



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



## PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UPJŠ

### Študiálny program: Biofyzika

Garant ÚEF SAV, v. v. i.: MUDr. Andrey Musatov, DrSc.

Téma: ***Stabilita a agregácia proteínov v prostredí biokompatibilných organických solventov***

Školiteľ: **RNDr. Diana Fedunová, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Miroslav Gančár, PhD.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Identifikácia účinných solventov schopných modulovať stabilitu a agregáciu proteínov má veľký význam pre rozmanité aplikácie v biotechnológiách alebo v medicíne. Výroba a dlhodobé skladovanie proteínov vyžaduje nastaviť vhodné podmienky prostredia uchovávajúce natívnu štruktúru proteínov a zabraňujúce ich agregácii. Podobne, tvorba špeciálneho typu usporiadaných agregátov – amyloidných fibríl, je podmienená vonkajšími podmienkami. Amyloidné agregáty predstavujú nové potenciálne biomateriály vďaka ich unikátnym vlastnostiam. Nájdenie podmienok schopných indukovať tvorbu definovaných amyloidných agregátov je preto v centre záujmu. Cieľom práce je študovať vplyv špeciálnych solventov - iónových kvapalín a hlboko eutektických zmesí - na stabilitu, kinetiku amyloidnej agregácie a morfológiu amyloidných fibríl rôznych proteínov (lyzozým, inzulín). Zámerom je zistiť vzťah medzi zložením a fyzikálno-chemickými vlastnosťami solventov a ich schopnosťou stabilizovať/destabilizovať štruktúru proteínov a inhibovať/urýchľovať tvorbu amyloidných agregátov s cieľom nájsť solventy schopné stabilizovať študované proteíny ako aj indukovať tvorbu amyloidných agregátov s definovanou morfológiou. Využívať sa budú spektroskopické (UV-VIS, CD, FTIR) a kalorimetrické (DSC, ITC) metódy ako aj atómová silová mikroskopia (AFM) a metódy počítačovej analýzy obrázkov.

Title: ***Protein stability and aggregation in biocompatible organic solvents***

Supervisor: **Dr. Diana Fedunová**

Co-supervisor: **Dr. Miroslav Gančár**

Form of study: *Internal* - *Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** The identification of effective solvents capable of modulating protein stability and aggregation is of great importance for various applications in biotechnology or medicine. The production and long-term storage of proteins requires setting appropriate environmental conditions that preserve the native structure of the proteins and prevent their aggregation. Similarly, the formation of a special type of ordered aggregates - amyloid fibrils, is modulated by external conditions. Amyloid aggregates represent new potential biomaterials due to their unique properties. Therefore, finding conditions capable of inducing the formation of defined amyloid aggregates is of interest. This work aims to study the effect of special solvents - ionic liquids and deep eutectic mixtures – on the stability, kinetics of amyloid aggregation, and morphology of amyloid fibrils of various proteins (lysozyme, insulin). The objective is to determine the relationship between solvent's composition and physicochemical properties and their ability to stabilize/destabilize protein structure and inhibit/accelerate amyloid aggregation to find solvents capable of stabilizing studied proteins or inducing amyloid aggregate formation with defined morphology. Spectroscopic (UV-VIS, CD, FTIR) and calorimetric (DSC, ITC) methods, as well as atomic force microscopy (AFM) and computer image analysis methods, will be used.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: ***Modulácia amyloidnej agregácie proteínov – objasnenie molekulárnych mechanizmov tvorby amyloidov a ich inhibície***

Školiteľ: **Doc. RNDr. Zuzana Gažová, DrSc.**

Konzultant: **RNDr. Andrea Antošová, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Amyloidné štruktúry poly/peptidov sú spájané s ochoreniami ako Alzheimerova choroba, systémové amyloidózy, diabetes mellitus a ďalšie. V poslednom období sa zistilo, že sú nevyhnutnou súčasťou aj mnohých životne dôležitých pochodov v organizmoch - od baktérií až po ľudí. Cieľom práce je prispieť k lepšiemu poznaniu mechanizmov tvorby a inhibície amyloidnej agregácie proteínov prostredníctvom jej modulácie pomocou rôznych látok (anorganické a organické molekuly, biomolekuly, nanočastice). Na základe toho je možné lepšie pochopiť patologický a fyziologický účinok amyloidných štruktúr na molekulárnej úrovni. Využívať sa budú rôzne fyzikálno-chemické metódy, hlavne spektroskopické, kalorimetrické, chromatografické techniky a atómová silová mikroskopia.

Title: ***Modulation of protein amyloid aggregation – insight into molecular mechanisms of amyloid formation and inhibition***

Supervisor: **Assoc. Prof. Zuzana Gažová**

Co-supervisor: **Dr. Andrea Antošová**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Amyloid structures of poly/peptides have been associated with diseases such as Alzheimer's disease, systematic amyloidoses, diabetes mellitus and others. Recently, it has been found that amyloids are important for many essential processes in organisms - from bacteria to humans. The aim of this work is to contribute to a better understanding of the mechanisms of the formation and inhibition of protein amyloid aggregation through their modulation by various substances (inorganic and organic molecules, biomolecules, nanoparticles). Based on this, it is possible to better understand the pathological and physiological effects of amyloid structures at the molecular level. Various physico-chemical methods will be used, mainly spectroscopic, calorimetric, chromatographic techniques and atomic force microscopy.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



Téma: ***Prirôdzene rozbalené proteíny v Alzheimerovej chorobe a iných amyloidných ochoreniach***

Školiteľ: **Doc. RNDr. Zuzana Gažová, DrSc.**

Konzultant: **RNDr. Zuzana Bednáriková, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Výskyt neurodegeneratívnych ochorení ako Alzheimerova choroba neustále narastá. Jednou z príčin vzniku týchto amyloidných ochorení je narušenie syntézy funkčných molekúl proteínov a nedostatočná degradácia nefunkčných, nesprávne zbalených molekúl proteínov. V dôsledku toho dochádza ku akumulácii nesprávne zbalených proteínov vo forme amyloidných agregátov s vysokým obsahom  $\beta$ -skladaných listov v rôznych tkanivách ľudského organizmu. S využitím moderných biofyzikálnych metód sa zameriame na štúdium mechanizmov tvorby amyloidných agregátov prirodzene rozbalených proteínov (IDP), ktoré súvisia s amyloidnými ochoreniami, konkrétne s Alzheimerovou chorobou. Zároveň sa budeme venovať systematickému hľadaniu potenciálnych interakčných partnerov s cieľom zamedziť amyloidnej agregácii IDP, čo by mohlo priniesť nové terapeutické prístupy pre momentálne nevyliciteľné amyloidné ochorenia.

