

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ  
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

## **РІЗДВЯНІ ДИСКУСІЇ 2012**

**ПРОГРАМА І ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

**Львів, 3–4 січня 2012 року**

Ауд. 10 (вул. Драгоманова, 12)

**3 січня 2012 року**

**10:00** Відкриття. *І. О. Вакарчук*

Головуючий: **І. Вакарчук**

**10:00+ε–10:45** *Ю. Яремко*, До питання про випромінювання тахіона

**10:45–11:30** *B. Padlyak, A. Drzewiecki*, Spectroscopy of the  $\text{LiCaBO}_3$  glasses, doped with manganese and copper

**11:30–12:00** Кава

**12:00–12:45** *Б. Новосядлий*, Прискорене розширення Всесвіту: нове поле чи інша гравітація?

**12:45–13:30** *Ю. Дубленич*, Квазікристали на трикутній ґратці

Головуючий: **Ю. Калюжний**

**15:00–15:45** *Т. Верхоляк*, Точний розв'язок для основного стану квантової спіні-1/2 фрустрованої драбинки Ізінґа–Гайзенберґа

**15:45–16:30** *С. Сороков, Р. Левицький, А. Вдович*, Псевдоспінові системи з випадковими параметрами гамільтоніану

**16:30–17:00** Кава

**17:00–17:45** *О. Сергієнко, Б. Новосядлий*, Спектр потужності лінії 21 см в епоху Темних Віків та розрізнюваність космологічних моделей

**17:45–18:10** *І. Вакарчук, Р. Притула, В. Пастухов*, Розрахунок теплоємності рідкого  $^4\text{He}$  для температур, вищих за критичну

**18:10–18:30** *І. Вакарчук, Г. Паночко*, Повна матриця густини системи “бозе-рідина + домішка” в наближенні парних кореляцій

4 січня 2012 року

Головуючий: **Б. Новосядлий**

**10:00–10:45** *V. Blavatska, C. von Ferber, Yu. Holovatch*, Shapes of macromolecules in porous environment

**10:45–11:30** *A. Швайка*, Спектри поглинання та резонансне непружне розсіяння X-променів у моттівському діелектрику

**11:30–12:00** Кава

**12:00–12:45** *S. Kondrat*, Physics of nano-porous super-capacitors with ionic liquids

**12:45–13:30** *В. Ткачук*, Релятивістський атом водню в просторі з алгеброю де Сіттера

Головуючий: **Ю. Головач**

**15:00–15:45** *А. Панасюк*, Властивість опуклості відображення моментів

**15:45–16:30** *Р. Левицький, І. Зачек, А. Вдович*, Температурні, частотні і баричні залежності фізичних характеристик квазіодновимірних сегнетоелектриків  $\text{Cs}(\text{H}_{1-x}\text{D}_x)_2\text{PO}_4$

**16:30–17:00** Кава

**17:00–17:45** *Ю. Калюжний*, Водні розчини електролітів: чи можна пояснити поведінку осмотичних коефіцієнтів тільки на основі розмірів йонів?

**17:45–18:30** *А. Трохимчук*, Виключений об'єм та фазові переходи у м'якій речовині

**18:30** Закриття

## До питання про випромінювання тахіона

Ю. Яремко

Інститут фізики конденсованих систем Національної Академії Наук України,  
вул. Свенціцького 1, 79011 Львів

Розглядається проблема випромінювання гіпотетичної частинки, що несе електричний заряд та рухається швидше за світло. Показано, що заряджений тахіон може існувати лише впродовж обмеженого проміжку часу (на відміну від субсвітлових зарядів, як от протона чи електрона).

### Spectroscopy of the $\text{LiCaBO}_3$ glasses, doped with manganese and copper

*B. V. Padlyak<sup>1</sup>, A. Drzewiecki<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Physical Optics, Drahomanov St. 23, 79-005 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Division of Spectroscopy of Functional Materials, Institute of Physics,  
University of Zielona Góra, Prof. Szafrana St. 4a, 65-516 Zielona Góra, Poland

