

Názov odboru: Fyzika
Physics

Názov študijného programu: Fyzika (Teoretická fyzika)
Physics (Theoretical physics)

Názov dizertačnej práce: **Kvantové previazanie a kvantová nelokálnosť spinových systémov**
Quantum entanglement and quantum nonlocality of spin systems

Meno školiteľa: doc. RNDr. Jozef Strečka, PhD.
jozef.strecka@upjs.sk
<https://ktfa.science.upjs.sk/people/jozef-strecka/>

Názov fakultného pracoviska školiteľa: Ústav fyzikálnych vied
<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/pracoviska/ustavy-pf/ufv/>
Institute of Physics
<https://ktfa.science.upjs.sk/>

Forma realizácie DŠ: denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Hlavným cieľom doktorandského výskumného projektu je podrobná analýza kvantového previazania a kvantovej nelokálnosti v čistých a zmiešaných stavoch vybraných nízkorozmerých kvantových spinových systémov. Kvantové previazanie bude kvantifikované pomocou rôznych mier ako napríklad „concurrency“, „negativity“, alebo redukovanej von Neumannovej entropie (tzv. entropie previazania) [1]. Naproti tomu kvantová nelokálnosť bude skúmaná pomocou narušenia Bellových nerovností [2], ktoré budú odpovedené pomocou konceptu vypracovaného Clauserom, Horneom, Shimonym a Holtom (tzv. CHSH nerovnosti) [3]. V centre pozornosti bude aj možnosť kvantovej teleportácie stavu prostredníctvom kanálu tvoreného rôznymi kvantovými spinovými systémami, ktorá bude charakterizovaná mierou spoľahlivosti kvantovej teleportácie [4]. Okrem bipartitného previazania budú preskúmané aj možné prejavy multipartitného kvantového previazania v čistých a zmiešaných stavoch vybraných nízkorozmerých kvantových spinových systémov.

Literatúra:

1. L. Amico, R. Fazio, A. Osterloh, V. Vedral, Entanglement in many-body systems, Rev. Mod. Phys. 80 (2008) 517.
2. J.S. Bell, On the Einstein Podolsky Rosen paradox, Physics 1 (1964) 195.
3. J.F. Clauser, M.A. Horne, A. Shimony, R.A. Holt, Proposed Experiment to Test Local Hidden-Variable Theories Phys. Rev. Lett. 23 (1969) 880; erratum: Phys. Rev. Lett. 24 (1970) 549.
4. M. Rojas, S.M. de Souza, O. Rojas, Entangled state teleportation through a couple of quantum channels composed of XXZ dimers in an Ising-XXZ diamond chain, Ann. Phys. 377 (2017) 506.

The main goal of the doctoral research project is a detailed analysis of quantum entanglement and quantum non-locality in pure and mixed states of selected low-dimensional quantum spin systems. Quantum entanglement will be quantified using various measures such as a concurrence, a negativity, or a reduced von Neumann entropy (the so-called entanglement entropy) [1]. In contrast, a quantum non-locality will be investigated using the violation of Bell inequalities [2], which will be addressed using the concept developed by Clauser, Horne, Shimony and Holt (the so-called CHSH inequalities) [3]. The focus will also be on the possibility of a quantum teleportation of the state through a channel formed by different quantum spin systems, which will be characterized by the fidelity of quantum teleportation [4]. In addition to the bipartite entanglement, possible manifestations of multipartite quantum entanglement in pure and mixed states of selected low-dimensional quantum spin systems will also be investigated.

Literature:

1. L. Amico, R. Fazio, A. Osterloh, V. Vedral, Entanglement in many-body systems, Rev. Mod. Phys. 80 (2008) 517.
2. J.S. Bell, On the Einstein Podolsky Rosen paradox, Physics 1 (1964) 195.

3. J.F. Clauser, M.A. Horne, A. Shimony, R.A. Holt, Proposed Experiment to Test Local Hidden-Variable Theories Phys. Rev. Lett. 23 (1969) 880; erratum: Phys. Rev. Lett. 24 (1970) 549.
4. M. Rojas, S.M. de Souza, O. Rojas, Entangled state teleportation through a couple of quantum channels composed of XXZ dimers in an Ising-XXZ diamond chain, Ann. Phys. 377 (2017) 506.