Title: ***Intrinsically disordered proteins in Alzheimer's disease and other amyloidoses***

Supervisor: **Assoc. Prof. Zuzana Gažová**

Co-supervisor: **Dr. Zuzana Bednáriková**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** The prevalence of neurodegenerative conditions like Alzheimer's disease (AD) continues to rise with aging of human population. These diseases often result from impaired protein synthesis, leading to the accumulation of misfolded proteins in the brain. The proteins aggregate into amyloid structures rich in  $\beta$ -sheets throughout various brain regions. Despite their widespread impact, the precise mechanisms driving amyloid formation remain poorly understood, and effective treatments remain elusive. This research endeavors to elucidate the mechanisms underpinning amyloid aggregation in intrinsically disordered proteins (IDPs) associated with AD and other amyloid-related diseases. Employing biophysical methodologies, we aim to study the pathways involved in amyloid aggregate formation. Furthermore, we will systematically explore potential interaction partners to counteract amyloid aggregation of IDPs, offering promising therapeutic intervention in these debilitating diseases.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: ***Paradigma amyloidnej agregácie: od patologických štruktúr k funkčným bionanomateriálom***

Školiteľ: **RNDr., Ing. Katarína Šipošová, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Veronika Huntošová, PhD.** (CIB UPJŠ)

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Amyloidné agregáty predstavujú triedu vysoko usporiadaných štruktúr, tvorených mnohými prírodnými, ale aj umelo navrhnutými peptidmi a proteínmi. Tradične sú amyloidné štruktúry spájané s neurodegeneratívnymi a ďalšími ochoreniami, vrátane Alzheimerovej, Parkinsonovej, či Huntingtonovej choroby a spongiformných encefalopatií. Na druhej strane mnohé živé organizmy využívajú rôzne amyloidné proteíny ako funkčné stavebné bloky na zabezpečenie ich základných fyziologických funkcií. Táto skutočnosť, spolu s prirodzenou schopnosťou samosporiadania a vynikajúcimi materiálovými vlastnosťami amyloidných štruktúr, podnietila významný výskum v oblasti syntetického dizajnu funkčných amyloidov na vytvorenie rôznorodej nanoarchitektúry, molekulárnych materiálov a hybridných alebo kompozitných materiálov.

V rámci doktorandského štúdia sa bude detailne skúmať úloha oxidačného stresu a apoptózy v amyloidnej agregácii, t.j. štúdium štruktúrnych a funkčných dôsledkov interakcie proteínových/proteínových amyloidových štruktúr s rôznymi typmi látok, vrátane multifunkčných kompozitov. Druhým cieľom bude príprava multifunkčných biokonjugátov na báze funkčných amyloidných proteínov, ktoré je možné využiť na viazanie a uvoľňovanie biologicky aktívnych činidiel, vytváranie viacnásobných proteínových usporiadaní pre efektívne enzymatické kaskády alebo aj ako perspektívne nosiče pre ciele dodávanie liečiv s kontrolovaným uvoľňovaním.

Title: ***Amyloid Paradigm: From Pathological Structures to Functional Bionanomaterials***

Supervisor: **Dr. Katarína Šipošová**

Co-supervisor: **Dr. Veronika Huntošová** (CIB UPJŠ)

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Amyloids represent a class of robust, highly ordered structures that can be formed by many natural or artificially designed peptides and proteins. Traditionally, amyloids are linked with neurodegeneration and numerous other diseases, including Alzheimer's, Parkinson's, Huntington's diseases, and spongiform encephalopathies. On the other hand, many living organisms make use of diverse amyloid proteins as functional building blocks to fulfill a variety of physiological applications. This fact, along with the intrinsic self-assembly and outstanding material properties of amyloids, has prompted significant research in the synthetic design of functional amyloids to form diverse nanoarchitecture, molecular materials, and hybrid or composite materials.

Within the doctoral research, the implication of oxidative stress and apoptosis in amyloid aggregation will be examined, i.e., the study of the structural and functional consequences of the interaction of protein/protein amyloid structures with various types of substances, including multifunctional composites, will be conducted. The second goal will be the preparation of multifunctional bioconjugates based on functional amyloid proteins, which can be used for binding and release of biologically active agents, formation of multiple protein arrangements for efficient enzymatic cascades, or even as the promising carriers for targeted drug delivery with controllable release.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



## **Študijný program: Teoretická fyzika**

Garant ÚEF SAV, v. v. i.: RNDr. Pavol Farkašovský, DrSc.

Téma: *Skúmanie diskkrétnej gravitácie, paradoxu čiernych dier a tiež kvantových javov pre rôzne kozmologické objekty ako aj nanoštruktúry*

Školiteľ: **RNDr. Richard Pinčák, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Michal Pudlák, CSc.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Interpretácie vznikajúcich priestorov („emerging spaces“) pomocou nového geometrického/topologického prístupu zavedeného PNDP-varietami, t.j. konkrétnym druhom Einsteinovej sekvenčne deformovanej variety, ktorá z diferenciálno-geometrického hľadiska umožňuje pokryť širšiu škálu rôznych presných riešení Einsteinovej rovnice poľa, bez toho, aby sa výrazne skomplikovali výpočty v porovnaní s Einsteinovými deformovanými varietami. Cieľom práce bude objasniť základnú fyziku nad rámec Štandardného modelu, a to aj skúmaním toho, ako by diskkrétne gravitačné účinky ovplyvnili pohyb častíc so spinom alebo bez v gravitačných poliach. Dúfame, že preskúmaním týchto konceptov poskytneme cenné poznatky o povahe dimenzií a ich vplyve na gravitáciu a fundamentálne fyzikálne sily, čím sa vyriešia existujúce nezrovnalosti v súčasných kozmologických modeloch ako aj nanoštruktúrach.

