КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКЕ ФІЗИЧНЕ ТОВАРИСТВО
ФІЗИЧНА КОМІСІЯ НАУКОВОГО ТОВАРИСТВА ІМ. Т. ШЕВЧЕНКА

РІЗДВЯНІ ДИСКУСІЇ 2005

ПРИСВЯЧЕНІ 100-РІЧЧЮ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ
ПРОФЕСОРА В. С. МІЛІЯНЧУКА

Львів, 13–14 січня 2005 року

Велика фізична аудиторія (вул. Кирила і Мефодія, 8)

13 січня 2005 року

10:00 Відкриття. *І. О. Вакарчук*

Головуючий: **О. М. Попель**

10:00+ε–10:45 *М. П. Козловський*, До опису фазових переходів у тривимірних системах. Вплив зовнішнього постійного поля

10:45–11:30 *Р. Р. Левицький, С. І. Сороков, А. С. Вдович*, Моделі протонного скла з короткосяжними і далекосяжними конкуруючими взаємодіями

11:30–12:00 Кава

12:00–12:45 *М. А. Шпот*, $1/N$-розклад для m-вісної точки Лівшица

12:45–13:30 *А. М. Швайка*, Вплив просторових кореляцій на оптичні властивості сильноскорельованих електронних систем

Головуючий: **А. М. Швайка**

15:00–15:45 *І. В. Стасюк, О. Б. Гера*, Дослідження термодинаміки та енергетичних зон асиметричної моделі Хаббарда

15:45–16:30 *Л. Ф. Блажиєвський, М. В. Шльонзак*, Інтеграл дії зарядженої частинки з врахуванням сили радіаційного гальмування

16:30–17:00 Кава

17:00–17:45 *В. М. Ткачук*, Квантова механіка в деформованому фазовому просторі

17:45–18:30 *K. V. Tabunshchyk*, Magnetic susceptibility of a CuO_2 plane in the La_2CuO_4 system: RPA treatment of the Dzyaloshinskii-Moriya Interactions

14 січня 2005 року

Головуючий: **І. О. Вакарчук**

10:00–10:45 *О. М. Попель*, Василь Міліянчук. Штрихи біографії

10:45–11:30 *Л. Ф. Блажиєвський*, Про праці В. Міліянчука з електродинаміки

11:30–11:45 Кава

Головуючий: **І. В. Стасюк**

11:45–12:30 *Х. Міліянчук*, Гідриди інтерметалічних сполук на основі $5f$-елементів: кристалічна структура і магнетизм

12:30–13:15 *І. О. Вакарчук*, Проблема Кеплера в теорії Дірака у просторі з деформованою алґеброю Гайзенберґа

13:15–14:00 Спогади. Веде *А. С. Крочук*

з 14:00 Відвідання могили проф. В. С. Міліянчука

з 16:00 Вечір спогадів (вул. Драгоманова, 50)

До опису фазових переходів у тривимірних системах. Вплив зовнішнього постійного поля.

М. Козловський

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Запропонований підхід до опису поведінки тривимірної системи з однокомпонентним параметром порядку в присутності зовнішнього поля, який дозволяє передбачити поведінку ряду спостережуваних величин поблизу точки фазового переходу (ФП). Дослідження ґрунтуються на використанні негаусових розподілів флуктуацій параметра порядку та процедури наближеного розрахунку статистичної суми поблизу точки ФП. Використовується модельний фур'є образ взаємодії, який відповідає деякому короткодіючому потенціалу взаємодії (найближчі сусіди, експонентно спадна функція віддалі між частинками системи тощо).

Статистична сума однокомпонентного тривимірного магнетика при наявності постійного зовнішнього поля h записується у вигляді функціонального інтегралу. Показано, що коефіцієнти при непарних степенях КЗ $\rho_{\mathbf{k}}$ пропорційні до зовнішнього поля. Знайдені рекурентні співвідношення та встановлено, що їхня фіксована точка має дві нестійкості. Перша з них температурна, яка зберігається і за відсутності зовнішнього поля, коли в системі має місце ФП другого роду. Друга нестійкість носить суто польовий характер.

Отримано значення деякого граничного значення поля $\tilde{h}_c$, яке пропорційне до $\tilde{\tau}^{p_0}$, де p_0 — деякий новий критичний показник. Встановлено, що для всіх $\tilde{h} < \tilde{h}_c$ в системі переважає температурна нестійкість, а при $\tilde{h} > \tilde{h}_c$ основна роль належить польовій нестійкості. Значення граничного поля залежить від ступеня наближення температури до T_c. В границі $T \to T_\mathrm{c}$ будь-яке мале поле є великим.

Виконаний розрахунок вільної енергії системи в зовнішньому полі як у випадку слабких значень поля так і при сильних полях. Показано, що у випадку сильних полів параметр порядку пропорційний до $h^{1/\delta}$, де $\delta = 5$, а сприйнятливість до $h^{-4/5}$. Ентропія системи визначається критичним показником ψ, який в проведених розрахунках рівний 0.54. Теплоємність поблизу точки фазового переходу має особливість, яка описується критичним показником $\varphi = 0.11$. Отримані значення узгоджується з даними експерименту.

Моделі протонного скла з короткосяжними і далекосяжними конкуруючими взаємодіями

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

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Досліджуються моделі протонного скла з довільною областю конкуруючих взаємодій і хаотичним внутрішим полем в межах наближення двохчастинкового кластера, некорелюючих кластерних полів і в рамках реплічної симетрії. Виведена система M інтегральних рівнянь для M функцій розподілу кластерних полів, що діють на виділений вузол з боку M координаційних сфер за виключенням одного поля на і-й сфері. Вивченаа модель протонного скла з суттєвими хаотичними короткосяжними взаємодіями (перша координаційна сфера з функцією розподілу $P\,(k) = (1-c)\cdot\delta(k+\alpha) + c\cdot\delta(k-1)$ і з гаусовим розподілом) і слабими далекосяжними взаємодіями. Обчислена фазова діаграма, ентропія, параметри порядку , питома теплоємність і сприйнятливість. Показано, що малі флуктуації внутрішніх полів можуть призвести до суттєвого розмивання області фазового переходу зі стану високотемпературного в стан низькотемпературного протонного скла. Обговорена можливість застосування даної теорії для опису властивостей протонних стекол $Rb_{1-x}(NH_4)_xH_2PO_4$, $Rb_{1-x}(NH_4)_xH_2AsO_4$.

1. F. Matsubara, M. Sakata, Progr. Theor. Phys. **55**, 672 (1976)
2. M. Mezard, G. Parisi, Eur. Phys. J. **B20**, 217 (2001)
3. E. Matsushita, T. Matsubara. J. Phys. Soc. Jpn. **V54**, 1161 (1985)
4. R. Pirc, B. Tadic, R. Blinc, Phys.Rev. **B36**, 8607 (1987)
5. Z. Trybula, J. Stankowski, L. Szczepanska, R. Blinc, Al. Weiss, N. S. Dalal, Physica **B 153**, 143 (1988)

$1/N$-розклад для m-вісної точки Лівшица

М. А. Шпот
Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Для m-кратно вироджених точок Лівшица у загальному вигляді знайдено перші нетривіалні коефіцієнти $1/N$-розкладів двох незалежних кореляційних показників η_2 та η_4, а також зв'язаного з ними індекса анізотропії θ. Наші результати узгоджуються у відповідних граничних режимах з відомими $1/N$-розкладами кореляційних показників для ізотропної критичної точки та ізотропної точки Лівшица в d-вимірних системах, а також з розмірними розкладами в околах верхньої $d^*(m) = 4+m/2$ і нижньої $d_\ell(m) = 2+m/2$ граничних вимірностей для анізотропних m-вісних точок Лівшица.

Розраховані чисельні значення коефіцієнтів біля $1/N$ для показників η_2, η_4 і θ у найважливішому випадку одновісної точки Лівшица у фізичному тривимірному просторі, а також при деяких інших значеннях m і d. У випадку $m = 1$, $d = 4$ весь розрахунок вдалося виконати в аналітичному вигляді.

Виконані нами розрахунки дозволили зробити висновок про те, що показник η_4, характерний для анізотропних точок Лівшица, повинен змінювати свій знак при певній вимірності простору $d_0(m)$ між лініями граничних розмірностей $d_\ell(m)$ і $d^*(m)$. Ми передбачаємо додатнє значення цього показника у фізичній розмірності простору $d = 3$.