The series of new glasses with  $\text{LiCaBO}_3$  composition, doped with Mn and Cu ( $\text{LiCaBO}_3\text{:Mn}$  and  $\text{LiCaBO}_3\text{:Cu}$ ) were obtained and their electron paramagnetic resonance (EPR) and optical spectra were investigated and analyzed. The  $\text{LiCaBO}_3\text{:Mn}$  and  $\text{LiCaBO}_3\text{:Cu}$  glasses of high optical quality were obtained from corresponding polycrystalline compounds by fast cooling of their melts. The melts were heated more than 100 K higher than melting temperatures of the  $\text{LiCaBO}_3$  compound ( $T_{\text{melt}} = 1103$  K) for exceeding of the glass transition point. For solid state synthesis of the  $\text{LiCaBO}_3$  compound were used lithium and calcium carbonates ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$  and  $\text{CaCO}_3$ ) and boric acid ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) of high chemical purity. The Mn and Cu impurities were added to the melt compositions in the form of  $\text{MnO}_2$  and  $\text{CuO}$  oxides in amounts 0.5 and 1.0 mol. %.

On the basis of EPR spectra analysis it was shown that the Mn and Cu impurities are incorporated into the  $\text{LiCaBO}_3$  glass network as  $\text{Mn}^{2+}$  ( $3d^5$ ,  ${}^6\text{S}_{5/2}$ ) and  $\text{Cu}^{2+}$  ( $3d^9$ ,  ${}^2\text{D}_{5/2}$ ) paramagnetic ions. Observed EPR spectra of the  $\text{Mn}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  centers in  $\text{LiCaBO}_3$  glasses are characteristic for glassy (or vitreous) compounds and are closely similar to the corresponding EPR spectra of the Mn- and Cu-doped glasses with  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  and  $\text{KLiB}_4\text{O}_7$  compositions, investigated by us earlier [1-3].

The EPR spectra, observed in the  $\text{LiCaBO}_3\text{:Mn}$  glasses have been attributed to the isolated  $\text{Mn}^{2+}$  ions with broad distribution of crystal field parameters and small clusters of the  $\text{Mn}^{2+}$  ions in the trigonally-distorted octahedral sites of the glass network. Positions of the  $\text{Mn}^{2+}$  EPR lines in the  $\text{LiCaBO}_3\text{:Mn}$  glasses are almost independent of temperature in the 77–300 K range and their intensities increase with increasing amount of the Mn impurity. The EPR spectra parameters of  $\text{Mn}^{2+}$  centers (isotropic g-factors and hyperfine constants of the  ${}^{55}\text{Mn}$  isotopes as well as peak-to-peak derivative linewidths of hyperfine components) in the  $\text{LiCaBO}_3\text{:Mn}$  glasses are determined at  $T = 300$  K.

By optical spectroscopy it was shown that Mn impurity is incorporated into the LiCaBO<sub>3</sub> glass network simultaneously as Mn<sup>2+</sup> (3d<sup>5</sup>) and Mn<sup>3+</sup> (3d<sup>4</sup>) ions. All observed transitions of the Mn<sup>2+</sup> and Mn<sup>3+</sup> centers in the optical absorption, emission, and luminescence excitation spectra of the LiCaBO<sub>3</sub>:Mn glasses have been identified. In particular, broad optical absorption band with maximum near 470 nm is related to the <sup>5</sup>E<sub>g</sub> → <sup>5</sup>T<sub>2g</sub> spin-allowed transition of the Mn<sup>3+</sup> centers in octahedral sites and intense absorption at λ < 350 nm is assigned to the Mn<sup>3+</sup> → O<sup>2-</sup> charge-transfer band. Complex intense emission band, peaked around 600 nm, belongs to <sup>4</sup>T<sub>1g</sub> → <sup>6</sup>A<sub>1g</sub> transition of the Mn<sup>2+</sup> centers in octahedral sites of LiCaBO<sub>3</sub> glass structure. The luminescence kinetics of the Mn<sup>2+</sup> emission bands in the LiCaBO<sub>3</sub>:Mn glasses, containing 0.5 and 1.0 mol.% of MnO are investigated and their lifetime values were determined at T = 300 K.

The observed EPR spectra of Cu<sup>2+</sup> centers in the LiCaBO<sub>3</sub>:Cu glasses have been assigned to the isolated Cu<sup>2+</sup> centers in octahedral sites of the glass network. Positions of the Cu<sup>2+</sup> EPR lines in the LiCaBO<sub>3</sub>:Cu glasses are independent of temperature in the 77–300 K range and their intensities increase with increasing amount of the Cu impurity. The EPR spectra parameters of Cu<sup>2+</sup> centers (axial g-factors and hyperfine constants of the <sup>63</sup>Cu and <sup>65</sup>Cu isotopes as well as peak-to-peak derivative linewidths of hyperfine components) in the LiCaBO<sub>3</sub>:Cu glasses were determined at T = 300 K.