Názov odboru: Fyzika
Physics

Názov študijného programu: Fyzika (Teoretická fyzika)
Physics (Theoretical physics)

Názov dizertačnej práce: **Teoretické štúdium fázovej separácie binárnych a ternárnych kvapalných zmesí**
Theoretical investigation of phase separation in binary and ternary liquid mixtures

Meno školiteľa: doc. RNDr. Jozef Strečka, PhD.
jozef.strecka@upjs.sk
<https://ktfa.science.upjs.sk/people/jozef-strecka/>

Názov fakultného pracoviska školiteľa: Ústav fyzikálnych vied
<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/pracoviska/ustavy-pf/ufv/>
Institute of Physics
<https://ktfa.science.upjs.sk/>

Forma realizácie DŠ: denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Fázová separácia binárnych a ternárnych kvapalných zmesí bude skúmaná prostredníctvom mriežkovo-štatistických modelov. Hlavný dôraz bude kladený na započítanie mnohočasticových interakcií, ktoré môžu hrať rozhodujúcu úlohu pri možnom vzniku neuniverzálneho kritického správania. Okrem toho sa v dizertačnej práci zameriame na problém reentrantnej miešateľnosti niektorých binárnych a ternárnych kvapalných zmesí, správanie ktorých je značne ovplyvnené silami silne závisiacimi od priestorovej orientácie častíc (napr. vodíkové väzby).

Literatúra:

1. T. Narayanan and A. Kumar, Reentrant phase transitions in multicomponent liquid mixtures, *Physics Reports* 249 (1994) 135-218.
2. J. Strečka, L. Čanová, M. Jaščur, Investigation of phase separation within the generalized Lin–Taylor model for a binary liquid mixture of large hexagonal and small triangular particles, *Molecular Physics* 104 (2006) 3831-3839.

The phase separation of binary and ternary liquid mixtures will be investigated within the framework of the lattice-statistical models such as the generalized Frenkel-Louis and Lin-Taylor models. In particular, the main emphasis will be laid by accounting for the multiparticle (e.g. three-body) interactions, which may play a crucial role in determining possible non-universal critical behavior. Besides, the dissertation thesis will focus on a problem of reentrant miscibility of some binary and ternary liquid mixtures with highly orientation-dependent forces (e.g. hydrogen bonding).

Literature:

1. T. Narayanan and A. Kumar, Reentrant phase transitions in multicomponent liquid mixtures, *Physics Reports* 249 (1994) 135-218.
2. J. Strečka, L. Čanová, M. Jaščur, Investigation of phase separation within the generalized Lin–Taylor model for a binary liquid mixture of large hexagonal and small triangular particles, *Molecular Physics* 104 (2006) 3831-3839.

Názov odboru: Fyzika
Physics

Názov študijného programu: Fyzika (Teoretická fyzika)
Physics (Theoretical physics)

Názov dizertačnej práce: **Zvýšený magnetokalorický jav vo frustrovaných magnetoch**
Enhanced magnetocaloric effect in frustrated magnets

Meno školiteľa: doc. RNDr. Jozef Strečka, PhD.
jozef.strecka@upjs.sk
<https://ktfa.science.upjs.sk/people/jozef-strecka/>

Názov fakultného pracoviska školiteľa: Ústav fyzikálnych vied
<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/pracoviska/ustavy-pf/ufv/>
Institute of Physics
<https://ktfa.science.upjs.sk/>