Вплив просторових кореляцій на оптичні властивості сильноскорельованих електронних систем

Андрій Швайка, Олег Воробйов
Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Ефекти сильних електронних кореляцій є предметом інтенсивних досліджень вже понад 40 років. В останнє десятиліття значні досягнення у дослідженні електронних кореляцій пов'язані з розвитком підходу динамічного середнього поля, який є аналогом теорії середнього поля для спінових систем, ідеологічно близький до наближення когерентного потенціалу і стає точним для граток великої розмірності. Даний підхід дозволяє послідовним чином врахувати локальні (одновузлові) кореляції, але повністю нехтує просторовими (міжвузловими) кореляціями, які є суттєвими для низьковимірних систем. Тому для опису просторових кореляцій у сильноскорельованих електронних системах в останні роки було запропоновано декілька кластерних підходів, які, з одного боку, при зростані розміру кластера виходять на граткову границю, а з другого боку, відтворюють результати теорії динамічного середнього поля для одновузлового кластера. Одним з таких підходів є наближення динамічного кластера (Dynamical Cluster Approximation) і у першій частині доповіді буде представлено основні ідеї цього підходу. Нами з використанням наближення динамічного кластеру досліджено оптичні властивості квазі-двовимірної електронної системи, що описується моделлю Фалікова–Кімбала. Зокрема, розраховано спектри оптичної провідності та нерезонансного комбінаційного розсіяння світла на електронних збудженнях поблизу переходу метал-діелектрик, проаналізовано їх температурні залежності, а також вплив просторових кореляцій на спектральні профілі.

Дослідження термодинаміки та енергетичних зон асиметричної моделі Хаббарда

І. В. Стасюк, О. Б. Гера

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Для опису електронних (іонних) систем з Хаббардівськими кореляціями використовується наближений аналітичний метод в теорії динамічного середнього поля (ДСП). Задача розглядається в рамках асиметричної моделі Хаббарда з хімічними потенціалами та параметрами переносу залежними від електронного спіну (сорту частинок). Як часткові випадки ця модель включає модель Хаббарда та модель Фалікова-Кімбала. Ефективна одновузлова задача формулюється на мові допоміжного фермі поля [1]. Для розв'язання одновузлової задачі використовується метод незвідних функцій Гріна з подальшим різночасовим розщепленням. Система рівнянь ДСП отримана в наближенні, яке є узагальненням наближення Хаббард-III. Запропонований підхід включає ряд відомих наближень: наближення типу сплаву, модифікованого сплаву, Хаббард-III.

Наближення апробуються на моделі Фалікова-Кімбала з безмежним одновузловим потенціалом відштовхування U [2]. Отримано густини станів для електронів і локалізованих частинок при різних концентраціях частинок і температурах. Залежності хімічних потенціалів від концентрацій знайдено з допомогою цих густин і розрахунком термодинамічного потенціалу [3]. Показано, що для достатньо високих температур чи концентрацій локалізованих частинок наближення відтворює точні результати отримані термодинамічно.

Порівняно наближений спектр локалізованих частинок при скінченому U при половинному заповненні з точними результатами отриманими в роботі [4]. Наближення дає добре якісне і в деяких випадках кількісне узгодження з точними результатами.

Проаналізовано в різних термодинамічних режимах концентраційні залежності країв енергетичних зон і хімічних потенціалів для скінченого відштовхування U при різних параметрах переносу в рамках найпростіших наближень типу сплаву і Хаббард-I.

В границі сильної взаємодії U побудовано діаграму основного стану де виділено області режимів поведінки системи. Виділено два граничні режими: 1) вільні ферміони (концентрація одного виду частинок прямує до нуля); 2) хімічні потенціали знаходяться в щілині (половинне заповнення). При половинному заповненні асиметрична модель Хаббарда зводиться до ефективної моделі, яка відповідає анізотропній моделі Гайзенберга з антиферомагнітною взаємодією. Аналіз ефективної задачі вказує на можливість фазових переходів при зміні температури чи хімічних потенціалів з однорідної фази до фази з впорядкуванням антиферомагнітного типу.

1. I. Stasyuk, Condens. Matter Phys. **3** (2000) 437.
2. I. Stasyuk, O. Hera, Condens. Matter Phys. **6** (2003) 127.
3. J. Freericks, Phys. Rev. B **60** (1999) 1617.
4. U. Brandt, M.P. Urbanek, Z. Phys. B **89** (1992) 297.

Інтеґрал дії зарядженої частинки з врахуванням сили радіаційного гальмування

Л. Ф. Блажиєвський

Кафедра теоретичної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка

Квантова механіка в деформованому фазовому просторі

В. М. Ткачук

Кафедра теоретичної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка

Magnetic susceptibility of a CuO2 plane in the La2CuO4 system: RPA treatment of the Dzyaloshinskii-Moriya Interactions

K. V. Tabunshchyk

Queen's University, Physics Department, Kingston, Ontario, Canada

Motivated by recent experiments on undoped La_2CuO_4, which found pronounced temperature-dependent anisotropies in the low-field magnetic susceptibility, we have investigated a two-dimensional square lattice of $S = 1/2$ spins that interact via Heisenberg exchange plus the symmetric and anti-symmetric Dzyaloshinskii-Moriya anisotropies. We describe the transition to a state with long-ranged order, and find the spin-wave excitations, with a mean-field theory, linear spin-wave analysis, and using Tyablikov's RPA decoupling scheme. We find the different components of the susceptibility within all of these approximations, both below and above the N'eel temperature, and obtain evidence of strong quantum fluctuations and spin-wave interactions in a broad temperature region near the transition.

Василь Міліянчук. Штрихи біографії

О. М. Попель
Кафедра теоретичної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка

Про праці В. Міліянчука з електродинаміки

Л. Ф. Блажиєвський
Кафедра теоретичної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка

Прийнято вважати, що електродинаміка Максвелла є вершиною "класичної фізики". Справді, спираючись на неї, вдалося пояснити всі ефекти, обумовлені електромагнітними взаємодіями частинок, пояснити природу світла, "відкрити" електромагнітні хвилі, як нову форму матерії. Поряд з цим теорія Максвелла не змогла правильно описати деякі спектральні характеристики випромінювання атомів, випромінювання абсолютно чорного тіла, виникли утруднення з побудовою електродинаміки рухомих середовищ. Як відомо, розв'язання цих проблем привело до створення "нової фізики": квантової механіки і теорії відносності. Однак і до нашого часу не вияснена польова (чи якась інша) природа маси частинок. Ототожнення механічної енергії електрона з його власною електромагнітною енергією в максвеллівській електродинаміці виявилось суперечливим, оскільки власна енергія електрона є безмежно великою, а його спостережувана маса є скінченною. Для усунення труднощів можна було припустити, що електрон неточковий і його маса є електромагнітною, або припустити, що інертна маса електрона є сумою двох скінченних мас: непольової і електромагнітної. Отримати скінченну електромагнітну масу електрона дозволила нелінійна електродинаміка Борна–Інфельда (1934 р.) (Л. Інфельд — львівський фізик; пізніше в галузі нелінійної електродинаміки працював З. Храпливий, також львівський фізик. Відзначимо, що подібний варіант нелінійної електродинаміки запропонував також Е. Шредінґер). Однак, ця теорія хоч і розв'язала проблему "поздовжньої електромагнітної маси", "поперечна електромагнітна маса" залишається безмежною. Теорію важко проквантувати. Інший спосіб полягав в узагальненні лінійної електродинаміки шляхом введення в рівняння поля вищих похідних (Ф. Бопп, Б. Подольський, 1940, 1941). При цьому рівняння Даламбера замінюються рівняннями четвертого порядку. Аналізу й узагальненню такого підходу та порівнянню результатів з висновками квантової електродинаміки присвячені дві праці В. Міліянчука, опубліковані в ДАН СРСР (1950) і Учених записках Львовского государственного университета имени Ивана Франко (1953).

Подібно до нелінійної електродинаміки автор використовує схему Мі, коли джерелами поля вважають струм і скалярний потенціал. Задаючи скалярний потенціал у загальному вигляді, В. Міліянчук отримав рівняння типу максвеллівського з перенормованими струмами, залежними від вищих похідних. Тобто, в теорії В. Міліянчука враховуються нелокальні ефекти. Для порівняння результатів з квантовоелектродинамічними кулонівський потенціал доповнюється додатковим типу $\exp(-ar2)/r$. (Такий вираз характерний для імовірності народження електронно-позитронної пари на віддалі r від кулонівського центру). "Поздовжня маса" електрона в теорії є скінченною. Разом з цим конкретні розрахунки показали, що маса електрона не може бути чисто польовою. Автором показано, що перенормований струм в нових рівнянях можна вибрати таким способом, щоб результати класичної електродинаміки узгоджувалися з квантовими ефектами, обумовленими поляризацією вакууму.

На закінчення відзначу, що подібний формалізм В. Мліянчук намагався застосувати і для ядерних сил. Однак, праця "Зауваження до феноменологічної теорії ядерних сил" була опублікована вже після його смерті.

Гідриди інтерметалічних сполук на основі $5f$-елементів: кристалічна структура і магнетизм

Х. Міліянчук

Карловий університет, м. Прага

Проблема Кеплера в теорії Дірака у просторі з деформованою алґеброю Гайзенберґа

І. О. Вакарчук

Кафедра теоретичної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка