

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

РІЗДВЯНІ ДИСКУСІЇ 2013

ПРОГРАМА І ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Львів, 3–4 січня 2013 року

Ауд. 10 (вул. Драгоманова, 12)

РІЗДВЯНІ ДИСКУСІЇ 2013

3 січня 2013 року

10:00 Відкриття. *І. Вакарчук*

Головуючий: **І. Вакарчук**

10:00+ε–10:45 *Ю. Яремко*, Релятивістична пастка Пеннінга

10:45–11:30 *Б. Новосядлий, О. Сергієнко*, Проблеми розрізнюваності моделей темної енергії спостережуваними даними

11:30–12:00 Кава

12:00–12:45 *B. Padlyak, W. Ryba-Romanowski, R. Lisiecki, N. Guskos, G. Żołnierkiewicz*, Optical and EPR spectroscopy of the Er^{3+} centres in borate glasses

12:45–13:30 *Ю. Дубленич*, Основні стани моделі Ізинґа на ґратці Шастри–Сазерленда і природа дробових плато намагнетованості в тетраборатах рідкісноземельних металів

Головуючий: **Ю. Яремко**

15:00–15:45 *О. Сергієнко, Б. Новосядлий*, Омніскопи — вікно в епоху Темних Віків

15:45–16:05 *І. Загладько, А. Дувіряк*, Розсіяння скалярних частинок з тахіонною взаємодією

16:05–16:25 *А. Кузьмак*, Геометрія многовиду власних станів спіну-1 в магнітному полі

16:25–17:00 Кава

17:00–17:20 *М. Самар*, Релятивістська динаміка та деформована Пуанкаре-симетрія

17:20–17:40 *О. Григорчак*, Чисельні результати для енергії основного стану рідкого гелію-4 в наближенні двох сум за хвильовим вектором

17:40–18:00 *М. Блажєєвська*, Ефект Казимира в електродинаміці Подольського

18:00–18:20 *Т. Голубець*, Структурні властивості пористих зволжених матеріалів: теорія й експеримент

4 січня 2013 року

Головуючий: **А. Панасюк**

10:00–10:45 *М. Красницька, Б. Берш, Ю. Головач*, Критична поведінка моделі Поттса на складній мережі

10:45–11:30 *І. Стасюк, О. Воробйов, Р. Стеців*, Одночастинковий спектр та діаграми стану протонного провідника (підхід жорстких бозонів)

11:30–12:00 Кава

12:00–12:45 *Р. Левицький, І. Зачек, А. Вдович*, Вплив гідростатичного тиску на фазовий перехід та поздовжні термодинамічні характеристики сегнетоелектриків $K(H_{1-x}D_x)_2PO_4$

12:45–13:30 *А. Ровенчак*, Фазовий перехід в одновимірній системі гармонічних осциляторів у статистиці Поліхронакоса з комплексних параметром

Головуючий: **Ю. Головач**

15:00–15:45 *А. Панасюк*, Бігамільтонові структури і пари узгоджених алгебр Лі

15:45–16:30 *М. Максименко*, Плоскозонний феромагнетизм як Паулі-скорельована перколяція

16:30–17:00 Кава

17:00–17:45 *С. Сороков, А. Андрусик*, Дослідження псевдоспінових систем методом локального поля

17:45–18:30 *V. Tkachuk*, Deformed Heisenberg algebra with minimal length and the equivalence principle

Релятивістична пастка Пеннінга

Ю. Яремко

Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів

Розглядається задача про рух релятивістичного заряду в робочій камері пастки Пеннінга — пристрою для тривалого утримування заряджених частинок (електронів, протонів, іонів, античастинок) за допомогою складного електромагнітного поля, що є суперпозицією квадрупольного електростатичного потенціалу та однорідного магнітного поля. Знайдено два інтеграли руху, які відповідають осьовій симетрії лагранжіана (гамільтоніана), та редуковано дві ступені вільності. У нерелятивістичному наближенні задача зведена до системи двох незв'язаних гармонічних осциляторів: аксіального та радіального. Заряджена частинка здійснює гармонічні коливання по вертикалі, вздовж магнітного поля, і рух по колу змінного радіуса у площині, перпендикулярній до магнітного поля. Релятивістична пастка Пеннінга — комбінація двох зв'язаних ангармонічних осциляторів, що обмінюються енергією. Проаналізовано квазірелятивістичне наближення, оцінено можливість виникнення резонансу та вплив реакції випромінювання.

