

Najvýznamnejšie výsledky vedeckej práce za rok 2022

Základný výskum

Influence of mechanical stress on magnetization processes in amorphous FINEMET alloy

Projekty: VEGA 2/0171/19, VEGA 1/0143/20, VEGA 1/0250/21, APVV-19-0369

Riešitelia: J. Kováč

V práci bol sledovaný vplyv mechanického namáhania na magnetizačné procesy v amorfnej kovovej zliatine. Pre túto štúdiu boli vybrané rýchlo kalené amorfné kovové pásky s nominálnym zložením $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ (prekurzor FINEMET). Pri rôznych stupňoch mechanického namáhania vzorky boli pozorované významné rozdiely v magnetických vlastnostiach študovaného materiálu. Pôvod týchto efektov vyplýva zo zmien v dynamike doménových stien. Tieto zmeny sú spôsobené predovšetkým zmenami ich základných vlastností (hrúbka, energia na jednotku plochy steny domény), ako aj zmenami vlastností oblastí vnútorného napätia, ktoré sú prekážkami ich pohybu. Vplyv namáhaných oblastí bol demonštrovaný analýzou vplyvu mechanického zaťaženia na vnútorný demagnetizačný faktor.

[1] L. Novák, **J. Kováč**: *Influence of mechanical stress on magnetization processes in amorphous FINEMET alloy*

Journal of Alloys and Compounds 909 (2022) 164846, IF = 6.371, Q1P

Štúdium magnetických a termodynamických vlastností frustrovaných systémov v rámci exaktne riešiteľných modelov štatistickej mechaniky

Projekty: VEGA 2/0058/19, VEGA 2/0081/21, APVV-17-0020, APVV-20-0293

Riešitelia: M. Jurčíšin, E. Jurčíšinová

V rámci presne riešiteľných modelov na príslušných rekurzívnych mriežkach boli študované magnetické a termodynamické vlastnosti zodpovedajúcich geometricky frustrovaných magnetických systémov. Bolo ukázané, že samotná geometrická štruktúra oktahedronovej mriežky spolu s jednoosovou interakčnou anizotropiou, danou konkurenciou medzi feromagnetickými a antiferomagnetickými interakciami medzi najbližšími susedmi, vedie k možnému prirodzenému teoretickému vysvetleniu existencie tzv. "wasp-waisted" anomálie v hysteréznych slučkách experimentálne meranej na rôznych materiáloch s perovskitovou štruktúrou. Bola tiež predpovedaná nevyhnutnosť existencie tzv. intermediálnej fázy pri prechode medzi dvoma

dominantnými fázami v anifero-antifero ako aj fero-antifero interakčne anizotropných magnetických systémoch na oktahedronovej mriežke s jasne definovanými fázovými prechodmi. V rámci štúdia mixovaných spinových systémov na štvorcovej a kubickej mriežke bolo ukázané, že prítomnosť jednoosovej spinovej anizotropie môže viesť k anomálnym termodynamickým vlastnostiam, typickým pre frustrované magnetické systémy, aj v nefrustrovaných bipartitných feromagnetických systémoch. Existencia intermediálnej fázy vo fázovom diagrame bola tiež ukázaná vo frustrovaných antiferomagnetických systémoch na plošne centrovanej kubickej mriežke s interakciami medzi najbližšími a druhými najbližšími susedmi. Okrem toho, v rámci jednouzlovej aproximácie v teórii efektívneho poľa bol odvodený všeobecný systém dvoch algebraických rovníc na určenie kritických teplôt a priebehu magnetizácie klasických magnetických mriežkových systémov s ľubovoľným koordinačným číslom.

[1] **E. Jurčišinová and M. Jurčišin:** *Phase diagram and thermodynamic properties of the frustrated ferro-antiferromagnetic spin system on the octahedral lattice*
Physica A 603 (2022) 127731, IF=3.778

[2] **E. Jurčišinová and M. Jurčišin:** *Wasp-waisted hysteresis in magnetic materials with octahedral structure: A theoretical explanation based on exactly solvable model*
Physics Letters A 443 (2022) 128225, IF=2.707

[3] **E. Jurčišinová and M. Jurčišin:** *Single-ion anisotropy as the source of anomalies in thermodynamic properties of magnetic spin-1/2 – 1 mixed systems on square and simple cubic lattices*
Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment 11 (2022) 113204, IF=2.234

[4] **E. Jurčišinová and M. Jurčišin:** *Prediction of the existence of an intermediate phase in the antiferromagnetic J_1 - J_2 system on the face-centered cubic lattice*
Europhysics Letters 139 (2022) 26001, IF=1.958

[5] **E. Jurčišinová and M. Jurčišin:** *Influence of interaction-generated anisotropy on the antiferromagnetic spin system on the octahedral lattice*
Europhysics Letters 140 (2022) 46002, IF=1.958

[6] **E. Jurčišinová and M. Jurčišin:** *General solution of spin-1 Ising model in the effective field theory approximation: critical temperatures and spontaneous magnetization*
Phase Transitions 95 (2022) 1, IF=1.529

Nanokvapaliny s fullerénom C₆₀ a magnetickými nanočasticami pre aplikácie v transformátoroch

Projekty: VEGA 2/0011/20, APVV-18-0160

Riešitelia: M. Rajňák, K. Paulovičová, M. Timko, P. Kopčanský

Cieľom predkladaného výskumu je zvýšiť chladiacu účinnosť GTL transformátorového oleja pomocou nano-funkcionalizácie feritovými nanočasticami a fullerénom C₆₀. Chladiacu účinnosť funkcionalizovaného oleja sme testovali v jednofázovom transformátore s nominálnym výkonom 5 kVA. Bolo dokázané, že prítomnosť feritových nanočastíc v oleji ma za následok zníženie oteplenia transformátora len pri nízkej magnetizácii nasýtenia suspenzie (0,05 Am²/kg). Vysoká magnetizácia nasýtenia (6,4 Am²/kg) a následné magnetické interakcie nanočastíc s magnetickým poľom transformátora vedie k blokovaniu prúdenia oleja a k nárastu oteplenia transformátora [1]. Výrazný pokles oteplenia transformátora až o 8 °C bol dosiahnutý pri aplikácii oleja s fullerénom C₆₀ (0.01 %w/V). C₆₀ v GTL oleji tiež zvyšuje jeho elektrické preskokové napätie až o 17 %, čo môže byť zapríčinené vysokou elektrónovou afinitou fullerénu a schopnosťou potlačiť foto-ionizáciu na čele strímra [2].

[1] **M. Rajňák**, M. Franko, **K. Paulovičová**, M. Karpets, K. Parekh, R. Upadhyay, J. Kurimský, B. Dolník, R. Cimbala, P. Havran, **M. Timko**, **P. Kopčanský**: *Effect of ferrofluid magnetization on transformer temperature rise*

Journal of Physics D: Applied Physics 55 (2022) 345002, IF = 3.409, Q1P

[2] **M. Rajňák**, J. Kurimský, **K. Paulovičová**, M. Franko, B. Dolník, R. Cimbala, **M. Timko**, **P. Kopčanský**, V. Girman, M. Lisnichuk: *Dielectric and thermal performance of a C₆₀-based nanofluid and a C₆₀-loaded ferrofluid*

Physics of Fluids 34 (2022) 107106, IF = 4.980, Q1P

Výskum a vývoj REBCO masívnych monokryštalických supravodičov pre praktické aplikácie

Projekty: APVV-17-0625 , APVV-21-0387, VEGA 2/0094/22

Riešitelia: P. Diko, M. Radušovská, P. Hajdová, V. Kuchárová, D. Volochová, V. Antal

