

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0525U000036

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 23-01-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Верхоляк Тарас Михайлович

2. Taras Verkholyak

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.д., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1627-6701

Вид дисертації: доктор наук

Шифр наукової спеціальності: 01.04.02

Назва наукової спеціальності: Теоретична фізика

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 22-01-2025

Спеціальність за освітою: Фізика

Місце роботи здобувача: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 35.156.01

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.03, 29.19.37

Тема дисертації:

1. Квантові флуктуації та фрустрації у низьковимірних спінових моделях: точні результати і пертурбативний аналіз

2. Quantum fluctuations and frustrations in low-dimensional spin models: exact results and perturbative analysis

Реферат:

1. Дисертаційна робота стосується вивчення ефектів квантових флуктуацій і фрустрацій на низькотемпературні властивості низьковимірних квантових спінових моделей. Ряд точних результатів отримано для динамічних властивостей однорідних та випадкових спін-1/2 XY ланцюжків у поперечному полі з взаємодією Дзялошинського-Морія, використовуючи ферміонізацію Йордана-Вігнера. Складніші моделі фрустрованих драбинок досліджено в наближенні Гартрі-Фока для ферміонізованих гамільтоніанів. Знайдено точний розв'язок для ряду гібридних моделей Ізинга-Гайзенберга з сильними димерними

взаємодіями. Використовуючи точні результати для цих моделей, запропоновано підхід сильного зв'язку, заснований на теорії збурень для XY частини міждимірної взаємодії. Одно- та двовимірні моделі на декорованих ґратках досліджено різними аналітичними та числовими методами. Показано, що двовимірні моделі Гайзенберга, декорована ромбами, виявляє лінію квантових фазових переходів першого роду. Ця лінія переходів простягається до скінченних температур, закінчуючись лінією критичних точок, які належать до класу універсальності двовимірної моделі Ізинґа.

2. The present thesis concerns the study of the effects of quantum fluctuations and frustrations on the low-temperature properties of low-dimensional quantum spin models. The uniform and random spin-1/2 anisotropic XY chain in a transverse field with the Dzyaloshinskii-Moriya interaction is considered to examine the effect of the Dzyaloshinskii-Moriya interaction on the zz , xx and yy dynamic structure factors. It is found that zz dynamic structure factor is much more sensitive to the Dzyaloshinskii-Moriya interaction in the case of the anisotropic XY chain, and may exhibit additional van Hove singularities not only with exponent $1/2$ but also with $2/3$. Frustrated models, the $J_1 - J_2$ XXZ chain and XXZ model on the diamond chain, are studied within the Hartree-Fock approximation for fermionized Hamiltonians. Such an approach shows good agreement close to the singlet-dimer phase. Several hybrid Ising-Heisenberg models with strong dimer interactions are solved exactly taking into account the conservation of the z -component of total spin on strong Heisenberg bonds. The nature of the fractional plateaux in these frustrated models is discussed. The spin-1/2 Ising-Heisenberg orthogonal-dimer chain with two different gyromagnetic factors of the Ising and Heisenberg spins is used to provide the theoretical description of coordination polymer $[\text{Cu}_2\text{Dy}_2]_n$. Using the exact results for the Ising-Heisenberg models with the strong intra-dimer couplings, we suggested the strong-coupling approach based on the perturbative treatment of XY part of the inter-dimer interaction. The approximate results obtained within the second-order perturbation theory are in excellent agreement with available numerical data. One- and two-dimensional models on decorated lattices were investigated by various analytical and numerical methods. In particular, the spin-1/2 Heisenberg antiferromagnet on the frustrated diamond-decorated square lattice in a magnetic field shows both the complex ground-state phases and non-trivial thermodynamic properties. At intermediate field strength, a first-order quantum phase transition line between the ferrimagnetic and the monomer-dimer regime is identified. This first-order line extends to finite temperatures, terminating in a line of critical points that belong to the universality class of the two-dimensional Ising model. These phase transitions are studied rigorously in the case of a simplified spin-1/2 Ising-Heisenberg model on a diamond-decorated square lattice by means of a decoration-iteration transformation.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0114U001048 0119U100663 0102U001794 0107U002081
0112U003119 0117U002093

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- Derzhko O., Verkholyak T. Effects of Dzyaloshinskii-Moriya interaction in the dynamics of $s = 1/2$ XX chain // Czechoslovak Journal of Physics. — 2004. — Vol. 54, no. SUPPL. 4. — P. D531–D534.
- Derzhko O., Verkholyak T. Dynamics of the spin-1/2 XY chain with Dzyaloshinskii-Moriya interaction // Physica B: Condensed Matter. — 2005. — Vol. 359–361. — P. 1403–1405.
- The effects of the symmetric and antisymmetric anisotropies on the dynamics of the spin-1/2 XY chain / O. Derzhko, T. Verkholyak, T. Krokhmalkskii, H. Büttner // Physica B: Condensed Matter. — 2006. — Vol. 378–380.

– P. 443–444.

- Dynamic probes of quantum spin chains with the Dzyaloshinskii-Moriya interaction / Oleg Derzhko, Taras Verkholyak, Taras Krokhmalkii, Helmut Büttner // *Phys. Rev. B.* – 2006. – Vol. 73. – P. 214407.
- Derzhko O., Verkholyak T. Dynamic Structure Factors of the Spin-1/2 XX Chain with Dzyaloshinskii-Moriya Interaction // *Journal of the Physical Society of Japan.* – 2006. – Vol. 75, no. 10. – P. 104711.
- Verkholyak T., Honecker A., Brenig W. Jordan-Wigner approach to the frustrated spin one-half XXZ chain // *European Physical Journal B.* – 2006. – Vol. 49, no. 3. – P. 283–287.
- Dynamic properties of quantum spin chains: Simple route to complex behavior / Taras Verkholyak, Oleg Derzhko, Taras Krokhmalkii, Joachim Stolze // *Phys. Rev. B.* – 2007. – Vol. 76. – P. 144418.
- Dynamic correlations in a random spin-1/2 XY chain / T. Verkholyak, O. Derzhko, T. Krokhmalkii, J. Stolze // *Acta Physica Polonica A.* – 2008. – Vol. 113, no. 1. – P. 441–444.
- Spontaneous antiferromagnetic long-range order in the two-dimensional hybrid model of localized Ising spins and itinerant electrons / Jozef Strečka, Akinori Tanaka, Lucia Čanová, Taras Verkholyak // *Phys. Rev. B.* – 2009. – Vol. 80. – P. 174410.
- Spin-1/2 XXZ diamond chain within the Jordan-Wigner fermionization approach / T. Verkholyak, J. Strečka, M. Jaščur, J. Richter // *Acta Physica Polonica A.* – 2010. – Vol. 118, no. 5. – P. 978–979.
- Effect of on-site Coulomb repulsion on phase transitions in exactly solved spin-electron model / L. Gálisová, J. Strečka, A. Tanaka, T. Verkholyak // *Acta Physica Polonica A.* – 2010. – Vol. 118, no. 5. – P. 942–943.
- Magnetic properties of the quantum spin-1/2 XX diamond chain: The Jordan-Wigner approach / T. Verkholyak, J. Strečka, M. Jaščur, J. Richter // *European Physical Journal B.* – 2011. – Vol. 80, no. 4. – P. 433–444.
- Effect of the on-site interaction on the magnetic properties of an exactly solvable spin-electron system / L. Gálisová, J. Strečka, A. Tanaka, T. Verkholyak // *Journal of Physics: Condensed Matter.* – 2011. – Vol. 23, no. 17. – P. 175602.
- Verkholyak T., Strečka J. Quantum phase transitions in the exactly solved spin-1/2 Heisenberg–Ising ladder // *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical.* – 2012. – Vol. 45, no. 30. – P. 305001.
- Verkholyak T., Strečka J. Ground state of a spin-1/2 Heisenberg–Ising two-leg ladder with XY Z intra-rung coupling // *Condensed Matter Physics.* – 2013. – Vol. 16, no. 1. – P. 13601.
- Verkholyak T., Strečka J. Exact solution for a quantum spin-1/2 Ising–Heisenberg orthogonal-dimer chain with Heisenberg intradimer and Ising interdimer interactions // *Phys. Rev. B.* – 2013. – Vol. 88. – P. 134419.
- Magnetization process, bipartite entanglement, and enhanced magnetocaloric effect of the exactly solved spin-1/2 Ising–Heisenberg tetrahedral chain / Jozef Strečka, Onofre Rojas, Taras Verkholyak, Marcelo L. Lyra // *Phys. Rev. E.* – 2014. – Vol. 89. – P. 022143.
- Verkholyak T., Strečka J. Low-temperature thermodynamics of spin-1/2 orthogonal-dimer chain with Ising and Heisenberg interactions // *Acta Physica Polonica A.* – 2014. – Vol. 126, no. 1. – P. 22–23.
- Exact ground states of a spin-1/2 Ising–Heisenberg model on the Shastry–Sutherland lattice in a magnetic field / Taras Verkholyak, Jozef Strečka, Frédéric Mila, Kai P. Schmidt // *Phys. Rev. B.* – 2014. – Vol. 90. – P. 134413.
- Verkholyak T., Strečka J. Fractional magnetization plateaus of the spin-1/2 Heisenberg orthogonal-dimer chain: Strong-coupling approach developed from the exactly solved Ising–Heisenberg model // *Phys. Rev. B.* – 2016. – Vol. 94. – P. 144410.
- Diversity of quantum ground states and quantum phase transitions of a spin-1/2 Heisenberg octahedral chain / Jozef Strečka, Johannes Richter, Oleg Derzhko, Taras Verkholyak, Katarína Karl'ová // *Phys. Rev. B.* – 2017. – Vol. 95. – P. 224415.
- Magnetization process and low-temperature thermodynamics of a spin-1/2 Heisenberg octahedral chain / Jozef Strečka, Johannes Richter, Oleg Derzhko, Taras Verkholyak, Katarína Karl'ová // *Physica B: Condensed Matter.* – 2018. – Vol. 536. – P. 364–368.

- Karl'ová K., Strečka J., Verkholyak T. Cluster-based Haldane phases, bound magnon crystals and quantum spin liquids of a mixed spin-1 and spin-1/2 Heisenberg octahedral chain // Phys. Rev. B. – 2019. – Vol. 100. – P. 094405.
- Strečka J., Gálisová L., Verkholyak T. Insights into nature of a magnetization plateau of 3d-4f coordination polymer $[Dy_2 Cu_2]_n$ from a spin-1/2 Ising-Heisenberg orthogonal-dimer chain // Condensed Matter Physics. – 2020. – Vol. 23, no. 4. – P. 43708.
- Strečka J., Gálisová L., Verkholyak T. Enhanced magnetoelectric effect near a field-driven zero-temperature quantum phase transition of the spin-1/2 Heisenberg-Ising ladder // Phys. Rev. E. – 2020. – Vol. 101. – P. 012103.
- Magnetization plateaus and bipartite entanglement of an exactly solved spin-1/2 Ising-Heisenberg orthogonal-dimer chain / Lucia Gálisová, Jozef Strečka, Taras Verkholyak, Samuel Havadej // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. – 2021. – Vol. 125. – P. 114089.
- Verkholyak T., Strečka J. Modified strong-coupling treatment of a spin-1 Heisenberg trimerized chain developed from the exactly solved Ising-Heisenberg diamond chain // Phys. Rev. B. – 2021. – Vol. 103. – P. 184415.
- Verkholyak T., Strečka J. Fractional magnetization plateaus of a spin-1/2 Heisenberg model on the Shastry-Sutherland lattice: effect of quantum XY interdimer coupling // SciPost Phys. – 2022. – Vol. 12. – P. 056.
- Frustrated magnetism of spin-1 Heisenberg diamond and octahedral chains as a statistical mechanical monomer-dimer problem / Jozef Strečka, Taras Verkholyak, Johannes Richter, Katarína Karl'ová, Oleg Derzhko, Jürgen Schnack // Phys. Rev. B. – 2022. – Vol. 105. – P. 064420.
- Phases of the spin-1 Heisenberg antiferromagnet on the diamond-decorated square lattice in a magnetic field / Nils Caci, Katarína Karl'ová, Taras Verkholyak, Jozef Strečka, Stefan Wessel, Andreas Honecker // Phys. Rev. B. – 2023. – Vol. 107. – P. 115143.
- Thermal first-order phase transitions, Ising critical points, and reentrance in the Ising-Heisenberg model on the diamond-decorated square lattice in a magnetic field / Jozef Strečka, Katarína Karl'ová, Taras Verkholyak, Nils Caci, Stefan Wessel, Andreas Honecker // Phys. Rev. B. – 2023. – Vol. 107. – P. 134402.

Наукова (науково-технічна) продукція: теорія спінових систем

Соціально-економічна спрямованість: розробка нових теоретичних підходів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Держко Олег Володимирович

2. Oleg Derzhko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4187-0518

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=4S2emZoAAAAJ&hl=uk&oi=ao;>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56265346700;>

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAT-3860-2021>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кузян Роман Оганесович

2. Roman O. Kuzian

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6672-7224

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603582695>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/C-9079-2012>;

https://scholar.google.com.ua/citations?user=R_zs5kMAAAAJ&hl=uk&oi=ao

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Прицака, буд. 3, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сотніков Андрій Геннадійович

2. Andrii H. Sotnikov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3632-4790

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=EvgDYa4AAAAJ>;

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=15023703100>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/A-7274-2015>

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гомонай Олена Василівна

2. Olena Gomonay

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9413-0337

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=_2SzWC0AAAAJ&hl=uk&oi=ao;

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56623103900>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/L-8638-2015>

Повне найменування юридичної особи: Університет Майнца імені Йоганна Гутенберга

Код за ЄДРПОУ: 0000000000

Місцезнаходження: Saarstr. 21, Mainz, 55122, Німеччина

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: <https://ror.org/023b0x485>

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Блавацька Вікторія Богданівна

2. Viktoria B. Blavatska

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6158-1636

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=tluR0sIAAAAAJ&hl=uk&oi=ao>;

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=25027006800>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/GDQ-7122-2022>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Головач Юрій Васильович

2. Yuriy Holovatch

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, академік, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1125-2532

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35614941000>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/GBD-5123-2022>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=-iMH4o0AAAAJ&hl=uk&oi=ao>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дудка Максим Леонідович

2. Maksym L. Dudka

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6971-8895

Додаткова інформація: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-6214-2016>;

<http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=56531909200&partnerID=MN8TOARS>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=CwWmcb8AAAAJ&hl=uk&oi=sra>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Мриглод Ігор Миронович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Мриглод Ігор Миронович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Швайка А.М.

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна