (принято до друку)

A notion of local regular supermartingale relative to a convex set of equivalent measures is introduced. The theorem on the necessary and sufficient conditions of validity of optional decomposition for local regular supermartingales is proved that is generalization of the well known Doob decomposition theorem for supermartingale.

Complete description of local regular supermartingales relative to a convex set of equivalent measures is given. An important notion of complete convex set of equivalent measures is introduced and theorem stating that for all nonnegative supermartingale relative to this set of measures optional decomposition is valid and therefore significant one for application in Financial Mathematics.

Fair price for contingent claim relative to a convex set of equivalent measures is introduced that is generalization of the notion in case as the set of equivalent measures is a set of equivalent martingale measures for a certain evolution of risk and non risk assets. A formula for fair price of standard contract with European option for arbitrary non arbitrage evolution as risk and non risk assets in incomplete market is found. (N.S. Gonchar)

- *Gonchar N. S.* Generalization of Doob decomposition theorem and risk assessment in incomplete markets, J. App. Math. (submitted)

COMPUTER SOFTWARE RESEARCH

The program system OpenStack was updated to the modern version Mitaka of the cloud infrastructure with the highest reliability of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine. The integration of BITP cloud infrastructure to CERN cloud infrastructure has been done to perform data processing of ALICE experiment using new HTCondor system scheme. The cloud infrastructure of the BITP is a first Ukrainian cloud resource which has been integrated into the European cloud infrastructure of EGI Federal Cloud project. (S.Ya. Svistunov)

SCIENTIFIC AND EDUCATION CENTER

In 2016 the course of 6 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 the 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.

Within the framework of Bogolyubov Program on Theoretical Physics Prof. Dr. S. Pakuliak has conducted 3 cycles of lectures dedicated to the modern integrated quantum systems.

During the Winter School on Modern Mathematical Physics in January 7-9, 2016 the series of lectures on supersymmetric quantum field theories and application methods of nonlinear quantum integrated systems in condensed matter physics have been conducted.

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Books: 2

- *Вахненко В.О., Вахненко О.О.* Хвильова динаміка структурованих середовищ. Київ. Наук. думка. 2016. 227 с.
- *Bonca J. and Kruchinin S.* (Eds); Nanomaterials for security. Proceedings of NATO ARW. Springer Netherlands. 2016. 330 p.

Papers in Journals: 160

Ukrainian Journals – 30,
Foreign Journals – 130.

PRIZES AND AWARDS

O.S. Davydov Prize of the NAS of Ukraine

Vakarchuk I.O., Tkachuk V.M., Gavrilik A.M. — for a series of works «Quantum systems in not commutative space, deformed algebras and deformed models»

Prize of the President of Ukraine for Young Scientists for 2016

Volkov A.N., V.P. Kravchuk, Popov N.A., Starodub I.A. — for a series of works «Control of the dynamics of electromagnetic excitations in the superconducting and magnetic nanostructures with complex geometry».

Prize of NAS of Ukraine for Young Scientists for 2016

Leonov V.O. — for a series of works «The mechanism of formation of a photocurrent in molecular diode»

Leader of Sciences of Ukraine 2016. Web of Science award

V.P. Gusynin «Scientist of Ukraine. For extraordinary achievement»
S.G. Sharapov «Scientist of Ukraine. For significant progress»

CONFERENCES

- Seminar “Problems of Theoretical Physics” dedicated to the memory of O.G. Sytenko. Kyiv, February 11, 2016.
- The Bogolyubov Conference “Problems of Theoretical Physics” dedicated to 50-th anniversary of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine. Kyiv, May 24–26, 2016.
- International Conference “Physics of Liquid Matter: Modern Problems” Kyiv, May 27–31, 2016.
- Seminar “Problems of Theoretical Physics” dedicated to the memory of P.I. Fomin. Sumy, June 24, 2016.
- International Conference and School on Plasma Physics and Controlled Fusion. Kharkov, September 12-15, 2016.
- Young Scientist Conference “Problems of Theoretical Physics” dedicated to 50-th anniversary of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the NAS of Ukraine. Kyiv, December 13–15, 2016.
- The Davydov Readings. Kyiv, December 26, 2016.

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

Зам. №1 формат 60x84/16. Обл.-вид. арк. 3
Підписано до друку 11.01.2017. Наклад 70 прим.

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