

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

РІЗДВЯНІ ДИСКУСІЇ 2008

ПРОГРАМА І ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Львів, 4–5 січня 2008 року

Ауд. 10 (вул. Драгоманова, 12)

4 січня 2008 року

10:00 Відкриття. *І. О. Вакарчук*

Головуючий: **І. О. Вакарчук**

10:00+ ε –10:45 *В. І. Третяк*, Моделі релятивістичної гідродинаміки з вищими похідними

10:45–11:30 *Б. Новосядлий, О. Сергієнко*, Скалярне поле як темна енергія, що прискорює розширення Всесвіту

11:30–12:00 Кава

12:00–12:45 *Ю. І. Дубленич*, Несумісність конфігурацій основного стану та співіснування упорядкованих фаз у ґраткових системах з відштовхувальними взаємодіями

12:45–13:30 *Б. Берш, Ю. Головач, О. Капікраниян*, Вихори та немагнітні домішки в двовимірній ХУ моделі

Головуючий: **В. І. Третяк**

15:30–15:50 *А. Ровенчак*, Скінченні розбиття цілих чисел на суму s -тих степенів

15:50–16:10 *В. Татарин*, Особливості статистики рівноважного електромагнітного випромінювання

16:10–16:30 *Й. А. Гуменюк, М. В. Токарчук*, Рівняння розширеної гідродинаміки для системи твердих кульок, отримані з ланцюжка ББГКІ

16:30–16:50 *С. П. Глушак*, Фазова поведінка атермальної полідисперсної суміші колоїдів та полімерів

5 січня 2008 року

Головуючий: **Б. С. Новосядлий**

10:00–10:45 *А. М. Швайка, О. П. Матвеев*, Оптичні та транспортні властивості
сильноскорельованих електронних систем у зарядовопорядкованій фазі

10:45–11:30 *А. Трохимчук*, Про явище замерзання у 2D системах

11:30–12:00 Кава

12:00–12:45 *В. Ткачук*, Геометрія простору квантових станів

Головуючий: **А. М. Швайка**

15:00–15:45 *А. Дувіряк*, Коваріантна форма рівняння Брайта
та його узагальнень

15:45–16:30 *І. О. Вакарчук*, Теорія випромінювання і поглинання квантів
деформованого поля

16:30 Закриття

МОДЕЛІ РЕЛЯТИВІСТИЧНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ З ВИЩИМИ ПОХІДНИМИ

Володимир Третяк

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Лагранжіяни з вищими похідними інтенсивно розглядаються у різних проблемах релятивістичної механіки системи частинок. Вони природньо виникають у описах слабкорелятивістичних систем взаємодіючих частинок у рамках лагранжевого формалізму в різних формах динаміки, побудованого на засаді умов Пуанкаре-інваріантності. Лагранжева версія теореми про невзаємодію взагалі вимагає для точного Пуанкаре-інваріантного опису системи частинок з нетривіальною взаємодією використання нелокальних у часі лагранжіянів, що можна трактувати як залежність від похідних нескінченно високого порядку. Широко вивчаються релятивістичні одночастинкові лагранжіяни, залежні від похідних другого та третього порядків як функції кривини та кручення світової лінії частинки. Лагранжіяни з вищими похідними виникають також у різних моделях теорії поля — найбільш промовистим прикладом тут може служити конформна (супер)гравітація. Натомість у релятивістичних моделях механіки суцільного середовища, і зокрема у релятивістичній гідродинаміці, такі лагранжіяни досі не використовувались.