Optical spectroscopy of the LiCaBO<sub>3</sub>:Cu glasses shows that the Cu impurity is incorporated into the LiCaBO<sub>3</sub> glass network simultaneously as Cu<sup>2+</sup> (3d<sup>9</sup>) and Cu<sup>+</sup> (3d<sup>10</sup>) ions. Characteristic broad absorption band, peaked about 750 nm, was assigned to the <sup>2</sup>B<sub>1g</sub> → <sup>2</sup>B<sub>2g</sub> transition of Cu<sup>2+</sup> centers in the octahedral sites of the LiCaBO<sub>3</sub> glass network. An intense absorption in the UV region (λ < 350 nm) was assigned to the Cu<sup>2+</sup> → O<sup>2-</sup> charge-transfer band. Complex broad emission bands around 450 nm were observed in photoluminescence spectra of the LiCaBO<sub>3</sub>:Cu glasses. The emission bands belonged to the parity- and spin-forbidden 3d<sup>9</sup>4s → 3d<sup>10</sup> transition from triplet state of the Cu<sup>+</sup> centers with different local environments or their distortion. The luminescence kinetics of the Cu<sup>+</sup> emission bands in the LiCaBO<sub>3</sub>:Cu glasses, containing 0.5 and 1.0 mol.% of CuO<sub>2</sub> are investigated and their lifetime values were determined at T = 300 K.

The EPR and optical spectra and their parameters in the LiCaBO<sub>3</sub>:Mn and LiCaBO<sub>3</sub>:Cu glasses have been analyzed in comparison with the corresponding spectra and parameters for Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Mn, KLiB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Mn, Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu, and KLiB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu glasses, containing 0.4 and 1.6 mol.% of MnO<sub>2</sub> [1-3]. A possible local structure of the Mn<sup>2+</sup>, Mn<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, and Cu<sup>+</sup> impurity centers in the LiCaBO<sub>3</sub> glass network are discussed on the basis of obtained and referenced spectroscopic and structural data for different borate glasses and their crystalline analogies.

**Acknowledgements.** This work was supported by the Ministry of Education and Sciences of Ukraine (Research Project No. 0111U001627) and the University of Zielona Góra (Poland).

- [1] Padlyak B V, Wojtowicz W, Adamiv V T, Burak Ya V, Teslyuk I M 2010 Acta Phys. Pol. A **117** (1) 122.
- [2] Padlyak B, Ryba-Romanowski W, Lisiecki R, Smyrnov O, Drzewiecki A, Burak Ya, Adamiv V, Teslyuk I 2010 J. Non-Cryst. Solids **356** 2033.
- [3] Padlyak B V, Drzewiecki A, Smyrnov O O 2010 Current Topics of Biophysics **33** (suppl. A) 171.

## **Прискорене розширення Всесвіту: нове поле чи інша гравітація?**

*Б. Новосядлий*

*Астрономічна обсерваторія,*

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

Пояснення виявленого у спостереженнях за далекими надновими типу Ia, а також у дослідженнях спектра потужності реліктового випромінювання та просторового розподілу галактик прискореного розширення Всесвіту вимагає модифікації теорії тяжіння або введення у фізику нового поля, яке проявляє себе на космологічних масштабах. В обох підходах запропоновано ряд моделей, що добре узгоджуються із даними космологічних спостережень, однак, для встановлення істинної фізичної причини прискореного розширення Всесвіту необхідні точніші спостережувальні дані в різних просторово-часових масштабах та нові локальні експериментальні тести. В доповіді висвітлюється стан та перспективи встановлення природи темної енергії, як узагальненої фізичної сутності, що зумовлює прискорене розширення Всесвіту. Приводяться також результати досліджень властивостей темної енергії у формі скалярного поля, отримані в Астрономічній обсерваторії Львівського національного університету імені Івана Франка.