V prvej nominovanej práci sú prezentované výsledky získané v rámci spolupráce s CAN superconductors a.s. Pri štúdiu vplyvu systému otvorov v masívnom monokryštalickom supravodiči (MMS) typu GdBCO-Ag na mikroštruktúru, mikroskopické a makroskopické supravodivé vlastnosti sme ukázali, že vyššie hodnoty zachyteného magnetického poľa a levitačnej sily v MMS sú podmienené zmenami v štruktúre MMS. Druhá nominovaná práca je výsledkom spolupráce s SJTU Shanghai. Mikroštruktúrnou analýzou YBCO MMS sme prispeli k vysvetleniu vplyvu modifikovanej technológie prípravy YBCO MMS

na zvýšené hodnoty zachyteného magnetického poľa.

[1] **M. Radušovská, P. Diko, P. Hajdová, D. Volochová, V. Antal**, T. Hlásek, V. Plecháček, F. Antončík: *Bulk GdBCO-Ag superconductors with holes*

Journal of American Ceramic Society 105 (2022) 7822, IF = 3.832, Q1P

[2] Q. Gao, Y. Zhu, X. Gu, J. Zhou, **M. Radušovská**, J. He, D. Zhou, **P. Diko**, X. Yao: *Enhanced magnetic properties of YBCO bulk superconductors with tailored structure by a novel seeding assembly*

Ceramics International 48 (2022) 32056, IF = 5.532, Q1

Medzinárodná spolupráca

Misia BepiColombo: Prvé pozorovanie vnútornej južnej magnetosféry Merkúra

Projekty: VEGA 2/0094/10, VEGA 2/0059/13, VEGA 2/0077/16, VEGA 2/0087/19
Riešitelia: J. Baláž

Merkúr, najbližšia planéta k našej materskej hviezde, intenzívne interaguje s jej korpuskulárnou aj elektromagnetickou radiáciou, čo predstavuje z fyzikálneho hľadiska veľmi zaujímavé dynamické prostredie. Južná vnútorná magnetosféra planéty bola doposiaľ neprebádaným regiónom, keďže nebola skúmaná predošlými misiami MARINER-10 a MESSENGER. Sonda ESA BepiColombo letí k Merkúru od októbra 2018 a na orbite okolo neho zaparkuje v decembri 2025, čomu predchádza 6 gravitačných asistencií - blízkych preletov popri tejto planéte. Počas prvého preletu 1. októbra 2021 sonda preletela južným regiónom vo výške 199 km, kde iónové senzory PICAM a MIPA vedeckého komplexu SERENA zaregistrovali unikátne dáta o distribúcii a dynamike iónov. Misia BepiColombo je objektom spolupráce európskej vesmírnej agentúry ESA a japonskej JAXA v hodnote 2 mld €. Aparatúra SERENA (*Search for Exospheric Refilling and Emitted Natural Abundances*) je objektom spolupráce 34 inštitúcií (vrátane ÚEF) zo 16 krajín.

[1] S. Orsini, A. Milillo, H. Lichtenegger, ... , **J. Baláž**, et al.: *Inner southern magnetosphere observation of Mercury via SERENA ion sensors in BepiColombo mission*
Nature Communications 13 (2022) 7390, IF = 17.69, Nature Index

Oxidačný stres↔hydrofóbne interakcie↔modifikácia proteínov: ich vzájomná súhra a experimentálne prístupy štúdia

Projekty: NATO G-5683, SK-TW Azcai, APVV-19-342, VEGA 2/0094/21, 2/0034/22
Riešitelia: A. Musatov, K. Šipošová, I. Garčárová, D. Sedláková

Porušenie homeostázy proteínov je spoločným znakom starnutia a ochorení, charakterizovaných prítomnosťou nenatívnych agregátov proteínov v rôznych tkanivách. Jedným z možných mechanizmov, ktorý zvyšuje poškodenie kľúčových bunkových zložiek, proteínov, DNA, ale aj bunkových membrán je oxidačný stres, vznikajúci v dôsledku porušenia rovnováhy medzi prooxidačnými a antioxidačnými reakciami v živých organizmoch. Naším cieľom je nájsť/pripraviť aktívne látky, ktoré disponujú schopnosťou ovplyvniť oxidačný stres, hydrofóbne interakcie a tým aj funkčnú a štruktúrnu integritu proteínov. Ukázali sme, že vďaka jedinečným vlastnostiam, schopnosťou ovplyvniť amyloidogézu proteínov a pseudoenzymatickou (antioxidačnou) aktivitou, sú nanočastice CeO₂ vhodným kandidátom pri štúdiu procesov sprevádzajúcich choroby súvisiace s vekom. Antiamyloidný inhibičný efekt sme pozorovali aj pre fullerén C₆₀, a pomocou *in silico* metód sme ukázali ako prítomnosť C₆₀ ovplyvňuje štruktúru a stabilitu natívneho proteínu a následne aj amyloidnú agregáciu.

V rámci štúdia hydrofóbných interakcií v procesoch amyloidogenézy sme zistili, že chobimalt (detergent obsahujúci cholesterol) výrazne ovplyvňuje nielen kinetiku agregácie inzulínu, ale aj výslednú morfológiu fibríl, a to v dôsledku postupného obsadzovania väzobných miest na proteíne. Získané údaje podporili hypotézu o významnej úlohe cholesterolu a hydrofóbných interakcií v amyloidnej agregácii.

[1] **K. Siposova**, V. Huntosova, **I. Garcarova**, Y. Shlapa, I. Timashkov, A. Belous, **A. Musatov**: *Dual-Functional Antioxidant and Antiamyloid Cerium Oxide Nanoparticles Fabricated by Controlled Synthesis in Water-Alcohol Solutions*

Biomedicines 10 (2022) 942, IF = 6.081, Q1P

[2] Y. Shlapa, S. Solopan, V. Sarnatskaya, **K. Siposova**, **I. Garcarova**, K. Veltruska, I. Timashkov, O. Lykhova, D. Kolesnik, **A. Musatov**, V. Nikolaev, A. Belous: *Cerium dioxide nanoparticles synthesized via precipitation at constant pH: Synthesis, physical-chemical and antioxidant properties*

Colloids and Surface B: Biointerfaces 220 (2022) 112960, IF = 5.999, Q1P

[3] O.-S. Lee, V.I. Petrenko, **K. Siposova**, **A. Musatov**, H. Park, S. Lanceros-Mendez: *How fullerenes inhibit the amyloid fibril formation of hen lysozyme*

Journal of Industrial and Engineering Chemistry 106 (2022) 168, IF = 6.064, Q1

[4] **K. Siposova**, I.V. Petrenko, **I. Garcarova**, **D. Sedlakova**, L. Almasy, A.O. Kyzyma, M. Kriechbaum, **A. Musatov**: *The intriguing dose-dependent effect of selected amphiphilic compounds on insulin amyloid aggregation: Focus on a cholesterol-based detergent, Chobimalt*

Frontiers in Molecular Biosciences 9 (2022) 955282, IF = 6.113, Q1P

**Súťaž mladých vedeckých pracovníkov ÚEF SAV
2022**

I. miesto

RNDr. Miroslav Gančár, PhD.

Two faces of poly/peptide amyloid aggregation: inhibition vs. application

II. miesto

RNDr. Eubomíra Regeciová, PhD.

Theoretical study of ground state and thermodynamic properties of rare earth tetraborides – Novel model approach

III. miesto

Ing. Branislav Kunca, PhD.

Soft magnetic performance of ultra-rapidly annealed high-B_s Fe-(Co)-B nanocrystalline alloys at elevated temperatures

Ing. Bc. Marek Kuzmiak

Superconductivity in strongly disordered systems