

ВІДГУК

на дисертацію Скрипника Тараса Володимировича

"Метод некососиметричних r -матриць та нові інтегровні класичні і квантові системи",

поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
зі спеціальності 01.04.02 - теоретична фізика

Інтегровні і точно розв'язні моделі лежать в основі теоретичної та математичної фізики: щоб зрозуміти це достатньо згадати гармонійний осцилятор, задачу Кеплера чи хвильове рівняння. Інтегровні і точно розв'язні моделі є першою ланкою при побудові всіх фізичних теорій. Наступною ланкою ланцюжка є побудова теорії збурень та її застосування до реальних фізичних задач. Розробка такого ланцюжка вимагає тривалих зусиль різних груп фізиків-теоретиків. Подана дисертаційна робота і представлені результати автора вносять дуже вагомий вклад в першу ланку цього ланцюжка досліджень, а саме в побудову нових інтегровних класичних та квантових систем та в розвиток методів їх точного розв'язку.

Центральним об'єктом представленого дисертаційного дослідження є класичні r -матриці зі спектральними параметрами. Класичні r -матриці вперше були запропоновані в роботах Е. К. Скляніна в 1979 році. Відповідний підхід до інтегровних систем розвивався в роботах Ленінградської школи теоретичної фізики академіка Л. Д. Фаддєєва. Основна увага в цих роботах приділялася так званим кососиметричним r -матрицям оскільки з такими r -матрицями асоціюється не тільки лінійна а й квадратична Пуасонова структура. Деформаційне квантування останньої призводить до квантових груп та квантових R -матриць що тривалий час були основним об'єктом уваги в теорії інтегровних квантових систем. Поява цього методу призвела до знаходження багатьох нетривіальних інтегровних систем класичної та квантової фізики.

Як відомо з робіт французької школи теоретичної фізики, а саме з робіт Ліонської школи Ж. Майє та Парижської школи О. Бабелона, класичні інтегровні системи та солітонні рівняння пов'язані з довільними класичними r -матрицями, як з кососиметричними так і з некососиметричними. Однак, теорія некососиметричних r -матриць та відповідних класичних інтегровних систем і солітонних рівнянь залишалася слабо розробленою в силу відсутності зв'язку з популярною квантово-груповою тематикою. Тому важливою задачею є розвиток теорії некососиметричних r -матриць і побудова нових прикладів класичних інтегровних гамільтонових систем та рівнянь солітонного типу що з ними пов'язана. Цьому присвячена перша частина дисертації.

Більше того, як було показано автором дисертації, квантові інтегровні системи асоціюються також з загальними некососиметричними r -матрицями, що не пов'язані з квантовими R -матрицями та асоційованими структурами. Це дає змогу побудувати нові приклади квантових інтегровних систем, зокрема з неоднорідною залежністю параметрів моделей від координат. Ця нетривіальна властивість є важливою з точки зору застосувань до нанофізики, де подібна залежність виникає природнім чином. Цьому, а також методам точного розв'язку одержаних квантово-інтегровних систем, присвячена друга частина дисертації.

Підсумовуючи, можна сказати що тема дисертаційної роботи Скрипника Тараса Володимировича "Метод некососиметричних r -матриць та нові інтегровні класичні і квантові системи" є важливою і актуальною як з точки зору класичної так і з точки зору квантової фізики.

Перейдемо до детальнішого аналізу змісту дисертації.

Дисертація складається з анотації (українською і англійською мовами), списку публікацій здобувача за темою дисертації, вступу, восьми розділів, висновків і списку використаних джерел.

У вступі дисертації обґрунтовано вибір теми досліджень, викладено мету і завдання дослідження, описано наукову новизну отриманих у дисертації результатів та їх практичне значення, охарактеризовано особистий внесок здобувача та подано перелік наукових конференцій і семінарів, на яких доповідалися результати дисертації.

У першому розділі дисертації введено поняття класичної некососиметричної r -матриці зі спектральними параметрами і описано її аналітичну поведінку в околі діагоналі. Вводиться також поняття спеціальних точок класичної r -матриці пов'язаних з її виродженням.

У другому розділі дисертації побудовано широкий клас прикладів нових некососиметричних r -матриць. Зокрема, автор будує класичні r -матриці, що відповідають квазіградуїтованим деформаціям алгебр петель в різних градуїваннях. Розглянуто метод редукції r -матриці відносно автоморфізму та метод зсуву на постійний тензор. Відзначимо, що більшість побудованих r -матриць не мають неперервної симетрії і продукують клас інтегровних систем по своїй загальності порівняний з рівняннями Ландау-Ліфшиця.

Третій розділ дисертації з точки зору фізичних застосувань носить допоміжний характер. Він присвячений побудові нескінченновимірних алгебр Лі мероморфних функцій по загальних класичних r -матрицях зі спектральними параметрами. В розділі показано що структура алгебри залежить від того чи є вибрані полюси спеціальними точками класичної r -матриці. Побудовані алгебри використовуються в п'ятому розділі дисертації при побудові U - V -пар для рівнянь нульової кривини інтегровних ієрархій.