## **Квазікристали на трикутній ґратці**

*Ю. Дубленич*

*Інститут фізики конденсованих систем НАН України,  
вул. Свенціцького 1, 79011 Львів*

Проблема утворення структур є однією з найважливіших і найцікавіших проблем сучасної фізики. Однак попри те, що інтенсивні дослідження в цій галузі тривають уже не одне десятиліття, залишається чимало фундаментальних ключових питань, на яких ще й досі нема відповіді. Серед них ось такі: чому формуються квазікристали — упорядковані, однак аперіодичні структури з дискретним спектром, індексація якого вимагає скінченної, але більшої, ніж вимірність структури, кількості базисних

векторів? [1, 2]; яким є механізм їх росту?; чи існують цілком упорядковані структури, які не є ані кристалами, ані квазікристалами (наприклад, так звані майже періодичні кристали [3] або безладно упорядковані структури [4])? Наша робота й подальші дослідження проллють трохи світла на усі ці проблеми.

Ми розглядаємо доволі просту модель ґраткового газу на трикутній ґратці лише з одним сортом частинок та взаємодіями скінченного радіуса і доводимо, що в цій моделі існує складний континуум основних станів, параметризованих густиною частинок, а якщо взаємодія сягає восьмих сусідів, то навіть більше — хемічним потенціалом. Поміж структур континууму є як упорядковані, так і частково хаотизовані структури. Останні є періодичними з точністю до хаотизації. Упорядковані ж структури аперіодичні. Цілком можливо, що серед них є як квазікристалічні структури, так і аперіодичні структури, які не є квазікристалами.

Досі точаться суперечки про те, яким є механізм стабілізації квазікристалічних структур: енергетичним чи ентропійним [5, 6, 7]? Енергетичний механізм передбачає існування ідеально упорядкованих квазікристалічних основних станів, зумовлених короткосяжними взаємодіями. За ентропійного механізму, тобто домінантної ролі ентропії в стабілізації, квазікристалічні структури можуть існувати лише за досить високої температури і переходять у звичайні періодичні структури, якщо температура нижчає. Наші результати свідчать на користь енергетичного механізму стабілізації аперіодичних структур (і квазікристалічних у тому числі).

Квазікристалічні структури описують на основі математичної теорії аперіодичних замощень. Таке замощення розглядав ще Кеплер [8]. В наш час вперше аперіодичне замощення описано в дисертації Берже за 1964 рік [9]. Воно побудоване з так званих плиток Ван'га. Перші ж двовимірні моделі ґраткового газу з аперіодичними основними станами відомі ще з 80-их років минулого століття (виникли одразу ж після відкриття квазікристалів) [11]. Однак усі ці моделі базуються на певних аперіодичних замощеннях і містять багато сортів частинок (щонайменше шістнадцять [11]). Ми ж одержали упорядковані аперіодичні структури в моделі лише з одним сортом частинок.

Досі не до кінця з'ясовано механізм росту квазікристалічної структури. Правила сумісності (*matching rules*) в математичній теорії замощень призводять до нелокальності росту. З цього було зроблено висновок, що ці правила вимагають далекосяжних взаємодій, а отже не є фізичними. Згодом було показано, що нелокальні правила сумісності можна замінити локальними, а отже фізичними правилами, які відповідають короткосяжним взаємодіям [12]. Модель, яку ми розглядаємо, містить лише короткосяжні взаємодії, а проте механізм росту аперіодичних структур у цій моделі нелокальний. Цей механізм можна б назвати “фазонним”, бо він полягає в тому, що дефекти, які неминуче утворюються в процесі росту, самоусуваються завдяки фазонним перескокам частинок.