Title: *Exploring of discrete gravity, black hole paradox and also quantum phenomena for various kinds of cosmological objects as well as nanostructures*

Supervisor: **Dr. Richard Pinčák**

Co-supervisor: **Dr. Michal Pudlák**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Interpretation of emerging spaces using a new geometric/topological approach introduced by PNDP-manifolds, i.e., particular kind of the Einstein sequential warped-product manifold, which allow to cover a wider variety of exact solutions of Einstein's field equation from a differential geometric point of view, without complicating the calculations comparing to the Einstein warped-product manifolds. We will seek to shed light on the underlying physics beyond the Standard model, also by the examination how discrete gravitational effects would affect the motion of spin or spinless particles in a gravitational fields. By exploring these concepts, we hope to provide valuable insights into the nature of dimensions and their impact on gravity and fundamental forces, thus addressing existing inconsistencies in current cosmological models as well as nanostructures.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



## **Študijný program: Fyzika kondenzovaných látok**

Garant ÚEF SAV, v. v. i.: Prof. RNDr. Peter Samuely, DrSc.

Téma: ***Kvantové materiály v extrémnych podmienkach***

Školiteľ: **Doc. RNDr. Slavomír Gabáni, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Matúš Orendáč, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Kvantové materiály, ako sú napríklad frustrované magnety, topologické izolátory, silne korelované kovy alebo exotické supravodiče, dnes zaujímajú popredné miesto v teoretickom i experimentálnom štúdiu tuhých látok a začínajú sa používať v aplikáciách spojených s kvantovými technológiami. Pochopenie základného stavu takýchto systémov si vyžaduje ich skúmanie v extrémnych podmienkach, t.j. pri veľmi nízkych teplotách, vysokých magnetických poliach či tlakoch. Konkrétne by sa dizertačná práca zaoberala štúdiom vplyvu vysokého magnetického poľa a hydrostatického tlaku na tepelné, transportné a magnetické vlastnosti vybraných tetra-, hexa- a dodekaboridov pri kelvinových až milikelvinových teplotách.

Title: ***Quantum materials under extreme conditions***

Supervisor: **Assoc. Prof. Slavomír Gabáni**

Co-supervisor: **Dr. Matúš Orendáč**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Quantum materials, such as frustrated magnets, topological insulators, strongly correlated metals or exotic superconductors, are highlights in the theoretical and experimental study of solids and are beginning to be used in applications connected with quantum technologies. Understanding the ground state of these systems requires their investigation under extreme conditions, i.e. at very low temperatures, high magnetic fields or pressures. Specifically, the dissertation would deal with the study of the influence of a high magnetic field and hydrostatic pressure on the thermal, transport and magnetic properties of selected tetra-, hexa- and dodecaborides at kelvin to millikelvin temperatures.

### Literatúra / Literature:

[1] KITTEL Ch., *Úvod do fyziky pevných látok*, Academia, Praha, 1985

[2] GABÁNI S. et al., *Magnetism and superconductivity of rare earth borides*, Journal of Alloys and Compounds 821 (2020), 153201

[3] GABÁNI S. a kol., *Fyzika a technika vysokých tlakov II.*, skriptá, ÚEF SAV Košice, 2016





Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, https://uef.saske.sk



Téma: **Kalorimetria supravodičov**

Školiteľ: **RNDr. Jozef Kačmarčík, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Zuzana Vargaštoková, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Od objavu dvojmedzerovej supravodivosti v MgB<sub>2</sub>, sa sústavne pátra po ďalších príkladoch tejto už napohľad výnimočnej charakteristiky. Okrem toho je zaujímavou témou súčasnosti aj štúdium konkurenčných usporiadaní v supravodičoch, kde supravodivosť koexistuje, prípadne súperí napríklad s magnetickým usporiadaním, alebo vlnami nábojovej hustoty. Cieľom dizertačnej práce je štúdium vybraných supravodičov rôznymi kalorimetrickými metódami, hlavne pomocou ac-mikrokalorimetrie. Práca bude zameraná najmä na supravodiče s konkurenčnými parametrami usporiadania a to na meranie ich tepelnej kapacity pri rôznych teplotách a magnetických poliach. Cieľom bude určiť z nameraných dát základné charakteristiky študovaného supravodiča ako je jeho kritická teplota, sila väzby Cooperových párov, typ párovania, kritické magnetické polia, anizotropia supravodivých vlastností a pod. K tomu bude potrebné osvojiť si základy metodiky ac mikrokalorimetrie, prípravu a realizáciu experimentov, spracovanie a interpretáciu nameraných údajov, prezentáciu výsledkov na domácich a zahraničných konferenciách a publikovanie originálnych výsledkov v zahraničných vedeckých časopisoch.

Title: ***Calorimetry of superconductors***

Supervisor: **Dr. Jozef Kačmarčík**

Co-supervisor: **Dr. Zuzana Vargaštoková**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Since the discovery of the two-gap superconductivity in MgB<sub>2</sub>, further examples of this already exceptional characteristic have been continuously investigated. In addition, the study of competing orders in superconductors, where superconductivity coexists or competes with, for example, magnetic order or charge density waves, is an interesting topic at present. The aim of this thesis is to study selected superconductors by various calorimetric methods, mainly by ac-microcalorimetry. In particular, the work will focus on superconductors with competing order parameters, namely the measurement of their heat capacity at different temperatures and magnetic fields. The aim will be to determine from the measured data the basic characteristics of the studied superconductor such as its critical temperature, strength of Cooper pair coupling, type of pairing, critical magnetic fields, anisotropy of superconducting properties, etc. To do this, it will be necessary to learn the basics of ac microcalorimetry technique, preparation and implementation of experiments, processing and interpretation of measured data, presentation of results at domestic and foreign conferences and publication of original results in foreign scientific journals.