У четвертому розділі дисертації показано як по данній класичній r -матриці побудувати мероморфні матриці Лакса класичних інтегровних систем, що їй

відповідають. Описується структура матриць Лакса у особливих та неособливих точках класичних r -матриць. Показано, що з особливими точками пов'язана редукція, тобто зменшення числа незалежних динамічних змінних у відповідних інтегровних системах. Явно побудовані матриці Лакса редукованих інтегровних систем, зокрема, систем типу ланцюжків Тоди та їх нетривіальних узагальнень. Цікаво зазначити що автор пропонує загальну процедуру введення нединамічного доданку – неоднорідного зовнішнього поля – інтегровним чином у матрицю Лакса. В такий спосіб одержуються інтегровні системи з неоднорідними гамільтоніанами і інтегралами руху, зокрема, класичні спінові ланцюжки типу Годена у зовнішньому магнітному полі.

У п'ятому розділі дисертації описано загальну схему побудови U - V -пар для рівнянь нульової кривини солітонних ієрархій стартуючи з класичної r -матриці зі спектральними параметрами. Розглянуто конкретні приклади U - V -пар солітонних рівнянь пов'язаних з різними класичними r -матрицями та їх особливими і неособливими точками. Зокрема, побудовані векторне узагальнення рівнянь Ландау – Ліфшиця, подвоєна векторна ієрархія Ландау – Ліфшиця, модифікована ієрархія Тоди та інші рівняння. Відначимо що автор також пропонує процедуру введення нединамічного доданку у U - V -пару солітонної ієрархії. Таким чином одержуються цікаві нові солітонні рівняння, зокрема, рівняння анізотропної ієрархії з двома зсувами та анізотропне двокомпонентне нелінійне рівняння Шредінгера з похідною.

У шостому розділі дисертації доводиться квантова інтегровність скінченновимірних гамільтонових систем, що допускають представлення Лакса і відповідають загальним некососиметричним r -матрицям зі спектральними параметрами. За допомогою цієї техніки у цьому розділі дисертації побудовані нові квантові інтегровні моделі типу спінових ланцюжків Годена, спінових ланцюжків Годена у зовнішньому (взагалі кажучи, неоднорідному) магнітному полі, спин-бозонних моделей типу Джейнса-Камінгса-Діке та бозонних моделей

типу узагальнених димерів Бозе – Хаббарда. Необхідно відзначити що, на відміну від гамільтоніанів типу Гейзенберга, всі гамільтоніани побудованих спінових ланцюжків є інтегровними при довільних значеннях спінів у кожному вузлі, зокрема, при спінах більших ніж одна друга.

Сьомий розділ дисертації присвячено узагальненню методу анзаца Бете та його застосуванню до отриманих інтегровних систем. У цьому розділі алгебраїчний анзац Бете поширений на випадок некососиметричних r -матриць та алгебр $gl(n)$. У випадку вищих рангів ($n > 2$) алгебраїчний анзац Бете стає ієрархічним і потребує для своєї реалізації ланцюжка вкладених підалгебр. В цьому розділі дисертації розглядається як стандартний ланцюжок вкладених підалгебр так і узагальнений ланцюжок, що базується на ланцюжках вкладень пов'язаних з різними розбиттями числа n у суму цілих чисел. Ця конструкція застосована для діагоналізації побудованих моделей типу Годена, типу Джейнса-Камінгса-Діке та Бозе–Хаббарда.

У восьмому розділі будуються інтегровні ферміонні моделі типу Річардсона, а саме, описано інтегровні моделі типу Річардсона з багатьма типами ферміонів, що одержуються за допомогою класичних r -матриць. Використовуючи раціональні і Z_2 -градуїзовані класичні r -матриці і алгебри Лі $so(2n)$, $sp(2n)$, $gl(2n)$ побудовані узагальнені ізоскалярні, ізовекторні і "змішані" інтегровні гамільтоніани Річардсона s - і $p+ip$ -типів з багатьма різновидами ферміонів. Показано що у випадку $n=2$ побудовані гамільтоніани можуть розглядатися як $N=Z$ ізоскалярні, ізовекторні і "змішані" протон-нейтронні гамільтоніани s - і $p+ip$ -типів. Отримані інтегровні ферміонні гамільтоніани діагоналізовані за допомогою методу анзацу Бете.

Основними новими результатами дисертації на мій погляд є наступні:

1. Одержані нові невироджені некососиметричні класичні r -матриці.