Forma realizácie DŠ: denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Hlavným cieľom doktorandského výskumného projektu je podrobná analýza magnetokalorického efektu niekoľkých vybraných frustrovaných kvantových materiálov, ktoré sú zložené z 3d prechodových kovov a/alebo 4f magnetických iónov vzácnych zemín. Geometricky frustrované magnetické materiály, ktoré sa neusporiadajú do najnižších dosiahnuteľných teplôt, vykazujú zosilnený magnetokalorický efekt, čo ich robí lepšími v porovnaní s paramagnetickými soľami, pokiaľ ide o nízkotepelné chladenie. Geometrická frustrácia často vedie aj k anomálnym magnetizačným krivkám zahŕňajúcim nespojitú skoky medzi prechodnými magnetizačnými plató, ktoré poskytujú ďalšiu zaujímavú platformu pre účinné adiabatické chladenie v dôsledku podstatných zmien magnetizácie. V centre pozornosti budú napokon aj geometricky frustrované materiály vyhovujúce lokálnym zákonom zachovania v dôsledku deštruktívnej kvantovej interferencie, pretože ich základné magnetické a termodynamické vlastnosti (vrátane magnetokalorických) sú priamym dôsledkom lokálnej geometrie buniek zachytávajúcej viazané magnóny. Úlohou doktoranda bude preskúmať, ako môže geometrická spinová frustrácia, fázové prechody riadené teplotou a/alebo magnetickým poľom frustrovaných kvantových magnetických materiálov podporovať zvýšený magnetokalorický efekt s osobitným dôrazom na nízkotepelné chladenie. Jedným z hlavných cieľov je nájsť optimálne podmienky pre čo najvyššiu účinnosť magnetického chladenia, ktoré by bolo možné dosiahnuť uvažovaním rôznych termodynamických cyklov (napr. Carnotov, Ericssonov, Braytonov a pod.) pomocou vybraných geometricky frustrovaných magnetických materiálov. Téma dizertačnej práce je naviazaná na európsky projekt ADQUAM (č. 101119890), z ktorého bude doktorandské štipendium financované počas 3 rokov a časť doktorandského štúdia sa bude realizovať na Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (Nemecko), Technische Universität Braunschweig (Nemecko) a CY Cergy Paris Université (Francúzsko).

Literatúra:

1. M.E. Zhitomirsky, "Enhanced magnetocaloric effect in frustrated magnets", Phys. Rev. B 67, 104421 (2003). DOI: 10.1103/PhysRevB.67.104421.
2. F. Heidrich-Meisner et al., "Universal emergence of the one-third plateau in the magnetization process of frustrated quantum spin chains", Phys. Rev. B 75, 064413 (2007). DOI: 10.1103/PhysRevB.75.064413.
3. Ch. Aronica et al., Cubane Variations: Syntheses, Structures, and Magnetic Property Analyses of Lanthanide(III)-Copper(II) Architectures with Controlled Nuclearities, Inorg. Chem. 46, 6108 (2007). DOI: 10.1021/ic700645q.

The main objective of the PhD research project is a detailed analysis of the magnetocaloric effect of a few selected frustrated quantum materials, which are composed from 3d transition-metal and/or 4f rare-earth magnetic ions. Geometrically frustrated magnetic materials, which do not order down to lowest achievable temperatures, exhibit an enhanced magnetocaloric effect what makes them superior with respect to paramagnetic salts as far as the low-temperature refrigeration is concerned. The geometric frustration often leads also to anomalous magnetization curves involving discontinuous jumps between the intermediate magnetization plateaus, which provide another intriguing platform for the efficient adiabatic refrigeration because of the substantial magnetization changes. Finally, geometrically frustrated materials satisfying local conservation laws due to destructive quantum interference will be also at the particular focus, because their basic magnetic and thermodynamic properties (including magnetocaloric ones) are direct consequence of local geometries of trapping cells for bound magnons. The task of PhD student will be to investigate how the geometric spin frustration, temperature- and/or magnetic-field-driven phase transitions of frustrated quantum magnetic materials may promote the enhanced

magnetocaloric effect with the particular emphasis laid on the low-temperature refrigeration. One of the principal goals is to find optimal conditions for the highest possible efficiency of the magnetic refrigeration, which could be achieved by considering various thermodynamic cycles (e.g. Carnot, Ericsson, Brayton, etc.) with the help of selected geometrically frustrated magnetic materials. Topics of the dissertation thesis relates to the European project ADQUAM (No. 101119890), from which the PhD scholarship will be remunerated during 3 years and part of the PhD studied will be implemented at Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (Germany), Technische Universität Braunschweig (Germany) and CY Cergy Paris Université (France).