Проблеми розрізнюваності моделей темної енергії спостережуваними даними

Б. Новосядлий, О. Сергієнко

Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені Івана Франка

В доповіді аналізуються можливості розрізнення моделей динамічної темної енергії за сучасними даними спостережень та оцінюються необхідні точності майбутніх для встановлення її типу. В основу підходу покладено порівняння передбачень космологічних моделей з квінтесенційним та фантомним скалярним полем щодо динаміки розширення та формування великомасштабної структури Всесвіту з відповідними спостережуваними даними, а саме: модулями відстані до наднових типу Ia, анізотропією температури і поляризації реліктового випромінювання, баріонними акустичними осциляціями в спектрах потужності просторових неоднорідностей галактик. Показується, що точності даних по наднових типу Ia є ще далекими від необхідних для встановлення типу темної енергії. В цьому напрямку необхідно розвивати нові підходи, зокрема, метод прямого вимірювання параметра прискорення за допомогою оптичних (наприклад, ЄВТ) чи радіо-телескопів наступного покоління. Сучасні дані про великомасштабну структуру Всесвіту поки що не придатні для розрізнення типів темної енергії через їх недостатню точність, однак очікуване суттєве підвищення точності в програмах спостережень, що розвиваються (наприклад, Euclid чи BigBOSS), ймовірно зробить його можливим. Найоптимістичнішими є дані щодо анізотропії температури і поляризації реліктового випромінювання. Уже опубліковані дані 9-ти річних вимірювань в експерименті WMAP мають точність в спектрі потужності в області акустичних піків близьку до необхідної. Ще більші точності очікуються в експерименті Planck. Робиться висновок, що спектри потужності анізотропії реліктового випромінювання на високих сферичних гармоніках, отримані в експериментах WMAP, SPT і Planck, разом з очікуваними даними про характеристики баріонних осциляцій у спектрах потужності неоднорідностей просторового розподілу галактик в оглядах, які тривають, дадуть можливість значно звузити клас допустимих моделей темної енергії та, можливо, надійно встановити її тип.

Optical and EPR spectroscopy of the Er^{3+} centres in borate glasses

B. V. Padlyak^{1,2}, W. Ryba-Romanowski³, R. Lisiecki³, N. Guskos^{4,5}, G. Żołnierkiewicz⁵

¹University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland

²Institute of Physical Optics, Lviv

³Institute of Low Temperatures and Structure Research
of the Polish Academy of Sciences, Wrocław, Poland

⁴University of Athens, Athens, Greece

⁵Institute of Physics, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland

The Er-doped borate glasses with $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Er}$, $\text{LiCaBO}_3:\text{Er}$, and $\text{CaB}_4\text{O}_7:\text{Er}$ compositions were investigated by electron paramagnetic resonance (EPR) and optical spectroscopy methods. The investigated glasses of high optical quality were obtained from corresponding polycrystalline compounds by standard glass technology according to [1]. The Er impurity was added to the raw materials as Er_2O_3 compound in amounts 0.5 and 1.0 mol. %.

The EPR at liquid helium temperatures and optical spectroscopy at room temperature show that the Er impurity is incorporated into the borate glass network as Er^{3+} ions ($4f^{11}$ electron configuration, $^4I_{15/2}$ free ion ground state), exclusively. All observed EPR signals and $f - f$ transitions of the Er^{3+} centres in optical spectra of the $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Er}$, $\text{LiCaBO}_3:\text{Er}$, and $\text{CaB}_4\text{O}_7:\text{Er}$ glasses were identified.

The ground state optical absorption, luminescence excitation and emission spectra as well as luminescence kinetics for main $f - f$ transitions of the Er^{3+} centres in the $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Er}$, $\text{LiCaBO}_3:\text{Er}$, and $\text{CaB}_4\text{O}_7:\text{Er}$ glasses were investigated and analyzed. On the basis of standard Judd-Ofelt theory the oscillator strength (P_{theor}) for all observed absorption transitions and phenomenological intensity parameters (Ω_2, Ω_4 , and Ω_6) of the Er^{3+} centres in $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Er}$, $\text{LiCaBO}_3:\text{Er}$, and $\text{CaB}_4\text{O}_7:\text{Er}$ glasses were determined. Spectroscopic parameters of relevance for laser applications, including radiative decay rates (emission probabilities of transitions), W_r , branching ratios, β , and radiative lifetime, τ_{rad} , have been calculated for all main electric dipole transitions of the Er^{3+} centres in $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Er}$, $\text{LiCaBO}_3:\text{Er}$, and $\text{CaB}_4\text{O}_7:\text{Er}$ glasses. Luminescence kinetics for infrared emission band ($^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ transition, $\lambda_{\text{max}} \simeq 1530$ nm) of the Er^{3+} centres in the investigated borate glasses were satisfactorily described by single exponential decay, whereas the luminescence kinetics for green emission band ($^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ transition, $\lambda_{\text{max}} \simeq 560$ nm) of the Er^{3+} centres were described by non-exponential decay with average lifetime values. The experimental lifetimes were compared with those calculated and quantum efficiency (η) for green and infrared emission transitions were estimated and compared with corresponding quantum efficiencies of the Er^{3+} laser glasses and crystals. Perspectives of application of the $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Er}$, $\text{LiCaBO}_3:\text{Er}$, and $\text{CaB}_4\text{O}_7:\text{Er}$ glasses for solid-state lasers operating in green ($^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ channel) and infrared eye-safe ($^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ channel) spectral regions are considered.

Incorporation peculiarities and local structure of the Er^{3+} luminescence centres in the $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Er}$, $\text{LiCaBO}_3:\text{Er}$, and $\text{CaB}_4\text{O}_7:\text{Er}$ glass network are considered and discussed based on the obtained spectroscopic results and referenced structural data for investigated glasses [1] and their crystalline analogies [2,3].