Literatúra / Literature:

- [1] M. Tinkham, *Introduction to superconductivity*, McGraw-Hill, Inc., New York, 1996.
- [2] Yaakov Kraftmakher, *Modulation Calorimetry: Theory And Applications*, Springer-Verlag, 2004.
- [3] A. Tari, *The Specific Heat of Matter at Low Temperatures*, Imperial College Press, London, 2003.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: ***Vplyv obsahu kyslíka na funkcionálnosť RMnO<sub>3</sub> materiálov s perovskitovou štruktúrou***

Školiteľ: **RNDr. Marián Mihalik, CSc.**

Konzultant: **RNDr. Matúš Mihálik, PhD.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Ortorombické materiály RMnO<sub>3</sub> s perovskitovou štruktúrou vykazujú funkcionálne vlastnosti spojené napr. so silnou magneto – elektrickou väzbou (multiferroické materiály) v dôsledku veľkej variability štruktúrnych parametrov a rozmanitosti typov magnetického usporiadania v týchto materiáloch. V práci „Matúš Mihalik, K. Csach, V. Kavečanský, Marian Mihalik: *Cooperative Jahn-Teller effect in NdMn<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>O<sub>3+δ</sub> (0 ≤ x ≤ 0.2)*, Journal of Alloys and Compounds, 857 (2021) 157612“ sme ukázali možnosť vytvorenia vakancií v kyslíkových kryštálových polohách čo otvorilo otázku do akej miery cieleňé variovanie týchto vakancií ovplyvní funkcionálne vlastnosti spojené s magnetickým usporiadaním. V práci: „Matúš Mihalik, A. Pacanowska, M. Orendáč, K. Csach, M. Fitta, Marian Mihalik, *Vacancy-driven magnetism of GdMnO<sub>3+δ</sub> multiferroic compound*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 587 (2023) 171221“ sme ukázali aký je dopad podmienok prípravy multiferroického materiálu GdMnO<sub>3</sub> v atmosfére vzduch, Ar alebo O<sub>2</sub> na magnetický fázový prechod spojený s generovaním silnej magneto – elektrickej väzby. Témou doktorandského štúdia je zistiť do akej miery takto vytvorená defektná štruktúra a obsah kyslíka ovplyvňujú funkcionálnosť týchto materiálov z pohľadu magnetických a elektrických vlastností. Úspešné absolvovanie doktorandského štúdia predpokladá zvládnutie prípravy vhodných materiálov vo forme nanopráškov, keramik a kryštálov ako aj ich charakterizáciu z pohľadu štruktúry, magnetických a elektrických vlastností.

Title: ***The effect of oxygen content on the functionality of RMnO<sub>3</sub> materials with a perovskite structure***

Supervisor: **Dr. Marián Mihalik**

Co-supervisor: **Dr. Matúš Mihálik**

Form of study: *Internal* - Slovak Academy of Sciences

**Annotation:** Orthorhombic RMnO<sub>3</sub> materials with a perovskite structure show functional properties associated e.g. with strong magneto-electric coupling (multiferroic materials) due to the great variability of structural parameters and the variety of types of magnetic arrangement in these materials. In the work "Matúš Mihalik, K. Csach, V. Kavečanský, Marian Mihalik: *Cooperative Jahn-Teller effect in NdMn<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>O<sub>3+δ</sub> (0 ≤ x ≤ 0.2)*, Journal of Alloys and Compounds, 857 (2021) 157612" we showed the possibility of creating vacancies in the oxygen crystal positions, which opened the question to what extent the targeted variation of these vacancies will affect the functional properties associated with the magnetic arrangement. In the paper: "Matúš Mihalik, A. Pacanowska, M. Orendáč, K. Csach, M. Fitta, Marian Mihalik, *Vacancy-driven magnetism of GdMnO<sub>3+δ</sub> multiferroic compound*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 587 (2023) 171221" we showed the impact of the preparation conditions of the multiferric material GdMnO<sub>3</sub> in the atmosphere of air, Ar or O<sub>2</sub> on the magnetic phase transition associated with the generation of a strong magneto-electric coupling. The topic of the doctoral study is to find out to what extent the defective structure created in this way and the oxygen content affect the functionality of these materials from the point of view of magnetic and electrical properties. Successful completion of the doctoral studies requires mastering the preparation of suitable materials in the form of nanopowders, ceramics and crystals, as well as their characterization from the point of view of structure, magnetic and electrical properties.





Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: ***Substitučné zlúčeniny nových multiferoických funkčných materiálov s distorgovanou perovskitovou štruktúrou***

Školiteľ: **RNDr. Matúš Mihálik, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Marián Mihalik, CSc.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Oxidy tranzitívnych kovov s distorgovanou perovskitovou štruktúrou sú intenzívne študované jednak z dôvodu silnej korelácie medzi orbitálnymi, elektrickými, spinovými a mriežkovými stupňami voľnosti, ako aj z dôvodu vysokého aplikačného potenciálu (katódy pre palivové články, senzory pre detekciu rôznych plynov, elektronické komponenty zo silnou magnetoelektrickou väzbou a iné) týchto materiálov. Distorgovaná perovskitová štruktúra je veľmi tolerantná na substitúciu na jednotlivých kryštalografických polohách, čo otvára možnosti ladenia fyzikálnych vlastností smerom k vyššiemu aplikačnému potenciálu týchto zlúčenín, ako aj možnosti lepšieho pochopenia základných fyzikálnych vlastností a dejev. Cieľom práce je syntetizovať nové tuhé roztoky s chemickým vzorcom  $RET_{1-x}T'_xO_3$  ( $RE$  = vzácna zemina;  $T, T'$  = tranzitívny kov;  $0 \leq x \leq 1$ ), charakterizovať ich základné fyzikálne vlastnosti s dôrazom na magnetizmus, multiferoicitu, tepelnú kapacitu a následne optimalizovať vlastnosti pomocou substitúcie. Využívať sa budú rôzne fyzikálne a chemické metódy, hlavne metóda float zone a mokré chemické procesy na prípravu vzoriek a DC/AC magnetometria, kalorimetrické metódy a dielektrické experimenty na charakterizáciu vzoriek.