Literature:

1. M.E. Zhitomirsky, "Enhanced magnetocaloric effect in frustrated magnets", *Phys. Rev. B* 67, 104421 (2003). DOI: 10.1103/PhysRevB.67.104421
2. F. Heidrich-Meisner et al., "Universal emergence of the one-third plateau in the magnetization process of frustrated quantum spin chains", *Phys. Rev. B* 75, 064413 (2007). DOI: 10.1103/PhysRevB.75.064413
3. Ch. Aronica et al., Cubane Variations: Syntheses, Structures, and Magnetic Property Analyses of Lanthanide(III)-Copper(II) Architectures with Controlled Nuclearities, *Inorg. Chem.* 46, 6108 (2007). DOI: 10.1021/ic700645q

Názov odboru: Fyzika
Physics

Názov študijného programu: Fyzika (Teoretická fyzika)
Physics (Theoretical physics)

Názov dizertačnej práce: **Renormalizačná grupa v stochastickej dynamike a turbulencii: Algoritmizácia výpočtov relevantných veličín vo vyšších radoch poruchovej teórie.**
Renormalization group in stochastic dynamics and turbulence: Algorithmization of calculations of relevant quantities in higher orders of perturbation theory.

Meno školiteľa: prof. Dr.h.c. RNDr. Michal Hnatič, DrSc.
michal.hnatic@upjs.sk
<https://www.upjs.sk/PF/zamestnanec/michal.hnatic>

Meno školiteľa – konzultanta: RNDr. Tomáš Lučivjanský, PhD, tomas.lucivjansky@upjs.sk
<https://ktfa.science.upjs.sk/people/tomas-lucivjansky/>

Názov fakultného pracoviska školiteľa: Ústav fyzikálnych vied
<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/pracoviska/ustavy-pf/ufv/>
Institute of Physics
<https://ktfa.science.upjs.sk/>

Forma realizácie DŠ: denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Štúdium nerovnovážnych fázových prechodov, rozvinutej (magneto)hydrodynamickej turbulencie, perkolácie a kinetiky chemických reakcii metódami kvantovej teórie poľa si vyžaduje rozpracovanie nových a účinných analytických a numerických algoritmov pre výpočet kritických indexov a radiacích parametrov uvažovaných modelov vo vyšších radoch poruchovej teórie.

Cieľom dizertačnej práce bude rozpracovanie univerzálnych prístupov k výpočtom predovšetkým dvoj- a trojslučkových Feynmanových diagramov a ich aplikácia pri určení anomalných indexov pre rôzne triedy univerzality opisujúce veľkoškálové škálovanie štatistických korelácií skúmaných polí (poľa rýchlosti, magnetického poľa, poľa koncentrácie, parametra usporiadania). Dôležitou úlohou bude aj presnejšie určenie Kolmogorovej konštanty a skewnes faktoru v rozvinutej turbulencii a Prandtlovho čísla v advektívno-difúzných procesoch. Okrem dobrej znalosti základov modernej fyziky sa bude u doktoranda vyžadovať znalosť moderných programovacích jazykov.

Literatúra:

1. J. Cardy, Scaling and Renormalization in Statistical Physics, (Cambridge Univer Press, 2002).
2. J. Zinn Justin, Quantum Field Theory and Critical Phenomena, (Oxford Univers Press, 1989).
3. A. N. Vasil'ev The Field Theoretic Renormalization Group in Critical Behavior Theory and Stochastic Dynamics, Boca Raton:Chapman & Hall/CRC (2004).
4. D. J. Amit and V. Martin-Mayor, Field Theory, the Renormalization Group and Critical Phenomena, World Scientific, Singapore 2005.

The study of non-equilibrium phase transitions, developed (magneto)hydrodynamic turbulence, percolation and kinetics of chemical reactions by methods of quantum field theory requires the development of new and efficient analytical and numerical algorithms for the calculation of critical indices and control parameters of considered models in higher orders of perturbation theory.

The aim of the dissertation will be the development of universal approaches to the calculations of two- and three-loop Feynman diagrams and their application in the determination of anomalous indices for various classes of universality describing the large-scale scaling of statistical correlations of the investigated fields (velocity field, magnetic field, concentration field, order parameter). An important task will also be the more accurate determination of the Kolmogorov constant and the skewness factor in developed turbulence and the Prandtl number in advective-diffusion processes.

In addition to a good knowledge of the basics of modern physics, knowledge of modern programming languages will be required of the doctoral student.

Literature:

1. J. Cardy, Scaling and Renormalization in Statistical Physics, (Cambridge Univer Press, 2002).

2. J. Zinn Justin, Quantum Field Theory and Critical Phenomena, (Oxford Univers Press, 1989).
3. A. N. Vasil'ev The Field Theoretic Renormalization Group in Critical Behavior Theory and Stochastic Dynamics, Boca Raton:Chapman & Hall/CRC (2004).
4. D. J. Amit and V. Martin-Mayor, Field Theory, the Renormalization Group and Critical Phenomena, World Scientific, Singapore 2005.

Názov odboru: Fyzika
Physics

Názov študijného programu: Fyzika (Teoretická fyzika)
Physics (Theoretical physics)

Názov dizertačnej práce: **Magnetizmus a supravodivosť v proximálnych dvojrozmerných systémoch**
Magnetism and superconductivity in proximitized two-dimensional systems

Meno školiteľa: RNDr. Martin Gmitra, PhD.
martin.gmitra@upjs.sk
<https://ktfa.science.upjs.sk/people/martin-gmitra/>

Názov fakultného pracoviska školiteľa: Ústav fyzikálnych vied
<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/pracoviska/ustavy-pf/ufv/>
Institute of Physics
<https://ktfa.science.upjs.sk/>

Forma realizácie DŠ: denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Najzaujímavejším vývojom v oblasti atomárne tenkých dvojrozmerných materiálov je v súčasnosti vytváranie van der Waalových heteroštruktúr, ktoré umožňuje kreovať systémy so širokou škálou fyzikálnych vlastností. Kombináciou supravodičov s feromagnetickými izolátormi možno vytvoriť netriviálnu topologickú supravodivosť, ktorá je kľúčovým prvkom pre topologické kvantové počítače. Netriviálne supravodivé párovanie je možné indukovať aj v materiáloch so silnou spinovo-orbitálnou väzbou. Teoretický výskum využívajúci techniky výpočtov z prvých princípov bude zameraný na štúdium blízkostou indukovaných spinovo-orbitálnej väzby a magnetickej výmennej interakcie na elektrónovú štruktúru a indukované supravodivé párovanie vo van der Waalových heteroštruktúrach.

The current most exciting development in the field of atomically thin two-dimensional materials is the van der Waals engineering, which allows for the construction of heterostructures with a wide range of physical properties. By combining superconductors with ferromagnetic insulators, topological superconductivity can be created, which is a crucial element for topological quantum computing. Non-trivial superconducting pairing can be induced in materials with strong spin-orbit coupling. Theoretical research studies using first-principles techniques will focus on the effects of proximity-induced spin-orbit coupling and magnetic exchange on the electronic structure and the induced superconducting pairing in van der Waals heterostructures.

Názov odboru: Fyzika /Physics
Názov študijného programu: Fyzika (Teoretická fyzika) /Physics (Theoretical physics)
Názov dizertačnej práce: **Teoretické štúdium skyrmionových stavov vo frustrovaných antiferomagnetikách**
Theoretical study of skyrmion states in frustrated antiferromagnetics

Meno školiteľa: Prof. RNDr. Milan Žukovič, PhD.
milan.zukovic@upjs.sk
<https://ktfa.science.upjs.sk/people/milan-zukovic/>

Názov fakultného pracoviska školiteľa: Ústav fyzikálnych vied
<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/pracoviska/ustavy-pf/ufv/>
Institute of Physics
<https://ktfa.science.upjs.sk/>