Тут пропонується загальна схема побудови варіаційного опису релятивістичного недисипативного суцільного середовища, близька до методів лагранжевого формулювання релятивістичної теорії прямих міжчастинкових взаємодій. Вихідним пунктом цієї схеми служить вимога Пуанкаре-інваріантності, що формулюється за допомогою реалізації групи Пуанкаре перетвореннями струменевого (jet-) продовження конфігураційного простору системи. Вказана вимога виражається системою лінійних диференціальних рівнянь першого порядку для функції Лагранжа; її виконання приводить згідно теореми Нетер до існування 10 законів збереження, дозволяючи, зокрема, вивести форму тензора енергії-імпульсу. Подібний симетрійний підхід застосовується і до формулювання конкретних моделей релятивістичного суцільного середовища — гідродинаміки, ізотропного тіла, протяжних об'єктів. Знайдено загальні розв'язки умов Пуанкаре-інваріантності в класі лагранжіянів, залежних від похідних довільного скінченного порядку. При цьому виявляється доцільним перейти до явно коваріантного (4-мірного) хронометрично-інваріантного формулювання, що також дозволяє безпосередньо будувати відповідний опис у довільній формі релятивістичної динаміки. Детальніше розглянуто деякі моделі гідродинаміки з лагранжіянами, залежними від кривини (квадрата прискорення) конгруенції світових ліній.

СКАЛЯРНЕ ПОЛЕ ЯК ТЕМНА ЕНЕРГІЯ, ЩО ПРИСКОРЮЄ РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ

Б. Новосядлий, О. Сергієнко

Кафедра теоретичної фізики та Астрономічна обсерваторія,
Львівський національний університет імені Івана Франка

Проаналізовано властивості однорідного скалярного поля ϕ із класичним ларанжіаном $L = \phi_{;i}\phi^{;i}/2 - V(\phi)$ та ларанжіаном тахіонного поля $L = -V(\phi)\sqrt{1 - \phi_{;i}\phi^{;i}}$, яке зумовлює спостережуване прискорене розширення Всесвіту. Досліджено моделі із сталим параметром рівняння стану $w_{de} = p_{de}/\rho_{de} < -1/3$. Для обох полів реконструйовано потенціали $\phi(a)$ та потенціальні енергії $V(a)$ для параметрів космологічної моделі Всесвіту, встановлених на основі даних спостережувальної космології. Показано ефект "скочування" потенціальної енергії $V(\phi(a))$ до мінімуму.

НЕСУМІСНІСТЬ КОНФІГУРАЦІЙ ОСНОВНОГО СТАНУ ТА СПІВІСНУВАННЯ УПОРЯДКОВАНИХ ФАЗ У ҐРАТКОВИХ СИСТЕМАХ З ВІДШТОВХУВАЛЬНИМИ ВЗАЄМОДІЯМИ

Ю. І. Дубленич

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Співіснування упорядкованих фаз — одна з важливих проблем матеріалознавства. Що є причиною двофазності, наприклад, у системі інтеркальованих атомів літію або частинок, адсорбованих на поверхні? Співіснування упорядкованих фаз пов'язували з притягальними (ефективними) взаємодіями між частинками. Та чи є притягання необхідним для виникнення двофазності, особливо з огляду на те, що однойменно заряджені частинки відштовхуються? Ґрунтуючись на введеному нами понятті несумісних конфігурацій основного стану, ми показали, що у ґраткових системах з двома або більше сортами енергетично нееквівалентних вузлів співіснування багатой і бідної на частинки упорядкованих фаз можливе й за чисто відштовхувальних взаємодій. У цю категорію потрапляє багато інтеркальованих сполук, в яких частинки-гості можуть займати як тетраедричні, так і октаедричні позиції.

ВИХОРИ ТА НЕМАГНІТНІ ДОМІШКИ В ДВОВИМІРНІЙ ХУ МОДЕЛІ

*Б. Берш*¹, *Ю. Головач*^{2,3}, *О. Канікраян*^{1,2}

¹ Laboratoire de Physique des Matériaux, UHP, Nancy 1

² Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів

³ Institute für Theoretische Physik, Johannes Kepler Universität Linz

Пропонується огляд теорії фазового переходу Березінського-Костерліца-Таулеса (БКТ), своєрідного явища, що має місце в ряді фізичних об'єктів, які описуються в рамках двовимірної ХУ моделі. З одного боку розглядається феноменологічна теорія топологічних дефектів (вихорів), запропонована Костерліцем і Таулесом для пояснення цього явища, з іншого боку – модель Вілена, в якій теж відбувається БКТ-перехід, і яка дозволяє оцінити енергію взаємодії вихорів, виходячи безпосередньо з гамільтоніану моделі. В обох випадках наголос робиться на впливі присутності на вузлах ратки немагнітних домішок, що є об'єктом дослідження авторів. Крім випадку заморожених (нерівноважних) домішок обговорюється також рівноважне розведення ($2D$ ХУ ратковий газ).