Acknowledgements. This work was supported by the Ministry of Education, Science, Youth and Sport of Ukraine (project No. 0111U001627) and the University of Zielona Góra (Poland).

- [1] B. V. Padlyak, S. I. Mudry, Yu. O. Kulyk, A. Drzewiecki, V. T. Adamiv, Ya. V. Burak, I. M. Teslyuk, *Materials Science – Poland* **30**, 264 (2012).
- [2] J. Krogh-Moe, *Acta Cryst. B* **24**, 179 (1968).
- [3] L. Wu, X. L. Chen, H. Li, M. He, L. Dai, X. Z. Li, Y. P. Xu, *J. Solid State Chem.* **177**, 1111 (2004).

Основні стани моделі Ізинґа на ґратці Шастри–Сазерленда і природа дробових плато намагнетованості в тетраборатах рідкісноземельних металів

Ю. Дубленич

Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів

Геометричні фрустрації в ґраткових системах призводять до великої різноманітності явищ як у класичних, так і квантових моделях. Однак дослідження таких моделей, навіть їхніх основних станів, є складною задачею. Перша двовимірна фрустрована квантова модель, основні стани якої знайдено точно, була запропонована Шастри і Сазерлендом 1981 року [1]. Ґратка Шастри–Сазерленда (ШС) [Рис. 1(a)] — це те саме, що деформована ґратка Архімеда $3^2.4.3.4$ [Рис. 1(b)]. 1999 року було показано, що модель ШС описує магнітні властивості сполуки $\text{SrCu}_2(\text{VO}_3)_2$ [2] (синтезованої 1991 року). Згодом відкрили й інші квазидвовимірні сполуки, в яких шари магнітних атомів утворюють таку ґратку. Це, зокрема, тетраборати рідкісноземельних металів RB_4 .

Деякі з них вважають класичними системами, тому що магнетні моменти їхніх магнітних атомів великі. Якщо в кристалі є ще й сильне кристалічне поле, то такі сполуки можна описувати моделлю ШС з ефективним спіном $1/2$ і сильною Ізинґовою анізотропією. Прикладом можуть бути TmB_4 , ErB_4 і HoB_4 , в яких вісь легкого магнетування нормальна до площин ШС.

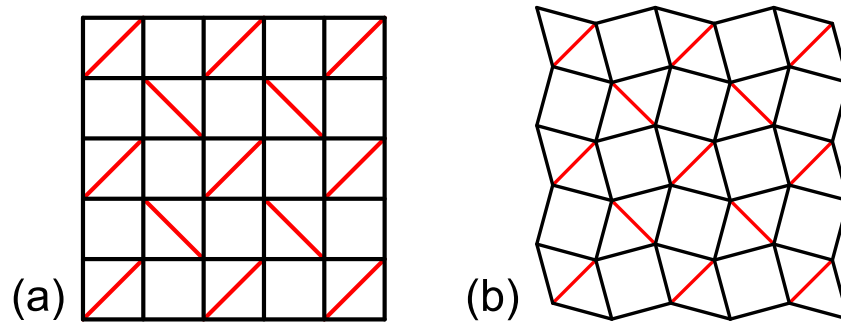


Рис. 1: (a) Ґратка Шастри–Сазерленда та (b) ґратка Архімеда $3^2.4.3.4$. Обидві ґратки топологічно еквівалентні.

В усіх квазидвовимірних магнетиках з ґраткою ШС криві залежності відношення намагнетованості m до намагнетованості насичення m_s від прикладеного магнітного поля за достатньо низьких температур мають низку дробових плато. Так, у TmB_4 за температури нижче 4 К спостерігають плато $m/m_s = 1/2, 1/7, 1/8, 1/9, \dots$, до того ж плато $1/2$ дуже широке [3]. (Поле скероване вздовж нормалі до площин ШС.) Пояснити теоретично походження цих плато — складна задача. Це намагалися зробити на основі моделі Ізинґа на ґратці ШС, тому що TmB_4 , а також ErB_4 , де спостерігали єдине дробове плато $1/2$, можна вважати Ізинґовими магнетиками. Через сильні фрустрації задачу про основні стани такої моделі важко розв'язати, тому в [1] Ізинґову границю знайдено лише для нульового поля, а для ненульового аналітичного розв'язку досі не було одержано. Є лише числові результати, які показують, що в цій моделі є єдине дробове плато — з намагнетованістю $1/3$. Однак числові результати не можна вважати надійними, бо надто малий чи невідповідний розмір фрагменту ґратки для числових розрахунків може призводити до помилкових висновків. Так, у роботі [3] числовим способом одержано плато $1/2$ (для розрахунків було взято лише 16 вузлів), якого, як показали точніші дослідження інших авторів, насправді в моделі нема.

Ми знайшли повний і точний розв'язок задачі про основні стани моделі Ізинґа на ґратці ШС, використавши метод, який недавно розробили [4, 5]. Ми строго довели, що в цій моделі й справді є лише плато $1/3$; магнітні ж структури основного стану з іншими дробовими значеннями

m/m_s існують тільки на межах повновимірних областей простору параметрів моделі (повновимірна область має вимірність усього простору). Однак урахування взаємодій щораз більшого радіуса призводитиме до того, що ці структури (стрічкового типу) одна за одною ставатимуть повновимірними, а отже породжуватимуть плато на кривій намагнетованості. Так додаткова взаємодія вздовж усіх діагоналей “порожніх” квадратів призводить до виникнення плато з намагнетованістю $1/2$. Подібний результат одержано чисельним способом у роботі [6], проте ми знайшли аж три різні фази з $m/m_s = 1/2$; одна з них напевно реалізується в EgB_4 . Результати досліджень описано в статті [7].

- [1] B. S. Shastry, B. Sutherland, *Physica (Amsterdam)* **108B+C**, 1069 (1981).
- [2] H. Kageyama *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **82**, 3168 (1999).
- [3] K. Siemensmeyer *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 177201 (2008).
- [4] Yu. I. Dublanych, *Phys. Rev. E* **84**, 011106 (2011).
- [5] Yu. I. Dublanych, *Phys. Rev. E* **84**, 061102 (2011).
- [6] T. Suzuki, Y. Tomita, N. Kawashima, *Phys. Rev. B* **80**, 180405(R) (2009).
- [7] Yu. I. Dublanych, *Phys. Rev. Lett.* **109** 167202 (2012).

Омніскопи — вікно в епоху Темних Віків

О. Сергієнко, Б. Новосядлий

Астрономічна обсерваторія

Львівський національний університет імені Івана Франка

Омніскопи — це повністю цифрові радіотелескопи, що будуть дешевшими та чутливішими за існуючі сьогодні радіоінтерферометри. Саме завдяки ним вже в недалекому майбутньому стане можливим вимірювання анізотропії зміщеної в декаметровий діапазон довжин хвиль лінії поглинання нейтрального водню 21 см, яка є основним джерелом інформації про епоху Темних Віків. Ці дані є важливими як для визначення характеристик динаміки розширення Всесвіту в широкому діапазоні червоних зміщень і встановлення спостережних обмежень на моделі динамічної темної енергії, так і для опису іонізаційної історії Всесвіту, а отже для встановлення спостережних обмежень на моделі розпадної темної матерії. Ми обговорюємо можливості розрізнення космологічних моделей з різними типами темної матерії та темної енергії за даними томографії за червоним зміщенням, реалізованої за допомогою омніскопа, та необхідні для цього теоретичні розрахунки спектра потужності лінії 21 см в епоху Темних Віків.

Розсіяння скалярних частинок з тахіонною взаємодією

І. Загладько, А. Дувіряк

Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів, 79011, Україна

Ця доповідь присвячена 50-річчю гіпотези Олексі-Мирона Біланюка та Джорджа Сударшана про існування тахіонів. Подальший розвиток гіпотези виявив проблеми послідовного квантування тахіонного поля, як і брак достовірних експериментальних даних про існування квантів цього поля. Безвідносно до того, чи існують вільні тахіони, чи ні, тахіонне поле можна уявити в ролі посередника взаємодії між частинками матерії.

Ми розглядаємо скалярну модель Юкави, в якій комплексні (тобто заряджені) скалярні поля матерії взаємодіють через дійсне скалярне поле з уявною масою спокою. Тахіонні ступені вільності вилучаються з лагранжіану моделі на класичному рівні, а взаємодія між полями матерії ефективно описується симетричною функцією Гріна тахіонного поля, що з'являється в нелокальному члені редукованого лагранжіану. У такому вигляді модель квантується згідно зі схемою, раніше розробленою для випадку нелокальних лагранжіанів.

Знайдено унітарну матрицю розсіяння для такої моделі з точністю до квадрату константи взаємодії. Обчислено диференційний перетин пружного розсіяння двох частинок різних сортів. Досліджено особливості цього перетину та його залежність від мас взаємодіючих частинок та уявної маси посередника — тахіонного поля. Обчислено інтегральний перетин розсіяння та знайдено умову його скінченності. Обчислено потенціал тахіонної взаємодії в нерелятивістичному наближенні.

Геометрія многовиду власних станів спіну-1 в магнітному полі

А. Р. Кузьмак

Кафедра теоретичної фізики,
Львівський національний університет імені Івана Франка

Отримано метрику многовидів власних станів гамільтоніана спіну-1 в магнітному полі, яке задається напрямними кутами. Підпростори визначаються цими напрямними кутами. Показано, що многовиди власних станів із власними значеннями $\hbar\omega$, $-\hbar\omega$ (де $\hbar\omega$ — величина, пропорційна напруженості магнітного поля) збігаються і є сферами радіуса $1/\sqrt{2}$, а многовид власного стану з власним значенням 0 є півсферою радіуса 1. Розглянуто еволюцію спіну-1 в магнітному полі, якщо початковий стан лежить в одному з многовидів. Показано, що еволюція буде повністю відбуватися в тому многовиді, в якому лежить початковий стан.