2. Доведено, що за кожною невиродженою класичною r -матрицею можна побудувати нескінченновимірну алгебру Лі "прихованих симетрій".
3. Розвинуто метод побудови скінченно-вимірних інтегровних гамільтонових систем стартуючи з класичної r -матриці, побудовано нові приклади таких систем, зокрема, нові інтегровні ланцюжки типу Тоди. Запропоновано метод інтегровного введення неоднорідності – зовнішнього поля – у матрицю Лакса.
4. Розвинуто метод побудови інтегровних рівнянь солітонного типу стартуючи з класичної r -матриці, побудовано нові приклади таких рівнянь, зокрема, рівняння типу Ландау-Ліфшиця та анізотропного кірального поля. Запропоновано метод введення неоднорідності у U - V -пари солітонних ієрархій. Побудовані нові приклади відповідних солітонних рівнянь.
5. Розроблено метод побудови квантових інтегровних систем стартуючи з некососиметричної класичної r -матриці. За його допомогою побудовані узагальнення спінових систем Годена з та без магнітного поля, спин-бозонних систем Джейнса – Камінгса – Діке та бозонних систем типу Бозе – Хаббарда.
6. Побудовані узагальненні системи Годена застосовані до конструювання інтегровних ферміонних моделей типу Річардсона. Побудовано r -ієрархії – аналоги моделей Річардсона з одним та багатьма типами ферміонів.
7. У випадку Картан-інваріантних – частково анізотропних – моделей метод алгебраїчного та ієрархічного анзаців Бете розширено на отриманий клас квантово – інтегровних моделей.

Основні результати дисертації є новими і строго доведеними; вони опубліковані у 53 наукових статтях з загальним h -індексом 15, у наукових журналах, більшість з яких мають квартіль Q1 і Q2, таких як Journal of Physics A, Nuclear Physics B, Physics Letters A, Journal of Mathematical Physics, Physica D, Journal of Geometry and Physics, Theoretical and Mathematical Physics та інших; доповідалися на 21 міжнародній конференції, на наукових семінарах Інституту Теоретичної Фізики ім.М.М. Боголюбова НАН України, Інституту Математики НАН України, зарубіжних університетів та інститутів де проходив стажування здобувач.

Автореферат написаний чітко і повно, вірно відображає зміст дисертації.

Щодо дисертаційної роботи Скрипника Т. В. “Метод некососиметричних r -матриць та нові інтегровні класичні і квантові системи” можна висловити деякі зауваження і побажання:

1. В роботі будуються нові приклади рівнянь солітонного типу в двох вимірах (в x,t -геометрії). Було б цікаво побудувати густини відповідних інтегралів руху, особливо в моделях, де імпульс таким інтегралом не є.
2. Важливою і нетривіальною задачею є побудова – хоча б найпростіших – солітонних розв'язків одержаних інтегровних рівнянь. В дисертації вони не розглядаються.
3. Було б також бажано більш детальне обговорення фізичних властивостей одержаних квантових гамільтоніанів. Наприклад в рівнянні (6.1) було б бажано вказати для яких спінів доданки негоденівського типу вносять нетривіальний внесок у відповідні гамільтоніани.

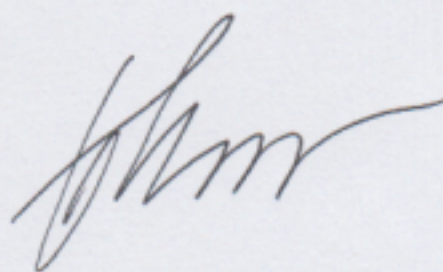
Висловлені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації Скрипника Тараса Володимировича “Метод некососиметричних r -матриць та нові інтегровні класичні і квантові системи”, яка є цілісною

науковою роботою, що виконана на високому рівні, стосується важливих і актуальних проблем теоретичної фізики при дослідженні яких дисертант продемонстрував досконале володіння сучасними математичними методами.

Дисертація є завершеною науковою працею. Вона вносять суттєвий вклад в теорію класичних і квантових інтегровних систем. Конкретні її результати можуть бути використані в багатьох областях теоретичної фізики таких як ядерна фізика, квантова оптика, теорія надпровідності, теорія магнетизму тощо.

Дисертаційна робота Скрипника Т. В. "Метод некососиметричних g -матриць та нові інтегровні класичні і квантові системи" задовольняє всі вимоги "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 року та № 1159 від 30 грудня 2015 року) щодо дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, а її автор – Скрипник Тарас Володимирович – заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика.

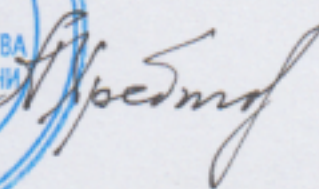
Офіційний опонент
завідуючий лабораторією
Інституту Магнетизму НАН і МОН України,
член-кореспондент НАН України,
доктор фізико-математичних наук,
професор



Б. О. Іванов

Підпис Б. О. Іванова засвідчую

Вченний секретар Інституту Магнетизму
кандидат фізико-математичних наук



А.О. Хребтов