- [1] C. Janot, *Quasicrystals: A Primer*, Oxford University Press, Oxford, 1994.
- [2] J. Miękisz, *J. Stat. Phys.* **88**, 691 (1997).
- [3] R. Lifshitz, *Z. Kristallogr.* **222**, 313 (2007).
- [4] Shin-ishi Sasa, *J. Phys. A* **43**, 465002 (2010).
- [5] J. Horgan, *Nature* **247**, 1020 (1990).
- [6] E. Abe, Y. Yan, and S. J. Pennycook, *Nature Mater.* **83**, 759 (2004).
- [7] M. de Boissieu, *Philos. Mag.* **86**, 1115 (2006).
- [8] J. Kepler, *Harmonices Mundi*, (Frankfurt, 1969) Book II. English translation: *The harmony of the world*. Am. Philos. Society (1997).
- [9] R. Berger, *Mem. Amer. Math. Soc.* **66**, 1 (1966).
- [10] D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, and J. W. Cahn, *Phys. Rev. Lett.* **53**, 1951 (1984).
- [11] C. Radin, *Phys. Lett.* **114A**, 381 (1986); H. Koch and C. Radin, *J. Stat. Phys.* **138**, 465 (2010); Z. Rotman and E. Eisenberg, *Phys. Rev. E* **83**, 011123 (2011); D. Aristoff and C. Radin, *J. Phys. A* **44**, 255001 (2011).
- [12] G.Y. Onoda, P.J. Steinhardt, D.P. DiVincenzo, and J.E.S. Socolar, *Phys. Rev. Lett.* **60**, 2653 (1988); P. Gummelt, *Geometriae Dedicata* **62**, 1 (1996).

## Точний розв’язок для основного стану квантової спін-1/2 фрустрованої драбинки Ізінґа–Гайзенберґа

*Т. Верхоляк*

Інститут фізики конденсованих систем НАН України,  
вул. Свенціцького 1, 79011 Львів

Розглянуто двоногу квантову спін-1/2 драбинку з фрустрованими взаємодіями Гайзенберґа між спінами на одному щаблі та Ізінґа між спінами на різних щаблях. Використовуючи унітарне перетворення модель зведено до узагальненого квантового ланцюжка Ізінґа у поперечному та поздовжньому полях. В залежності від співвідношення між взаємодіями основний стан такої моделі відповідає основному стану квантового ланцюжка Ізінґа у поперечному, або поздовжньому полі, або неоднорідному стану з періодично змінними станами на щаблях. Стан з подвоєним періодом може виникати при проміжних зовнішніх полях та призводить до дробового (1/2) плато у кривій намагніченості спінової драбинки. Знайдено фазову діаграму основного стану та параметри порядку у впорядкованих фазах.

## Псевдоспінові системи з випадковими параметрами гамільтоніану

*С. І. Сороков, Р. Р. Левицький, А. С. Вдович*

Інститут фізики конденсованих систем НАН України  
вул. Свенціцького, 1, Львів, 79011, Україна

Проведено огляд робіт, в яких досліджуються системи, що описуються гамільтоніаном моделі Ізінґа з випадковими знакозмінними параметрами. Розглянуті критерії існування фази спінового скла в залежності від розмірності простору, радіуса взаємодії і зовнішнього поля. Приведено області параметрів, де можливе застосування наближення реплічної симетрії. В рамках наближення двочастинкового кластера (проста ґратка Бете), реплічної симетрії і гаусового наближення для функції розподілу локальних полів дослідженні термодинамічні властивості і побудовані  $T - x$  фазові діаграми модельних стекел з врахуванням флуктуацій конкуруючих короткосяжних і далекосяжних взаємодій і внутрішнього деформаційного поля. Показано, що конкуренція знаків між різними взаємодіями може приводити до сильної асиметрії фазової діаграми і навіть до зникнення антисегнетоелектричних або сегнетоелектричних областей. Показано, що нелінійна сприйнятливості  $\chi_3$  розбігається в точці  $T_0(x)$  (перехід з параелектричної фази у склофазу), тільки, якщо поле відсутнє. При цій температурі з'являється ненульове значення параметра Едвардса–Андерсона  $Q$ . В точці фазового переходу  $T_c(x)$  (перехід з параелектричної до сегнетоелектричної фази) всі три сприйнятливості  $\chi$ ,  $\chi_2$ ,  $\chi_3$  розбігаються при будь-якому значенні дисперсії внутрішніх полів  $G$ . При переході з параелектричної до антисегнетоелектричної фази ці сприйнятливості не мають особливостей в точці  $T_N(x)$ .

Для Ізінґівської моделі з випадковими параметрами аналізується вплив пьезоелектричного зв'язку на фізичні характеристики системи.

Приведено приклади застосування наближення чотирьохчастинкового кластера для опису термодинаміки та динамічної проникливості протонних стекел типу  $\text{Rb}_{1-x}(\text{NH}_4)_x\text{H}_2\text{PO}_4$ . Виведено інтегральне рівняння для функції розподілу випадкових полів для чотирьохрівневих псевдоспінових систем з флуктуаціями параметрів гамільтоніану і проаналізовані можливі розв'язки цього рівняння при  $T = 0$ .