Title: ***Substitutional compounds of novel multiferroic functional materials with distorted perovskite structure***

Supervisor: **Dr. Matúš Mihálik**

Co-supervisor: **Dr. Marián Mihalik**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Transition metal oxides with a distorted perovskite structure are intensively studied both because of the strong correlation between orbital, electric, spin and lattice degrees of freedom, as well as because of their high application potential (cathodes for fuel cells, sensors for the detection of various gases, electronic components with strong magnetoelectric coupling etc.) of these materials. The distorted perovskite structure is very tolerant to substitution at individual crystallographic positions, which opens up the possibilities of tuning the physical properties towards a higher application potential of these compounds, as well as the possibilities of a better understanding of the basic physical properties and processes. The goal of the work is to synthesize new solid solutions with the chemical formula  $RET_{1-x}T'_xO_3$  ( $RE$  = rare earth;  $T, T'$  = transition metal;  $0 \leq x \leq 1$ ), to characterize their basic physical properties with an emphasis on magnetism, multiferroicity, specific heat; and subsequently optimize properties by substitution. Various physical and chemical methods will be used, mainly the float zone method and wet chemistry routes for sample preparation and DC/AC magnetometry, calorimetric methods and dielectric experiments for sample characterization.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



Téma: ***Nové supravodiče na báze vysokoentropických zliatin***

Školiteľ: **RNDr. Gabriel Pristáš, PhD.**

Konzultant: **Doc. RNDr. Karol Flachbart, DrSc.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Vysoko-entropické zliatiny (VEZ) predstavujú relatívne novú triedu materiálov, ktorá je poslednom období predmetom značného záujmu v oblasti základného ako aj aplikovaného výskumu. Tieto zliatiny pozostávajú z niekoľkých konštitučných prvkov (4 - 6), pričom jednotlivé prvky obsadzujú mriežkové pozície s vysokým stupňom vzájomného neusporiadania, t.j. s vysokou konfiguračnou entropiou. Supravodivosť VEZ, s prechodovou teplotou  $T_c$  do cca. 10 K a kritickým magnetickým poľom do cca. 20 T, je veľmi stabilná a odolná voči rôznym chemickým ako aj mechanickým vplyvom.

Témou navrhovanej dizertačnej práce bude príprava a výskum vlastností nových supravodičov na báze VEZ. Tieto budú zahrňovať VEZ, do ktorých budú inkorporované ľahké prvky, napr. dusík, uhlík alebo vodík, čo povedie k zmenám ich supravodivých vlastností. Navyše bude skúmaný aj vplyv tlaku a hrúbky tenkých filmov VEZ na ich supravodivé parametre. Študent bude pod vedením školiteľa participovať na príprave a charakterizácii vzoriek, experimentálnom výskume, analýze dát a prezentácii dosiahnutých výsledkov.

Title: ***New superconductors based on high-entropy alloys***

Supervisor: **Dr. Gabriel Pristáš**

Co-supervisor: **Assoc. Prof. Karol Flachbart**

Form of study: *Internal* - Slovak Academy of Sciences

**Annotation:** High-entropy alloys (HEAs) represent a relatively new class of materials, which has recently been the subject of considerable interest in both basic and applied research. These alloys consist of several constituent elements (4 - 6), while individual elements occupy lattice positions with a high degree of disorder, i.e. with high configurational entropy. Superconductivity of HEAs, with transition temperature  $T_c$  up to approx. 10 K and a critical magnetic field up to approx. 20 T, is very stable and resistant to various chemical and mechanical influences.

The topic of the proposed dissertation will be the preparation and research of the properties of new superconductors based on HEAs. These will include HEAs, which will incorporate light elements, e.g. nitrogen, carbon or hydrogen, which will lead to changes in their superconducting properties. In addition, the influence of pressure and thickness of HEAs thin films on their superconducting parameters will also be investigated. Under the guidance of the supervisor, the student will participate in the preparation and characterization of samples, experimental research, data analysis and presentation of the achieved results.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



## **Študijný program: Progresívne materiály**

Garant ÚEF SAV, v. v. i.: RNDr. Ivan Škorvánek, CSc.

Téma: *Nanomateriály pre medicínske aplikácie – functionalizácia a fyzikálno-chemická charakterizácia magnetických nanočastíc na báze oxidov železa*

Školiteľ: **Ing. Martina Koneracká, DrSc.**

Konzultant: **Doc. Mgr. Iryna Antal, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Cieľom práce bude zvládnuť technológiu prípravy magnetických koloidných suspenzií na báze oxidov železa, funkcionalizovať povrch nanočastíc biologicky aktívnymi látkami s cieľom minimalizovať ich toxicitu a zabezpečiť ich biokompatibilitu a stabilitu v biologických médiách. Ďalej pripravené magnetické nanomateriály charakterizovať z hľadiska rozmerovej distribúcie, morfológie, štruktúry, zloženia a magnetických vlastností použitím rôznych techník. Zároveň sa bude skúmať ich vplyv na kontrast pri zobrazovaní v magnetickej rezonancii (MRI). Taktiež sa bude na pripravených vzorkách merať množstvo vygenerovaného tepla po aplikácii magnetickej hypertermie v závislosti od intenzity a frekvencie striedavého magnetického poľa. Výsledky štúdia môžu byť použité pre cieleňý transport liečiv, na detekciu nádorových buniek, ktorá v kombinácii s hypertermiou a MRI môže predstavovať významný pokrok pri detekcii a liečbe nádorových ochorení.