Forma realizácie DŠ: denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Antisymetrická spinová výmenná interakcia typu Dzyaloshinskii-Moriya (DMI) môže viesť k vzniku skrútených magnetických štruktúr. Tieto vzbudili veľký záujem najmä po experimentálnom pozorovaní netriviálnych magnetických konfigurácií, nazývaných magnetické skyrmionové mriežky, ktoré majú potenciálne technologické aplikácie [1]. Vo feromagnetických (FM) systémoch vzniká skyrmionová fáza z konkurencie medzi FM interakciami a DMI a je stabilizovaná magnetickým poľom a tepelnými fluktuáciami. Podobná antiferomagnetická (AFM) skyrmionová fáza bola objavená vo frustrovanom klasickom Heisenbergovom AFM na trojuholníkovej mriežke v poli a to nielen s DMI [2], ale aj bez DMI v dôsledku interakcií medzi ďalšími susedmi [3]. Ukázalo sa, že magnetická frustrácia môže zlepšiť stabilitu skyrmionovej fázy [4] a že použitie AFM v zariadeniach založených na skyrmionoch má určité výhody oproti implementácii FM [5]. Cieľom navrhovaného výskumu je teoretické hľadanie a štúdium vhodných kandidátov medzi frustrovanými AFM, ktoré by vykazovali skyrmionové fázy s fyzikálne a technologicky zaujímavými vlastnosťami.

Literatúra:

1. N. Romming, C. Hanneken, M. Menzel, J. E. Bickel, B. Wolter, K. von Bergmann, A. Kubetzka, and R. Wiesendanger, *Science* 341, 636 (2013).
2. H. D. Rosales, D. C. Cabra, and Pierre Pujol, *Phys. Rev. B* 92, 214439 (2015)
3. T. Okubo, S. Chung and H. Kawamura, *Phys. Rev. Lett.* 108, 017206 (2012).
4. H. Y. Yuan, O. Gomonay, and Mathias Kläui, *Phys. Rev. B* 96, 134415 (2017).
5. J. Barker, O. A. Tretiakov, *Phys. Rev. Lett.* 116, 147203 (2016); W. Legrand et al., *Nature materials* 19, 34 (2020).

An antisymmetric Dzyaloshinskii-Moriya spin exchange interaction (DMI) can lead to the formation of twisted magnetic structures. These have attracted much interest mainly after the experimental observation of nontrivial magnetic configurations, called magnetic skyrmion lattices, which have potential technological applications [1]. In ferromagnetic (FM) systems, the skyrmion phase arises from the competition between FM interactions and DMI and it is stabilized by a magnetic field and thermal fluctuations. A similar antiferromagnetic (AFM) skyrmion phase has been discovered in the frustrated classical AFM triangular-lattice Heisenberg model in the field not only with DMI [2] but also without DMI due to further neighbor exchange interactions [3]. It has been shown that magnetic frustration can improve stability of the skyrmion phase [4] and that the usage of AFMs in skyrmion-based devices has certain advantages over the implementation of FM magnets [5]. The goal of the proposed research is theoretical search for suitable candidates among frustrated AFMs that would display skyrmion phases with physically and technologically interesting properties.

Literature:

1. N. Romming, C. Hanneken, M. Menzel, J. E. Bickel, B. Wolter, K. von Bergmann, A. Kubetzka, and R. Wiesendanger, *Science* 341, 636 (2013).
2. H. D. Rosales, D. C. Cabra, and Pierre Pujol, *Phys. Rev. B* 92, 214439 (2015)
3. T. Okubo, S. Chung and H. Kawamura, *Phys. Rev. Lett.* 108, 017206 (2012).
4. H. Y. Yuan, O. Gomonay, and Mathias Kläui, *Phys. Rev. B* 96, 134415 (2017).
5. J. Barker, O. A. Tretiakov, *Phys. Rev. Lett.* 116, 147203 (2016); W. Legrand et al., *Nature materials* 19, 34 (2020).