## Спектр потужності лінії 21 см в епоху Темних Віків та розрізнюваність космологічних моделей

*О. Сергієнко, Б. Новосядлий*

*Астрономічна обсерваторія,*

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

Досліджено вплив теплої темної матерії у формі стерильних нейтрино на кутовий спектр потужності лінії нейтрального водню 21 см в епоху Темних Віків. Основна увага приділяється лінійному ефекту, пов'язаному зі збуреннями концентрацій

іонізованих фракцій, температури речовини та спінової температури. Відносні збурення концентрацій іонів водню та гелію розраховуються на основі повної системи рівнянь моделі ефективного трирівневого атома. Обговорюється можливість розрізнення моделей з холодною темною матерією, гарячою темною матерією у формі активних нейтрино і теплою темною матерією у формі стерильних нейтрино та різними типами темної енергії на основі майбутніх даних щодо спектра потужності лінії 21 см на різних червоних зміщеннях з діапазону  $300 > z > 30$ .

## **Розрахунок теплоємності рідкого ${}^4\text{He}$ для температур, вищих за критичну**

*І. Вакарчук, Р. Притула, В. Пастухов*

*Кафедра теоретичної фізики,*

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

В доповіді представлені результати теоретичного розрахунку теплоємності рідкого гелію-4 в нормальній фазі. Основу обчислень складає вираз для внутрішньої енергії отриманий в роботі [І. О. Вакарчук, Р. О. Притула, А. А. Ровенчак, Журн. фіз. досл. **11**, 259 (2007)] в поєднанні з простим розрахунком ефективної маси взаємодіючих бозе-частинок. Порівняння отриманих результатів з експериментальними даними показали, що навіть таке просте врахування температурної залежності ефективної маси значно покращує хід теплоємності в після критичній області і несуттєво впливає на її поведінку в конденсатній фазі.

## **Повна матриця густини системи “бозе-рідина + домішка” в наближенні парних кореляцій**

*І. Вакарчук, Г. Паночко*

*Кафедра теоретичної фізики,*

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

В роботі вивчено домішкові стани в квантових рідинах на підставі побудови повної матриці густини в усьому інтервалі температур з використанням методу колективних змінних. Зокрема, для сукупності безспінових бозе-частинок та домішкового атома  ${}^3\text{He}$  в наближенні парних кореляцій у випадку слабкої взаємодії між частинками ми факторизували матрицю густини на матрицю бозе-рідини та виділили окремо внесок, що враховує вплив домішки на стани системи.

## Shapes of macromolecules in porous environment

*V. Blavatska<sup>1</sup>, C. von Ferber<sup>2</sup>, Yu. Holovatch<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Institute for Condensed Matter Physics, National Acad. Sci. of Ukraine,  
UA-79011 Lviv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Applied Mathematics Research Centre, Coventry University,  
CV1 5FB Coventry, UK & Theoretische Polymerphysik, Universität Freiburg,  
79104 Freiburg, Germany*

In this talk, we address the question of shape which is acquired by the long flexible polymer macromolecule when it is immersed in a solvent in the presence of a porous environment. This question is of relevance for understanding of the behavior of macromolecules in colloidal solutions, near microporous membranes, and in cellular environment. To this end, we consider a previously suggested model of polymers in  $d$ -dimensions [1] in an environment with structural obstacles, characterized by a pair correlation function  $h(r)$ , that decays with distance  $r$  according to a power law:  $h(r) \sim r^{-a}$ . We apply the field-theoretical renormalization group approach and estimate the size ratio  $\langle R_e^2 \rangle / \langle R_G^2 \rangle$  and the asphericity ratio  $\hat{A}_d$  up to the first order of a double  $\varepsilon = 4-d$ ,  $\delta = 4-a$  expansion [2, 3].

[1] V. Blavats'ka, C. von Ferber, Yu. Holovatch. Phys. Rev. E **64** (2001) 041102.

[2] V. Blavatska, C. von Ferber, Yu. Holovatch, Phys. Lett. A **374** 2861 (2010).

[3] V. Blavatska, C. von Ferber, Yu. Holovatch, Condens. Matter Phys. **14** 33701 (2011).