Релятивістська динаміка та деформована Пуанкаре-симетрія

М. І. Самар

Кафедра теоретичної фізики,
Львівський національний університет імені Івана Франка

Ми досліджуємо класичну (неквантову) границю двопараметричної Лоренц-коваріантної деформованої алгебри Гайзенберга з мінімальною довжиною, яку було запропоновано в роботі [1]. Деформація комутаційних співвідношень приводить до деформації симетрійних властивостей простору-часу. Ми побудували дію релятивістської частинки, яка є інваріантною відносно згаданих деформованих симетрій. Як виявилось, дужки Дірака, що відповідають цій динамічній моделі, збігаються з класичною границею деформованої алгебри Гайзенберга. Таким чином, у цій роботі отримано дію релятивістської частинки в деформованому просторі.

[1] С. Quesne, V. M. Tkachuk, J. Phys. A: Math. Gen. **39**, 10909 (2006).

Чисельні результати для енергії основного стану рідкого гелію-4 в наближенні двох сум за хвильовим вектором

О. І. Григорчак

Кафедра теоретичної фізики,
Львівський національний університет імені Івана Франка

Існує досить велика кількість різноманітних теоретичних підходів до розрахунку кінетичної, потенціальної і повної внутрішньої енергії рідкого гелію-4 при температурі абсолютного нуля. З чисельними результатами, які виникають при використанні цих підходів, можна познайомитися в роботі [1]. Коли ж іде мова про представлення колективних змінних і наближення двох сум за хвильовим вектором, то тут доцільним буде звернутися до роботи [2], де наведені як символічні, так і чисельні результати для кінетичної, потенціальної та повної внутрішньої енергії в границі низьких температур.

В цій роботі вирази для згаданих вище величин, зокрема для енергії основного стану, природно виникають як результат низькотемпературної границі відповідних величин, отриманих для широкої області температур. Самі ж ці величини були розраховані на основі матриці густини багатобозонної системи з урахуванням три- та чотиричастинкових прямих кореляцій [3].

[1] І. О. Вакарчук, Р. О. Притула, А. А. Ровенчак, Журн. фіз. досл. **11**, 259 (2007).

[2] И. А. Вакарчук, Теор. мат. физ. **82**, 438 (1990).

[3] І. О. Вакарчук, О. І. Григорчак, Журн. фіз. досл. **13**, 3004 (2009).

Ефект Казимира в електродинаміці Подольського

Мар'яна Блажиевська

Кафедра теоретичної фізики,
Львівський національний університет імені Івана Франка

У класичній електродинаміці ми стикаємося з сингулярністю r^{-1} , яка приводить до безмежної величини власної енергії електрона. Тому великий інтерес викликають теорії, в яких вдається оминати цю проблему. Такою теорією є електродинаміка з вищими похідними, запропонована в роботі Подольського [1].

Одним з проявів існування нульових коливань поля є ефект Казимира [2]. Суть ефекту полягає у взаємному притяганні провідних незаряджених тіл під дією квантових флуктуацій у вакуумі. Найчастіше мова йде про дві паралельні дзеркальні поверхні, що розташовані на близькій відстані, проте ефект Казимира існує і при складнішій геометрії. Ефект був передбачений голландським фізиком Гендріком Казимиром (Hendrik Casimir, 1909–2000) в 1948 році, а пізніше підтверджений експериментально.

У роботі [3] досліджено ефект Казимира на основі узагальненої електродинаміки Подольського. Знайдено вирази для густини енергії та сили Казимира в одновимірному та тривимірному випадках. Показано, що доданок спричинений наявністю параметра Подольського, має характер поправки.

[1] B. Podolsky, Phys. Rev. **62** 68 (1942).

[2] H. B. G. Casimir, Proc. Kon. Nederl. Akad. Wet. **51** (1948) 793.

[3] М. Блажиевська, Журн. фіз. досл. **16** 3001 (2012).

Т. В. Голубець

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів

У рамках формалізму об'ємного усереднення переглянуто основні співвідношення фізики поверхні для пористого зволоженого матеріалу. Сформульовано умови рівноваги між рідиною і газом у пористому матеріалі. Означено функцію розподілу розміру пор за радіусом. Відповідно до експериментальних даних розраховано залежність відносних проникностей рідини та газу у пористому матеріалі від ступеня насичення пор рідиною. З допомогою порівняльного аналізу напівемпіричних моделей зволоження запропоновано метод визначення власної проникності твердої фази та рівноважного зволоження у пористому матеріалі.

Критична поведінка моделі Поттса на складній мережі

Мар'яна Красницька¹, Бертран Бери², Юрій Головач¹

¹Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів,

²Університет Нансі, Нансі, Франція

Модель Поттса — одна із найпопулярніших класичних спінових моделей статистичної фізики [1]. У переважній більшості задач розглядається ґраткова версія цієї моделі. Проте, багато природних чи створених людиною систем краще описуються топологією мережі [2] — випадкового графа. В нашому дослідженні розглядається q -станова модель Поттса на складній нескорельованій мережі зі степенево згасною функцією розподілу вузлів $P(k) \sim 1/k^\lambda$. При дослідженні використовуємо наближення середнього поля, що для мереж дозволяє отримати асимптотично точні результати. В залежності від значення параметрів (q та λ) спостерігаємо фазові переходи першого та другого роду або ж система залишається впорядкованою за будь-яких значень температури. Як один із граничних випадків, розглянуто модель Поттса при $q \rightarrow 1$ (задача про перколяцію), встановлено відповідність між перколяційними критичними показниками та магнітними. Цікавим є те, що при $\lambda = 4$ у термодинамічних функціях виникають логарифмічні поправки до скейлінгу.

[1] F.Y. Wu. Rev. Mod. Phys. **54** (1982), 235–268.

[2] Ю. Головач, К. фон Фербер, О. Олемської та ін. Журн. Фіз. Досл. **10** (2006), 247–289.

Одночастинковий спектр та діаграми стану протонного провідника (підхід жорстких бозонів)

І. В. Стасюк, О. А. Воробйов, Р. Я. Стеців

Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів

Досліджуються рівноважні стани та енергетичний спектр кристалічного протонного провідника. Рух протонів по підґратці дозволених позицій описується на основі моделі жорстких бозонів, де частинки підлягають статистиці Паулі. Основна увага спрямована на вивчення впливу короткосяжних кореляцій на рівноважні стани підсистеми протонів та фазові переходи між ними, а також на спектр одночастинкових збуджень.

Розгляд проводиться двома способами. З одного боку використовується техніка точної діагоналізації на кластерах, а з другого — аналітичні розрахунки в рамках методу функцій Гріна та наближення хаотичних фаз.

У першому з цих випадків, виходячи з орієнтаційно-тунельного механізму протонного переносу, розраховано одночастинкові спектральні густини для моделі одновимірного водневозв'язаного ланцюжка атомів (з $N = 10$ вузлами). Проаналізовано зміну їх форми під впливом короткосяжних протонних кореляцій та встановлено умови, при яких відбувається перебудова основного стану системи. Отримано фазові діаграми, що визначають області існування нормальних фаз (типу моттівського діелектрика (MI) чи зарядового впорядкування (CDW)), а також фази з бозеконденсатом (SF).

У другому випадку, з метою порівняння з результатами числових розрахунків, розглянено енергетичний одночастинковий спектр двошпідграткової моделі жорстких бозонів, де нееквівалентність локальних позицій у підгратках A і B може бути, зокрема, наслідком зарядового впорядкування. Проаналізовано їх специфічні особливості (такі як відкриття щілини у спектрі, поява від'ємних гілок), що відповідають переходам до CDW чи SF фаз. Підтверджено можливість ідентифікації тих чи інших фаз за формою одночастинкових спектральних густин.

Обговорюється питання про можливість інтерпретації суперіонного переходу у протонному провіднику як переходу до SF фази (фази з бозеконденсатом) у картині жорстких бозонів.

Вплив гідростатичного тиску на фазовий перехід та поздовжні термодинамічні характеристики сегнетоелектриків $K(H_{1-x}D_x)_2PO_4$

Р. Р. Левицький¹, І. Р. Зачек², А. С. Вдович¹

¹Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів,

²Національний університет "Львівська політехніка", Львів

В рамках модифікованої моделі протонного впорядкування сегнетоелектриків з водневими зв'язками типу KH_2PO_4 з врахуванням лінійних за деформаціями ε_i і ε_6 внесків в енергію протонної системи в наближенні чотиричастинкового кластера з врахуванням короткосяжних і далекосяжних взаємодій, гідростатичного $p = -\sigma_i$ та одновісного $p = -\sigma_3$ тисків і поздовжнього електричного поля розраховано термодинамічний потенціал [1]. З умови мінімуму термодинамічного потенціалу отримано систему рівнянь для деформацій ε_i , ε_6 та параметра порядку. Використовуючи отримані рівняння, розраховано поздовжню статистичну проникність механічно затиснутого та механічно вільного кристалу, коефіцієнти п'єзоелектричної напруги і деформації, пружні сталі при постійному полі.

При прикладанні згаданих вище тисків змінюються деформації ε_i , ε_6 та параметр порядку, що призводить до залежності від цих тисків температури фазового переходу та всіх інших характеристик цих кристалів. При належному виборі мікропараметрів, отримано добрий кількісний опис експериментальних даних для сегнетоелектриків $K(H_{1-x}D_x)_2PO_4$.

Врахування деформацій ε_i практично не змінює спонтанну поляризацію, діелектричну проникність, d_{36} , e_{36} та c_{66}^E , але дає можливість розрахувати коефіцієнти п'єзоелектричної напруги e_{3i} та пружні сталі c_{ij}^E для кристалів, які досліджуються.

[1] А. С. Вдович, Р. Р. Левицький, І. Р. Зачек, препр. Ін-ту фіз. конденс. систем ICMP-12-17U (Львів, 2012).

[2] С. Г. Жуков, В. А. Кульбачинский, П. С. Смирнов, Б. А. Струков, С. М. Чудинов, Изв. АН СССР. Сер. физ. **49**, 255 (1985).

[3] G. A. Samara, *Ferroelectrics* **22**, 925 (1979).

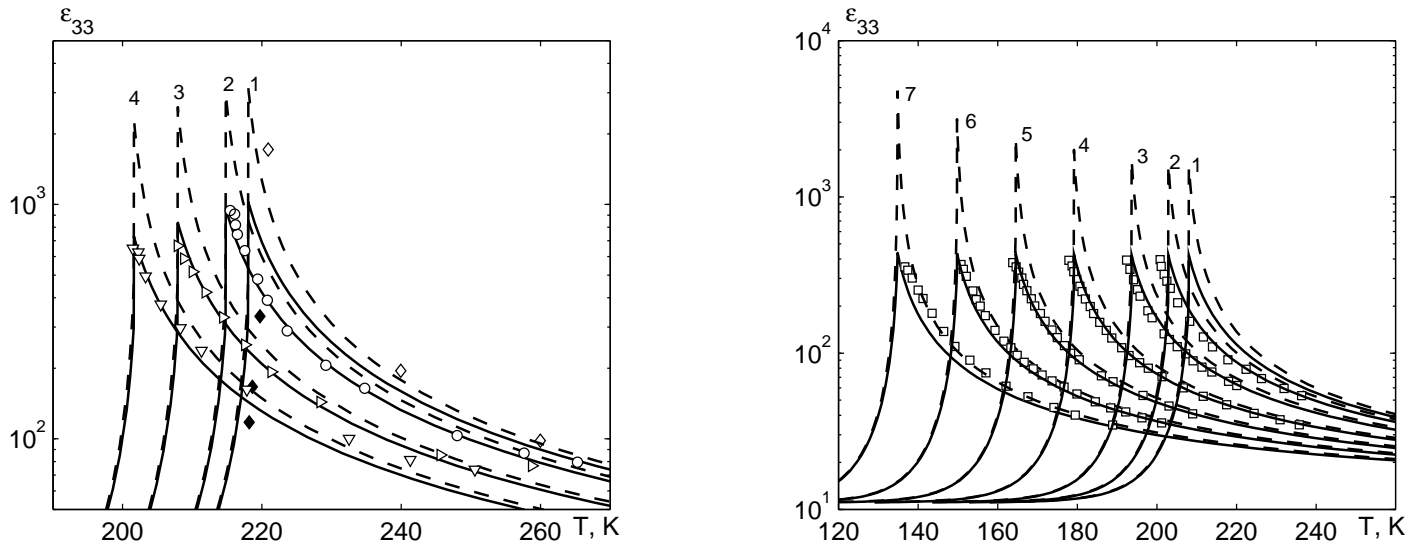


Рис. 2: Температурні залежності поздовжньої статичної діелектричної проникності кристала $K(H_{0.02}D_{0.98})_2PO_4$ при різних значеннях гідростатичного тиску p , ГПа: 0.0 — 1, \diamond , \blacklozenge ; 0.15 — 2, \circ ; 0.47 — 3, \triangleright ; 0.76 — 4, ∇ , [2] (зліва) і кристала $K(H_{0.16}D_{0.84})_2PO_4$ при різних значеннях гідростатичного тиску p , ГПа: 0.0 — 1; 0.18 — 2; 0.50 — 3; 1.0 — 4; 1.5 — 5; 2.0 — 6; 2.5 — 7; \square — [3] (справа). Суцільні лінії — проникність затиснутого, а штрихові — вільного кристала.

Фазовий перехід в одновимірній системі гармонічних осциляторів у статистиці Поліхронакоса з комплексним параметром

А. Ровенчак

Кафедра теоретичної фізики

Львівський національний університет імені Івана Франка

Встановлено існування фазового переходу в одновимірній системі гармонічних осциляторів, що підлягають дробовій статистиці Поліхронакоса з комплексним параметром. Розраховано й детально проаналізовано температурні залежності енергії та теплоємності. Знайдено значення критичних температур, які відповідають розривам термодинамічних функцій. Оцінено можливості експериментальної перевірки отриманих стрибкоподібних змін питомої теплоємності.

Бігамільтонові структури і пари узгоджених алгебр Лі

Андрій Панасюк

Вармінсько-Мазурський університет, Ольштин, Польща

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів

Доповідь буде присвячена парам структур алгебр Лі на векторному просторі, узгоджених між собою, тобто таких, що їх сума (а значить і кожна лінійна комбінація) є алгеброю Лі. Джерелом теорії таких пар є т. зв. бігамільтонові системи, тобто динамічні системи, які є гамільтоновими на два способи (відносно двох різних дужок Пуассона з двома різними гамільтоніанами).

Після вступу до таких систем будуть перелічені відомі факти про класифікацію узгоджених пар, а також сформульовані недавні результати автора на цю тему, що стосуються часткового випадку, коли одна з двох Лі є напівпроста.

Плоскозонний феромагнетизм як Паулі-скорельована перколяція

Микола Максименко^{1,2}

¹Max-Planck-Institut für Physik Komplexer Systeme, Dresden, Germany

²Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів

Екзотичним прикладом, коли система “зонних” (блукаючих у кристалі) електронів стає феромагнітною — є “плоскозонний феромагнетизм”, що виникає на класі фрустрованих ґраток. Тут електрони можуть бути локалізовані в обмежених областях ґратки і проявлятимуть феромагнетизм за певної концентрації. Подібно до правил Хунда для електронів локалізованих на іоні, принцип Паулі дозволяє мінімізувати кулонівську енергію відштовхування завдяки зменшенню перекриття хвильових функцій і утворенню феромагнітного стану з електронів, що локалізовані в сусідніх областях ґратки. Раніше було зауважено, що ця проблема може бути змапована на задачу про протікання. Система стає феромагнітною, як тільки концентрація електронів дозволяє утворення безмежно великого кластера.

У своїх дослідженнях ми показали, що завдяки принципу Паулі, ця проблема приводить до нового класу задачі про протікання — Паулі-скорельованої перколяції [1]. Тут квантовомеханічний принцип Паулі і ентропійні ефекти призводять до того, що феромагнітні кластери ефективно взаємодіють і відштовхуються. Навідміну від стандартної задачі про протікання, тут фазовий перехід є переходом першого роду з широкою областю співіснування парамагнітної і феромагнітної фази, а електронна система є феромагнітною у “широкому” інтервалі електронних концентрацій.

Нова перколяційна проблема має не лише фізичний зміст з можливою реалізацією в оптичних ґратках чи органічних полімерах, але є і цікавою задачею статистичної фізики. Зокрема вона має нетривіальний точний розв’язок в одновимірному випадку, а також для безмежновимірної ґратки Бете, де існування фазового переходу першого роду може бути показане аналітично [2].

Ці дослідження виконані спільно з Андреасом Гоннекером (Університет Геттінгена), Рьодріхом Мьоснером (Інститут фізики складних систем, Дрезден), Йоганесом Ріхтером (Університет Маґдебурґа), Олегом Держком (ІФКС, Львів) та Кірілом Штенгелем (Університет Каліфорнії).

[1] M. Maksymenko, A. Honecker, R. Moessner, J. Richter, O. Derzhko, Phys. Rev. Lett. **109**, 096404 (2012).

[2] M. Maksymenko, K. Shtengel, R. Moessner, (in preparation).

Дослідження псевдоспінових систем методом локального поля

С. І. Сороков, А. Я. Андрусик

Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів

У даній роботі для псевдоспінової моделі з парною взаємодією з довільним радіусом взаємодії записані функціональні рівняння, в яких n -кратні мацубарівські функції Гріна виражені через n -кратні мацубарівські функції Гріна системи невзаємодіючих псевдоспінів у квантових локальних полях і n -кратний функціонал розподілу цих полів [1]. Показано, що у випадку одновузлового кластерного наближення можна вивести замкнуте інтеґро-функціональне рівняння для одновузлового функціоналу розподілу. У випадку моделі Ізинґа в поперечному полі для ізинґівських флуктуацій локальних полів при врахуванні 1-ї координатної сфери отримане інтеґральне рівняння для функції розподілу полів $\rho(\sigma)$. Воно аналогічне інтеґральному рівнянню для функції розподілу кластерних полів моделі Ізинґа з випадковою взаємодією на ґратці Бете [2] і відрізняється лише виразом для інтеґрального ядра. Розв’язки для $\rho(\sigma)$ завжди містять частину, яка складається з

δ -функцій, а також кусочно-неперервну частину $\tilde{\rho}(\sigma)$. Ми сформулювали самоузгоджену ітераційну методику розв'язку інтегрального рівняння для $\rho(\sigma)$. Результати розрахунків порівняні з відповідними результатами у випадку моделі Ізинґа з довільним радіусом взаємодії [3], а також для моделі Ізинґа в поперечному полі в наближенні δ -функцій для функції розподілу $\rho(\sigma)$ [4, 5].

- [1] И. П. Юхновский, С. И. Сороков, Р. Р. Левицкий, препринт ИТФ-86-154Р (Киев, 1986).
- [2] S. I. Sorokov, R. R. Levitskii, A. S. Vdovych, *Condens. Matter Phys.* **8**, 603 (2005).
- [3] S. I. Sorokov, R. R. Levitskii, T. M. Verkholyak, *Phys. Stat. Solidi (b)* **211**, 759 (1999).
- [4] F. C. Barreto, I. P. Fittipaldi, *Physica A*, **129A**, 360 (1985).
- [5] W. Song, C. Z. Yang, *Solid. State Commun.* **93**, 83 (1995).

Deformed Heisenberg algebra with minimal length and the equivalence principle

V. Tkachuk

Department for Theoretical Physics,
Ivan Franko National University of Lviv

Studies in string theory and quantum gravity lead to the generalized uncertainty principle (GUP) and suggest the existence of a fundamental minimal length which, as was established, can be obtained within the deformed Heisenberg algebra. The first look on the classical motion of bodies in a space with corresponding deformed Poisson brackets in a uniform gravitational field can give an impression that bodies of different mass fall in different ways and, thus, the equivalence principle is violated. Analyzing the kinetic energy of a composite body, we find that the motion of its center of mass in the deformed space depends on some effective parameter of deformation. It gives a possibility to recover the equivalence principle in the space with deformed Poisson brackets and, thus, GUP is reconciled with the equivalence principle. We also show that the independence of kinetic energy on composition leads to the recovering of the equivalence principle in the space with deformed Poisson brackets.

Main results of this report were published in [V. M. Tkachuk, *Phys. Rev. A* **86**, 062112 (2012)].