Title: *Nanomaterials for medical application – functionalization and physicochemical characterization of magnetic nanoparticles based on iron oxides*

Supervisor: **Dr. Martina Koneracká**

Co-supervisor: **Assoc. Prof. Iryna Antal**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** The aim of the work will be to manage the technology of preparation of magnetic colloidal suspensions based on iron oxide nanoparticles, to functionalize the surface of nanoparticles with biologically active substances in order to minimize their toxicity and ensure their biocompatibility and stability in biological media. Further, to characterize the prepared magnetic nanomaterials in terms of size distribution, morphology, structure, stability, surface and magnetic properties using various techniques. At the same time, their effect on contrast in magnetic resonance imaging (MRI) will be investigated. The amount of heat generated after the application of magnetic hyperthermia will be also measured on the prepared samples, depending on the intensity and frequency of the alternating magnetic field. The results of the study can be used for targeted drug delivery, for the detection of tumour cells, which in combination with hyperthermia and MRI can represent a significant advance in the detection and treatment of cancer.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



Téma: ***Magneticky mäkké nanokryštalické zliatiny pripravené nekonvenčnými technikami tepelného spracovania***

Školiteľ: **RNDr. Ivan Škorvánek, CSc.**

Konzultant: **RNDr. Jozef Marcin PhD., Ing. Branislav Kunca, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Dizertačná práca je zameraná na ciele ovplyvňovanie štruktúry a magnetických vlastností nanokryštalických zliatin na báze 3-d kovov pomocou nekonvenčných techník tepelného spracovania. Plánujeme pri tom použiť aparáturu na ultra-rýchle žihanie tenkých kovových pásov skonštruovaných na ÚEF SAV, ktorá na rýchly ohrev využíva vopred predhriate masívne medené bloky pričom typické časy žihania sú v rozsahu niekoľkých sekúnd. V porovnaní s klasickými technikami tepelného spracovania umožňuje vysoká rýchlosť ohrevu v tomto zariadení podstatne rozšíriť rozsah kompozičných zložení, ktoré sú ešte schopné vytvárať nanokryštalickú štruktúru. Ďalšou nekonvenčnou technikou tepelného spracovania bude žihanie vo vysokom magnetickom poli. Vo vybraných systémoch zliatin sa zameriame na štúdium zmien ich štruktúrnych a magnetických vlastností. Hlavným cieľom práce je zlepšenie funkčných vlastností študovaných materiálov pre ich potenciálne aplikácie v technickej praxi.

Title: ***Soft magnetic nanocrystalline alloys prepared by unconventional thermal processing techniques***

Supervisor: **Dr. Ivan Škorvánek**

Co-supervisor: **Dr. Jozef Marcin, Dr. Branislav Kunca**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** The PhD thesis is focused on the employment of unconventional techniques of thermal processing in order to tailor the structural and magnetic properties of nanocrystalline alloys based on 3-d metals. We plan to use facility for ultra-rapid annealing of thin metallic ribbons constructed recently at IEP SAS. In this facility, the annealed samples are clamped between pair of the pre-heated massive Cu-blocks and typical annealing times take few seconds. High heating rates and much shorter processing times as compared to conventional annealing allow extend the composition interval where the annealed samples are still capable to form nanocrystalline structure. The other technique of thermal processing in this work is the annealing in a presence of high magnetic fields. We plan to perform a detailed study of structural and magnetic properties of selected alloy systems. The main goal of thesis is improvement of functional properties of studied materials for potential technical applications.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

---

Téma: ***Multifunkčné magnetické nanomateriály pre využitie v medicíne***

Školiteľ: **Ing. Vlasta Závašová, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Martina Kubovčíková, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Väčšina biologických procesov prebieha v nanorozmeroch a to nám dáva možnosť vďaka technickému pokroku porozumieť týmto procesom a vytvárať nové materiály. Magnetické nanomateriály majú značný potenciál využitia v oblasti medicíny napr. v distribúcii liečiva na postihnuté miesta, v zobrazovaní ale aj v terapii. Hlavným cieľom dizertačnej práce je nielen príprava nových magnetických nanomateriálov, naviazanie biologicky aktívnych látok a štúdium ich fyzikálnochemických vlastností ako sú rozmer, tvar, štruktúra, povrchový náboj, magnetické vlastnosti, ale aj skúmanie vhodnosti ich použitia napr. v oblasti diagnostiky pre magnetickú rezonanciu a liečbu ochorení napr. magnetickou hypertermiou.

Title: ***Multifunctional magnetic nanomaterials for use in medicine***

Supervisor: **Dr. Vlasta Závašová**

Co-supervisor: **Dr. Martina Kubovčíková**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Most biological processes take place at the nanoscale, and this gives us the opportunity to understand these processes and create new materials due to technical progress. Magnetic nanomaterials have considerable potential for use in medicine, e.g. in the distribution of the drug to the affected areas, in imaging, and in therapy. The main goal of the dissertation is not only the preparation of new magnetic nanomaterials, the binding of biologically active substances and the study of their physicochemical properties such as size, shape, structure, surface charge, magnetic properties, but also the investigation of their suitability for use in the field of magnetic resonance diagnostics and the treatment of diseases e.g. by magnetic hyperthermia.





Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



## **Študijný program: Jadrová a subjadrová fyzika**

Garant ÚEF SAV, v. v. i.: RNDr. Ivan Králik, CSc.

Téma: *Vývoj modelu výpočtov trajektórii kozmického žiarenia v magnetosfére Zeme*

Školiteľ: **RNDr. Pavol Bobík, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Blahoslav Pastirčák, CSc.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Simulácie trajektórii kozmického žiarenia sú nástrojom na opis radiačnej situácie v Zemskej magnetosfére. Sú spojené s viacerými výskumnými témami od radiačnej situácie v magnetosfére, témami kozmického počasia, cez vplyv kozmického žiarenia na tvorbu oblakov a širšie vplyv na klímu až po skúmanie presnosti datovacej metódy rádioaktívneho uhlíka C14. Cieľom práce je vylepšenie súčasných modelov pre výpočty trajektórii kozmického žiarenia v magnetosfére a ich využitie na skúmanie vybraných problémov spojených s kozmickým žiarením v magnetosfére Zeme. Medzi vybrané témy patrí vývoj modelu umožňujúceho simuláciu intenzít kozmického žiarenia počas geomagnetických búrok, hľadanie optimálnej metodiky pre skúmanie vplyvu kozmického žiarenia na tvorbu oblakov a určenie vplyvu krustálneho geomagnetického poľa na energetické prahy kozmického žiarenia na povrchu Zeme a v magnetosfére.

Title: *Cosmic ray trajectory in the Earth's magnetosphere model development*

Supervisor: **Dr. Pavol Bobík**

Co-supervisor: **Dr. Blahoslav Pastirčák**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Cosmic ray trajectories simulations are a tool for describing the radiation situation in the Earth's magnetosphere. They are connected to several research topics from the radiation situation in the magnetosphere, space weather topics, through the influence of cosmic radiation on the formation of clouds and the wider influence on the climate to the investigation of the accuracy of the dating method of radioactive carbon C14. The aim of the work is to improve the current models for calculating the trajectory of cosmic rays in the magnetosphere and to use them to investigate selected problems associated with cosmic rays in the Earth's magnetosphere. Selected topics include the development of a model enabling the simulation of cosmic radiation intensities during geomagnetic storms, the search for an optimal methodology for investigating the influence of cosmic radiation on cloud formation, and determining the influence of the crustal geomagnetic field on the energy thresholds of cosmic radiation on the Earth's surface and in the magnetosphere.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: ***Štúdium vplyvu kozmického počasia na oblasť rozhrania medzi vesmírom a Zemou***

Školiteľ: **RNDr. Šimon Mackovjak, PhD.**

Konzultant: **Ing. Ján Kubančák, PhD.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Oblasť rozhrania medzi vesmírom a Zemou sa nachádza vo výškach 80 - 300 km nad zemským povrchom. Je to dynamická oblasť neustále ovplyvňovaná slnečným žiarením a kozmickým počasím zhora a atmosférickými procesmi zospodu. Cieľom práce je študovať túto dynamiku najmä s dôrazom na identifikáciu vplyvu javov kozmického počasia. Využijú sa na to optické pozorovania airglowu zo satelitných misií a z pozemných celooblohových kamier a fotometrov; merania parametrov ionosféry z GNSS prijímačov a rádiových systémov založených na princípe Dopplerovho posunu; dáta kozmického počasia popisujúce slnečnú aktivitu, slnečný vietor, medziplanetárne magnetické pole a narušenie geomagnetického poľa. Práca sa bude zaoberať detailnými prípadovými štúdiami konkrétnych udalostí a tiež všeobecným dátovo-riadeným prístupom s využitím techník strojového učenia. Získané poznatky prispievajú k lepšiemu pochopeniu dôsledkov kozmického počasia na prostredie, ktoré významne ovplyvňuje komunikáciu a prevádzku satelitov a teda je dôležité aj pre celú spoločnosť.

Title: ***Study of space weather influence on Earth's interface to space***

Supervisor: **Dr. Šimon Mackovjak**

Co-supervisor: **Dr. Ján Kubančák**

Form of study: *Internal* - Slovak Academy of Sciences

**Annotation:** The Earth's interface region to space is located at altitudes of 80-300 km. It is a dynamic environment constantly influenced by solar radiation and space weather from above and atmospheric processes from below. The main objective is to study these dynamics, especially with a focus on identifying the influence of space weather phenomena. For this purpose the following data will be used: optical observations of airglow from satellite missions and ground-based all-sky cameras and photometers; measurements of ionosphere parameters from GNSS receivers and radio systems based on the Doppler shift principle; space weather data describing the solar activity, the solar wind, the interplanetary magnetic field, and disturbances in the geomagnetic field. The work will be dedicated to detailed case studies of specific events as well as to a general data-driven approach using machine learning techniques. The obtained knowledge will contribute to a better understanding of the consequences of space weather on the interface region, which significantly affects the communication and operation of satellites and is therefore crucial for the entire society.



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>



## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY TUKE

### Študiálny program: Fyzikálne inžinierstvo progresívnych materiálov

Garant ÚEF SAV, v. v. i.: Doc. RNDr. Slavomír Gabáni, PhD.

Téma: *Jednosmerný rast REBCO masívnych kryštálov, štruktúra a supravodivé vlastnosti*

Školiteľ: **Ing. Pavel Diko, DrSc.**

Konzultant: **RNDr. Jozef Bednarčík, PhD.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Téma je zameraná na prípravu REBCO (REBCO znamená zlúčeninu REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>, kde RE je Y alebo vzácna zemina) masívnych monokryštalických supravodičov (MMS) jednosmerným rastom (Single-Direction Melt-Growth: SDMG) z veľkoplošného zárodka a štúdium ich mikroštruktúry a supravodivých vlastností. SDMG technológia bola iba nedávno vyvinutá [1] a predstavuje výrazný pokrok v príprave REBCO MMS pre praktické aplikácie, lebo umožňuje prípravu veľkorozmerných kryštálov s komplikovanou geometriou.

Rast masívnych REBCO kryštálov, štruktúrna analýza a meranie makroskopických supravodivých vlastností budú uskutočnené na zariadeniach Oddelenia materiálovej fyziky ÚEF metódami bezkelímkového rastu kryštálov, RTG difrakcie, optickej a elektrónovej mikroskopie, meraním zachyteného magnetického poľa a levitačnej sily pri 77 K. Magnetizačné merania budú realizované na zariadeniach ÚEF SAV.

Title: *Single-directional growth of REBCO bulk crystals, structure and superconducting properties*

Supervisor: **Dr. Pavel Diko**

Co-supervisor: **Dr. Jozef Bednarčík**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** The topic is focused on the preparation of REBCO (REBCO means the compound REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>, where RE is Y or rare earth) massive monocrystalline superconductors (MMS) by single-direction melt-growth (SDMG) from a large-area seed and the study of their microstructure and superconducting properties. The SDMG technology was only recently developed [1] and represents a significant advance in the preparation of REBCO MMS for practical applications, as it enables the preparation of large-sized crystals with complicated geometry.