## Спектри поглинання та резонансне непружне розсіяння Х-променів у моттівському діелектрику

*А. Швайка*

*Інститут фізики конденсованих систем НАН України  
вул. Свенцицького, 1, Львів, 79011, Україна*

Розглядаються окремі аспекти теоретичного опису взаємодії Х-променів з сильнорелєваною електронною системою. Дослідження проводяться для найпростішої моделі моттівського діелектрика — моделі Фалікова–Кімбала, та з використанням теорії динамічного середнього поля. Отримано точні розв'язки для пропагатора дірки йонного залишку, який визначає спектр рентгенівської фотоелектронної емісії, та двочастинкової функції відгуку дірка йонного залишку—валентний електрон, яка визначає спектр поглинання Х-променів. Встановлено наявність двох груп піків,

причому один з них відповідає гострому піку краю смуги поглинання, та досліджено їхню поведінку для різних температур та величини кулонівської взаємодії.

Розраховано основні внески в спектр резонансного непружного розсіяння X-променів та досліджено його перебудову для різних енергій фотонів, нижче і вище за край поглинання, та імпульсів передачі. Досліджено вплив нерадіаційних механізмів релаксації високоенергетичного стану дірки йонного залишку, ефекти Оже чи флюоресценції, на спектр непружного розсіяння.

## **Physics of nano-porous super-capacitors with ionic liquids**

*S. Kondrat*

Imperial College London

I will talk about two most important ingredients of nano-porous super-capacitors: porous carbon electrodes and room-temperature ionic liquids. The talk will also cover some recent developments in this research area, including anomalous capacitance increase for sub-nanometre pores, pore-size optimization for maximizing the energy storage, phase transitions in porous electrodes, etc.

## **Релятивістський атом водню в просторі з алгеброю де Сіттера**

*В. Ткачук*

*Кафедра теоретичної фізики,*

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

Розглянуто рівняння Дірака для атома водню в деформованому просторі, який описується алгеброю де Сіттера. У першому порядку за параметром деформації алгебри знайдено поправки до енергетичних рівнів атома водню. Виявилось, що поправки до спектра, зумовлені деформацією, можна трактувати як зміну константи тонкої структури. Сама ж константа  $\alpha$  при цьому виявилася просторово-залежною. Буде обговорено зв'язок отриманих результатів з астрофізичними спостереженнями.

## **Властивість опуклості відображення моментів**

*А. Панасюк*

*Вармінсько-Мазурський університет, Ольштин, Польща*

*ІППММ НАН України ім. Я. Підстригача*

Лекція буде мати оглядовий характер. Прототипом теореми про опуклість, про яку йтиме мова, є наступний результат Хорна [A. Horn, Amer. J. Math. **76**, 620 (1954)]: нехай  $\mathcal{H}_\chi^n$  буде множиною ермітових матриць  $n \times n$  з власними значеннями

$\lambda_1, \dots, \lambda_n, \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$ . Позначимо через  $a_{11}, \dots, a_{nn}$  діагональні елементи матриці  $A \in \mathcal{H}_\lambda^n$ . Тоді образ відображення  $\phi : A \mapsto (a_{11}, \dots, a_{nn}) : \mathcal{H}_\lambda^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  є опуклою оболонкою векторів  $(\lambda_{\sigma(1)}, \dots, \lambda_{\sigma(n)})$ ,  $\sigma \in S_n$ .

Теорема Хорна була узагальнена рядом авторів, зокрема Костантом, Атією, Гійєміном і Стернбергом, Кірван, на тзв. відображення моментів зв'язане з діями груп на симплектичних многовидах (яке в свою чергу пов'язане з теоремою Нетер про закони збереження в гамільоновому формулюванні). Будуть обговорені ці узагальнення та їх застосування.

## Температурні, частотні і баричні залежності фізичних характеристик квазіодновимірних сегнетоелектриків $\text{Cs}(\text{H}_{1-x}\text{D}_x)_2\text{PO}_4$

*Р. Левицький<sup>1</sup>, І. Зачек<sup>2</sup>, А. Вдович<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Інститут фізики конденсованих систем НАН України  
вул. Свенціцького, 1, Львів, 79011, Україна*

<sup>2</sup>*Національний університет “Львівська політехніка”,  
вул. С. Бандери 12, Львів, 79013, Україна*

Запропонована модель деформованих квазіодновимірних сегнетоелектриків з водневими зв'язками типу  $\text{CsH}_2\text{PO}_4$ . Термодинамічні та динамічні діелектричні характеристики цих сегнетоелектриків досліджуються на основі модельного гамільтоніану протонної підсистеми  $\text{CsH}_2\text{PO}_4$  з врахуванням короткосяжних і далекосяжних взаємодій, гідростатичного тиску  $p = -\sigma_i$  і електричного поля  $E_2$  вздовж кристалграфічної осі  $b$ .