СКІНЧЕННІ РОЗБИТТЯ ЦІЛИХ ЧИСЕЛ НА СУМУ s -ТИХ СТЕПЕНІВ

Андрій Ровенчак

Кафедра теоретичної фізики,

Львівський національний університет імені Івана Франка

На підставі аналогії з мікроканонічним описом багатобозонної системи [M. N. Tran, M. V. N. Murthy, and R. J. Bhaduri, *Ann. Phys.* **311**, 204 (2004)] встановлено поправку до формули Гарді-Рамануджана [G. H. Hardy and S. Ramanujan, *Proc. London Math. Soc.* **17**, 75 (1918)] про розбиття цілих чисел на суму s -тих степенів у випадку скінченної кількості доданків. Для $s = 1$ формула збігається з результатом Ердьоша-Ленера [P. Erdős and J. Lehner, *Duke Math. J.* **8**, 345 (1941)].

ОСОБЛИВОСТІ СТАТИСТИКИ РІВНОВАЖНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Василь Татарин

Національний університет “Львівська політехніка”

Розглянута можливість розрахунку густини спектру випромінювання чорного тіла виходячи з класичних фізичних уявлень. Показано, що розгляд енергії електромагнітного випромінювання як сукупності енергій стоячих хвиль в об'ємі, обмеженому дзеркальними стінками, дозволяє розрахувати спектр випромінювання чорного тіла, при використанні статистичної гіпотези максимальної ймовірності рівноважного стану.

При цьому враховано, що коливання з нульовою тривалістю не може мати визначеної частоти з одного боку, і умови поширення електромагнітних хвиль в речовині є наперед невідомим з іншого боку. Проте розподіл енергії в спектрі рівноважного електромагнітного випромінювання повинен підлягати закону Віна. Це дозволяє знайти як формулу Планка, так і довести снування сталої Планка в рамках класичної фізики.

З точки зору квантової фізики це дуже цікавий результат, оскільки існування сталої Планка доведено в рамках класичної фізики. Але класичний розв'язок все ж виглядає більш простим, так як не вносить нульових коливань вакууму, тобто безмежної енергії в скінченному об'ємі.

РІВНЯННЯ РОЗШИРЕНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ ДЛЯ СИСТЕМИ ТВЕРДИХ КУЛЬОК, ОТРИМАНІ З ЛАНЦЮЖКА ББГКІ

Й. А. Гуменюк¹, М. В. Токарчук^{1,2}

¹ Інститут фізики конденсованих систем НАН України,

² Національний університет “Львівська політехніка”

В рамках звичайної гідродинаміки нерівноважний плин описують густинами маси ρ , імпульсу \mathbf{p} та енергії e (або ρ , масовою швидкістю і температурою), залежними від координати \mathbf{r} і часу t . Систему рівнянь для них замикають відомі наближення Ейлера, Нав'є-Стокса, Бернета і т.д., які виражають невідомі тензор напружень \mathbf{P} і потік тепла \mathbf{q} через самі змінні опису, а коефіцієнти переносу шукаються з кінетичної або інших мікроскопічних теорій. Для розріджених газів використовують кінетичне рівняння Больцмана, для густих — рівняння Енскоґа для твердих кульок. Їх переважно розв'язують методом Чепмена-Енскоґа, вважаючи, що нерівноважний розподіл залежить від \mathbf{r} і t через ρ , \mathbf{p} та e .

Ґред запропонував описувати больцманівський газ моментами функції розподілу, долучивши до набору $\{\rho, \mathbf{p}, e\}$ вищі моменти і запровадивши спосіб обриву нескінченної системи рівнянь для них. Ці нові системи рівнянь записані вже у термінах розширених наборів змінних. У недавніх роботах [1,2] зроблено спроби застосувати метод Ґреда до рівняння Енскоґа, однак до змінних опису долучено лише кінетичні внески \mathbf{P}^k і \mathbf{q}^k , а внески від взаємодії залишено у попередніх наближеннях (звичайної гідродинаміки).

З усякого (наближеного) кінетичного рівняння отримуються наближені рівняння переносу. Тому ми пропонуємо для твердих кульок схему виведення точних рівнянь для гідродинамічних величин загального вигляду, виходячи з представлень їх як сум s -частинкових внесків локального та нелокального типів і ланцюжка ББГКІ. З них одержуємо явні рівняння для повних потоків імпульсу й енергії, знаходимо їхній вигляд у локальній системі відліку і порівнюємо з результатами для довільного гладкого потенціала.

[1] Lutsko J.F. // Phys. Rev. Lett., 1997, **78**, No 2, p. 243–246.

[2] Ugawa H., Cordero P. // J. Stat. Phys., 2007, **127**, No 2, p. 339–358;

Див. тжж. arXiv:cond-mat/0602038, 2006, 10 p.

ФАЗОВА ПОВЕДІНКА АТЕРМАЛЬНОЇ ПОЛІДИСПЕРСНОЇ СУМІШІ КОЛОЇДІВ ТА ПОЛІМЕРІВ

С. П. Глушак

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Запропоновано схему обрахунку повної фазової діаграми (криві хмари, тіні, бінодали, а також функції розподілу співіснуючих фаз) колоїдно-полімерної суміші з полідисперсністю за розміром колоїдних сфер та довжиною ланцюгів полімерів. Схема побудована на основі термодинамічної теорії збурень асоціативних рідин Вертхейма та методу розрахунку фазової діаграми полідисперсних рідин сферичних колоїдів (L. Bellier-Castella *et al.*, *J. Chem. Phys.* **113**, 8337(2000)).

На основі запропонованої схеми пораховано фазову діаграму, ефекти фракціонування та функції розподілу атермальної колоїдно-полімерної суміші з полідисперсністю за розміром колоїдів та довжиною полімерів для декількох рівнянь стану базисної системи твердих сфер: Бубліка-Мансурі-Карнаган-Старлінга-Леланда (BMCSL) (Т. Boublik, *J. Chem. Phys.* 53 (1970) 471.. G. A. Mansoori, N. F. Carnahan, K. E. Starling, I. W. Leland, *J. Chem. Phys.* 54 (1971) 1523.), нового узагальненого рівняння стану Карнагана-Старлінга (ngCS) (Н. Hansen-Goos, R. Roth, *J. Chem. Phys.* 124 (2006) 154506.) та рівняння стану Відуні-Сміта (VS) (D. Viduna, W.R. Smith, *Mol. Phys.* 100 (2002) 2903.)

Точність описаного підходу порівнюється з результатами симуляції Чоу, Во, Панагіотополоса та Роберта (С.-У. Chou, Т.Т.М. Vo, А.З. Panagiotopoulos, М. Roberts, *Physica A* 369 (2006) 275-290.)

ОПТИЧНІ ТА ТРАНСПОРТНІ ВЛАСТИВОСТІ СИЛЬНОСКОРЕЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ У ЗАРЯДОВОВПОРЯДКОВАНІЙ ФАЗІ

А. М. Швайка, О. П. Матвеев

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Досліджено оптичні та транспортні властивості сильноскорельованих електронних систем у зарядововпорядкованій фазі. В рамках теорії динамічного середнього поля отримано точні результати для температурної залежності густини станів, оптичної провідності, електропровідності та електронного внеску у теплопровідність для моделі Фалікова-Кімбала. Отримано оптичні правила сум та проаналізовано поведінку середньої кінетичної енергії електронів у зарядововпорядкованій фазі. Встановлено, що виявлені додаткові піки в оптичних спектрах і аномалії на температурних залежностях електро- і теплопровідності пов'язані з виникненням щілини на густині станів та заповненням щілини термічно активованими станами при утворенні зарядового впорядкування.

ПРО ЯВИЩЕ ЗАМЕРЗАННЯ У 2D СИСТЕМАХ

Андрій Трохимчук

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

У доповіді увага акцентується на окремих аспектах проблеми фазового переходу флюїд/тверде тіло у двовимірних (2D) системах частинок з яскраво вираженим твердим кором. Добре відомо, що взаємна рівноважна дифузія у системі N твердих дисків діаметром σ , яка відбувається при зростанні поверхневої густини дисків $\phi = \pi N \sigma^2 / 4S$, приводить до того, що шість найближчих сусідів, у термінах означення Вороного, утворюють навколо кожного диску характерне гексагональне оточення. Тут ми аргументовано стверджуємо, що при наближенні поверхневої густини дисків до густини замерзання $\phi_f \approx 0.68$, навколо кожного диска виникає своєрідна трикутна комірка з участю тільки трьох із шести (через одного) його найближчих сусідів Вороного. Особливістю такого оточення є те, що щілина між цими трьома дисками є меншою за діаметр диска, сигналізуючи тим самим про заточення центрального диска у клітку і обмеження його переміщення (дифузію) у системі. Фазовий перехід замерзання має місце тоді, коли частка заточених у клітку дисків досягає 40%. Утворення такого кліткоподібного оточення аналізується також з огляду на особливості поведінки радіальної функції розподілу дисків.

ГЕОМЕТРІЯ ПРОСТОРУ КВАНТОВИХ СТАНІВ

В. Ткачук

Кафедра теоретичної фізики,
Львівський національний університет імені Івана Франка

Зроблено огляд проблеми геометрії простору квантових станів. Розглянуто різні означення відстані між квантовими станами та введено диференціальну метрику простору цих станів. Як приклад розглянуто метрику двовимірного квантового простору.

КОВАРІАНТНА ФОРМА РІВНЯННЯ БРАЙТА ТА ЙОГО УЗАГАЛЬНЕНЬ

А. Дувіряк

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

Відомо, що рівняння Брайта є математично некоректним і розв'язується лише пертурбативно. Причину цієї патології часто вбачають у наближено-релятивістичному характері цього рівняння.

Дійсно, з формального погляду рівняння Брайта є інваріантним щодо групи обертань $O(3)$, а не групи Пуанкаре. Однак його можна розглядати як редукцію деякого коваріантного хвильового рівняння в систему відліку центра мас, а групу $O(3)$ – як малу групу групи Пуанкаре, що відповідає залишковій симетрії системи.

Запропоновано побудову явно коваріантного відповідника рівняння Брайта а також його узагальнення для взаємодій, що описуються довільним $O(3)$ -інваріантним локальним потенціалом. Серед цих узагальнень є відомі з літератури точно розв'язувані двочастинкові діраківські осцилятори. Таким чином, патологічність рівнянь типу Брайта не пов'язана з симетрійними їх властивостями.

Побудовано низку точно інтегровних розширень діраківських осциляторів, обчислено їх спектри. Один із цих прикладів добре описує спектри мас π - та ρ -мезонів.

ТЕОРІЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ І ПОГЛИНАННЯ КВАНТІВ ДЕФОРМОВАНОГО ПОЛЯ

Іван Вакарчук

Кафедра теоретичної фізики,
Львівський національний університет імені Івана Франка

У пропонованій роботі ми досліджуємо взаємодію деформованого поля з атомними системами у звичайному фізичному просторі. Ми не обговорюємо тут рівняння такого поля, яке є нелінійним, а пропонуємо модель його взаємодії з атомом та обчислюємо інтенсивності випромінювання та поглинання квантів. Вважаємо, що мають силу усі вирази теорії електромагнітного поля, і лише узагальнені координати $Q_{\mathbf{k},\alpha}$ та імпульси $P_{\mathbf{k},\alpha}$ поля задовольняють деформовані переставні співвідношення, які приводять до мінімальної ненульової флюктуації поля. Інтенсивність спонтанного випромінювання можна зобразити у вигляді добутку інтенсивності випромінювання для звичайного поля на фактор, який враховує деформацію.