Názov odboru: Fyzika
Physics

Názov študijného programu: Fyzika (Teoretická fyzika)
Physics (Theoretical physics)

Názov dizertačnej práce: **Zovšeobecnené XY modely a ich využitie v predikcii priestorových dát**
Generalized XY models and their application in spatial data prediction

Meno školiteľa: Prof. RNDr. Milan Žukovič, PhD., milan.zukovic@upjs.sk
<https://ktfa.science.upjs.sk/people/milan-zukovic/>

Názov fakultného pracoviska školiteľa: Ústav fyzikálnych vied
<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/pracoviska/ustavy-pf/ufv/>
Institute of Physics
<https://ktfa.science.upjs.sk/>

Forma realizácie DŠ : denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Ukazuje sa, že XY model, zovšeobecnený pridaním členov vyšších rádov do hamiltoniánu, môže vykazovať bohaté kritické správanie s množstvom zaujímavých fáz [1]. Komplexnosť a nepredvídateľnosť pozorovaných fáz narastá prítomnosťou ďalších efektov, akými sú geometrická frustrácia a súťaženie rôznych typov interakcií [2]. Cieľom prvej časti výskumu je študovať vplyv frustrácie v dôsledku súťaženia členov vyšších rádov na kritické správanie zovšeobecneného XY modelu. Druhá časť výskumu bude venovaná využitiu vhodne definovaných zovšeobecnených XY modelov na predikciu chýbajúcich hodnôt v masívnych priestorových dátach, napr. z diaľkového snímania Zeme. Tradičné predikčné metódy nie sú vhodné pre takéto dáta najmä kvôli vysokej výpočtovej zložitosti ako aj iným obmedzeniam [3]. Navrhovaný výskum si kladie za cieľ vyvinúť stratégie pre vývoj efektívnych predikčných metód, ktoré by boli flexibilné a vhodné pre automatické spracovanie s využitím masívne paralelných algoritmov implementovaných na grafických procesoroch (GPU) [4].

Literatúra:

1. F. C. Poderoso, J. J. Arenzon, and Y. Levin, Phys. Rev. Lett. 106, 067202 (2011).
2. M. Lach and M. Žukovič, Phys. Rev. E 104, 024134 (2021).
3. N. Cressie and C.K. Wikle, Statistics for spatio-temporal data. John Wiley & Sons, 2015.
4. M. Žukovič, M. Borovský, M. Lach and D.T. Hristopulos, GPU-Accelerated Simulation of Massive Spatial Data Based on the Modified Planar Rotator Model, Mathematical Geosciences 52 123 (2020).

It turns out that the XY model, generalized by adding higher-order terms to Hamiltonian, can exhibit rich critical behavior with a number of interesting phases [1]. The complexity and unpredictability of the observed phases is increased by the presence of other effects, such as geometric frustration and competition of different types of interactions [2]. The aim of the first part of the research is to study the influence of frustration due to the competition of the higher-order terms on the critical behavior of the generalized XY model. The second part of the research will be devoted to the use of appropriately defined generalized XY models for the prediction of missing values in massive spatial data, e.g. from remote sensing of the Earth. Traditional prediction methods are not suitable for such data, mainly due to high computational complexity as well as other limitations [3]. The proposed research aims to develop strategies for the development of efficient prediction methods that would be flexible and suitable for automatic processing using massively parallel algorithms implemented on graphics processors (GPUs) [4].

Literature:

1. F. C. Poderoso, J. J. Arenzon, and Y. Levin, Phys. Rev. Lett. 106, 067202 (2011).
2. M. Lach and M. Žukovič, Phys. Rev. E 104, 024134 (2021).
3. N. Cressie and C.K. Wikle, Statistics for spatio-temporal data. John Wiley & Sons, 2015.
4. M. Žukovič, M. Borovský, M. Lach and D.T. Hristopulos, GPU-Accelerated Simulation of Massive Spatial Data Based on the Modified Planar Rotator Model, Mathematical Geosciences 52 123 (2020).

Názov odboru:	Sk – Fyzika En – Physics
Názov študijného programu:	Sk – Teoretická fyzika En – Theoretical physics
Názov dizertačnej práce:	Sk – Teoretické štúdium lokalizovaných magnetických systémov s magnetoelastickou väzbou En – Theoretical investigation of localized magnetic systems with magnetoelastic coupling
Meno školiteľa:	prof. RNDr. Michal Jaščur, CSc., michal.jascur@upjs.sk https://www.upjs.sk/en/PF/employee/michal.jascur/
Názov fakultného pracoviska školiteľa:	Sk – Ústav fyzikálnych vied En – Institute of Physics
Formu realizácie DŠ (denná/externá):	Sk/En – denná/internal

Anotácia témy dizertačnej práce:

Sk

Väčšina súčasných teoretických prác v oblasti lokalizovaných magnetických systémov skúma jednoduché teoretické modely, ktoré ignorujú magnetostrikčné javy a tepelnú rozťažnosť materiálov. Tieto efekty sú však vždy prítomné vo všetkých reálnych magnetických systémoch a môžu výrazne ovplyvniť takmer všetky ich termodynamické vlastnosti. Vzhľadom na túto skutočnosť je hlavným cieľom navrhovaného výskumného programu preskúmať niekoľko teoretických modelov lokalizovaných magnetických systémov, ktoré budú okrem magnetickej energie zahŕňať aj energiu mriežky. Na tento účel skombinujeme rôzne statické kryštálové potenciály s anharmonickými Einsteinovými alebo Debyeovými teóriami vibrácií a magnetickú časť energie zahrnieme pomocou zovšeobecnených Isingových alebo Heisenbergových modelov s výmennými interakciami závislými od vzdialenosti/objemu. Špeciálnu pozornosť budeme venovať magnetickým systémom s negatívnou tepelnou rozťažnosťou mriežky. Takýto prístup otvorí nový pohľad na magnetizmus kryštálických izolantov a môže viesť k predpovedi mnohých originálnych a zaujímavých fyzikálnych javov.

Literatúra:

1. M. Rončík, T Balcerzak, K. Szalowski and M. Jaščur, Mean-field theory of the spin-1/2 transverse field Ising model with a negative thermal expansion, *Journal of Physics: Condensed Matter* 34 (2022) 485802 (9pp).
2. M. Jaščur, M. Rončík, T. Balcerzak, and K. Szalowski, A novel critical behavior of the spin-1 Blume–Capel model with a distance-dependent nearest-neighbor exchange interaction and magneto-elastic coupling, *Journal of Physics: Condensed Matter* 32 (2020) 335801 (11pp).

En

Annotation of dissertation work:

Most of the present theoretical works in the field of localized magnetic systems investigate simple theoretical models that ignore both the magnetostriction phenomena and the thermal expansion of materials. However, these effects are always present in all real magnetic systems, and they can significantly influence almost all of their thermodynamic properties. Owing to this fact, the main goal of the proposed research program is to investigate several theoretical models of localized magnetic systems that will include excepting the magnetic energy also the lattice energy. For this purpose, we will combine various static crystal potentials with anharmonic Einstein or Debye vibrations theories, and the magnetic part of the energy will be included using the generalized Ising or Heisenberg models with distance/volume-dependent exchange interactions. We will pay special attention to magnetic systems with a negative thermal lattice expansion. Such an approach will open a novel view of the magnetism of crystalline insulators and may lead to the prediction of many original and interesting physical phenomena.

Literature:

1. M. Rončík, T Balcerzak, K. Szalowski and M. Jaščur, Mean-field theory of the spin-1/2 transverse field Ising model with a negative thermal expansion, *Journal of Physics: Condensed Matter* 34 (2022) 485802 (9pp).
2. M. Jaščur, M. Rončík, T. Balcerzak, and K. Szalowski, A novel critical behavior of the spin-1 Blume–Capel model with a distance-dependent nearest-neighbor exchange interaction and magneto-elastic coupling, *Journal of Physics: Condensed Matter* 32 (2020) 335801 (11pp).