При розрахунку термодинамічних і динамічних характеристик використано наближення двочастинкового кластера. В цьому наближенні розраховано термодинамічний потенціал. З умови мінімуму термодинамічного потенціалу отримуємо рівняння для деформацій  $\varepsilon_i$ ,  $\varepsilon_5$  та поляризації  $P_2$ . Використовуючи ці рівняння, розраховано поздовжню статичну сприйнятливість механічно затиснутого і вільного кристалу, коефіцієнти п'єзоелектричної напруги і деформації, пружні сталі при сталому полі. Молярну ентропію і теплоємність, обумовлену дейтронною підсистемою, обчислюємо, безпосередньо диференціюючи термодинамічний потенціал за температурою. Динамічні проникності механічно вільного і механічно затиснутого кристалу розраховано в рамках методу Глаубера. Для кількісної оцінки температурних і частотних залежностей відповідних фізичних характеристик, отриманих у рамках запропонованої теорії, необхідно задати значення параметрів теорії, для визначення яких використовуємо температурні залежності фізичних характеристик  $\text{Cs}(\text{H}_{1-x}\text{D}_x)_2\text{PO}_4$ , отриманих експериментально.

Досліджено вплив гідростатичного та одновісних тисків на фізичні характеристики  $\text{Cs}(\text{H}_{1-x}\text{D}_x)_2\text{PO}_4$ . Проведено порівняння результатів розрахунку цих характеристик з відповідними експериментальними даними. Показано, що при належному виборі параметрів теорії має місце добрий кількісний опис запропонованою теорією експериментальних даних.

## **Водні розчини електролітів: чи можна пояснити поведінку осмотичних коефіцієнтів тільки на основі розмірів йонів?**

*Ю. Калюжний*

*Інститут фізики конденсованих систем НАН України  
вул. Свенціцького, 1, Львів, 79011, Україна*

На основі асоціативного середньосферичного наближення проведено дослідження іон-іонних кореляцій у водних розчинах електролітів з рівноправним врахуванням взаємодій між усіма частинками системи. Молекули води моделюються твердими сферами з чотирма, тетраедрично розміщеними липкими точками, а іони – зарядженими твердими сферами з липкими точками, які зв'язуються з відповідними липкими точками молекул води. Вибір параметрів моделі ґрунтується на двох наступних припущеннях: (і) сила взаємодії між іоном та молекулою води є обернено пропорційна до кристалічного діаметру іону; (ii) кількість контактів (або кількість липких точок), яку іон може мати з водою, є пропорційною до поверхні іона. Тобто іони малого розміру зв'язують воду сильніше ніж більшого розміру іони, але лише кілька молекул. Іони більшого розміру зв'язують воду слабше, але кількість таким чином зв'язаних молекул води є більшою. Осмотичні коефіцієнти, розраховані на основі цієї моделі, відтворюють експериментальну поведінку осмотичних коефіцієнти водних розчинів електролітів.

## **Виключений об'єм та фазові переходи у м'якій речовині**

*А. Трохимчук*

*Інститут фізики конденсованих систем НАН України  
вул. Свенціцького, 1, Львів, 79011, Україна*

У системах матеріальних частинок, які характеризуються власними розмірами, завжди є присутнім явище, коли частина об'єму системи стає недоступною для перебування там центрів мас цих частинок. У фізиці рідин це явище є відомим як ефект виключеного об'єму. У доповіді мова буде йти про розуміння цього явища не тільки з огляду на фізику рідин, а у більш широкому контексті фізики м'якої речовини. Особлива увага буде приділена дискусіям ролі виключеного об'єму у фізиці фазових переходів, як першого так і другого роду, що є характерними для різних об'єктів м'якої речовини таких як колоїдні дисперсії, тонкі плівки, рідкі кристали та деякі інші.