The growth of massive REBCO crystals, structural analysis and measurement of macroscopic superconducting properties will be carried out at the facilities of the Materials Physics Department of the ÚEF using methods of crucibleless crystal growth, X-ray diffraction, optical and electron microscopy, measurement of the captured magnetic field and levitation force at 77 K. Magnetization measurements will be carried out at the facilities UEF SAS.

#### Literatúra / Literature:

[1] T. Motoki, R. Sasada, T. Tomihisa, M. Miwa, S. Nakamura, J. Shimoyama, *Development of homogeneous and high-performance REBCO bulks with various shapes by the single-direction melt-growth (SDMG) method*, Supercond. Sci. Technol. 35 (2022)



Téma: *Nové supravodiče na báze vysokoentropických zliatin*

Školiteľ: **Doc. RNDr. Karol Flachbart, DrSc.**

Konzultant: **RNDr. Gabriel Pristáš, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Vysoko-entropické zliatiny (VEZ) predstavujú relatívne novú triedu materiálov, ktorá je v poslednom období predmetom značného záujmu v oblasti základného ako aj aplikovaného výskumu. Tieto zliatiny pozostávajú z niekoľkých konštitučných prvkov (4 - 6), pričom jednotlivé prvky obsadzujú mriežkové pozície s vysokým stupňom vzájomného neusporiadania, t.j. s vysokou konfiguračnou entropiou. Supravodivosť VEZ, s prechodovou teplotou  $T_c$  do cca. 10 K a kritickým magnetickým poľom do cca. 20 T, je veľmi stabilná a odolná voči rôznym chemickým ako aj mechanickým vplyvom.

Témou navrhovanej dizertačnej práce bude príprava a výskum vlastností nových supravodičov na báze VEZ. Tieto budú zahrňovať VEZ, do ktorých budú inkorporované ľahké prvky, napr. dusík, uhlík alebo vodík, čo povedie k zmenám ich supravodivých vlastností. Prvé výsledky prezentované v práci [1] napr. ukazujú, že inkorporácia dusíka do VEZ vedie až k osemnásobnému zvýšeniu prechodovej teploty  $T_c$ .

Výskum v rámci dizertačnej práce bude vykonávaný v Centre fyziky nízkych teplôt Ústavu experimentálnej fyziky SAV, ktoré má k dispozícii všetku potrebnú infraštruktúru.

Title: *New superconductors based on high entropy alloys*

Supervisor: **Assoc. Prof. Karol Flachbart**

Co-supervisor: **Dr. Gabriel Pristáš**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** High-entropy alloys (HEAs) represent a relatively new class of materials, which has recently been the subject of considerable interest in both basic and applied research. These alloys consist of several constituent elements (4 - 6), while individual elements occupy lattice positions with a high degree of disorder, i.e. with high configurational entropy. Superconductivity of HEAs, with transition temperature  $T_c$  up to approx. 10 K and a critical magnetic field up to approx. 20 T, is very stable and resistant to various chemical and mechanical influences.

The topic of the proposed dissertation will be the preparation and research of the properties of new superconductors based on HEAs. These will include HEAs, which will incorporate light elements, e.g. nitrogen, carbon or hydrogen, which will lead to changes in their superconducting properties. The first results presented in work [1] e.g. show that the incorporation of nitrogen into HEAs leads to an eightfold increase in the transition temperature  $T_c$ . Research in the framework of the dissertation will be carried out in the Center of Low Temperature Physics of the Institute of Experimental Physics of the SAS, which has all the necessary infrastructure at its disposal.

#### Literatúra / Literature:

[1] G. Pristáš, ..., K. Flachbart, *Multiple transition temperature enhancement in superconducting TiNbMoTaW high entropy alloy films through tailored N incorporation*, Acta Materialia 262 (2024), 119428



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

---

Téma: ***Kvantové materiály v extrémnych podmienkach***

Školiteľ: **Doc. RNDr. Slavomír Gabáni, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Matúš Orendáč, PhD.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Kvantové materiály, ako sú napríklad frustrované magnety, topologické izolátory, silne korelované kovy alebo exotické supravodiče, dnes zaujímajú popredné miesto v teoretickom i experimentálnom štúdiu tuhých látok a začínajú sa používať v aplikáciách spojených s kvantovými technológiami. Pochopenie základného stavu takýchto systémov si vyžaduje ich skúmanie v extrémnych podmienkach, t.j. pri veľmi nízkych teplotách, vysokých magnetických poliach či tlakoch. Konkrétne by sa dizertačná práca zaoberala štúdiom vplyvu vysokého magnetického poľa a hydrostatického tlaku na tepelné, transportné a magnetické vlastnosti vybraných tetra-, hexa- a dodekaboridov pri kelvinových až milikelvinových teplotách.

Title: ***Quantum materials under extreme conditions***

Supervisor: **Assoc. Prof. Slavomír Gabáni**

Co-supervisor: **Dr. Matúš Orendáč**

Form of study: *Internal* - *Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Quantum materials, such as frustrated magnets, topological insulators, strongly correlated metals or exotic superconductors, are highlights in the theoretical and experimental study of solids and are beginning to be used in applications connected with quantum technologies. Understanding the ground state of these systems requires their investigation under extreme conditions, i.e. at very low temperatures, high magnetic fields or pressures. Specifically, the dissertation would deal with the study of the influence of a high magnetic field and hydrostatic pressure on the thermal, transport and magnetic properties of selected tetra-, hexa- and dodecaborides at kelvin to millikelvin temperatures.

Literatúra / Literature:

[1] GABÁNI S. et al., *Magnetism and superconductivity of rare earth borides*, Journal of Alloys and Compounds 821 (2020), 153201

[2] GABÁNI S. a kol., *Fyzika a technika vysokých tlakov II.*, skriptá, ÚEF SAV Košice, 2016





Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: ***Nové multiferoické funkčné materiály a magnetoelektrická fyzika***

Školiteľ: **RNDr. Matúš Mihálik, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Marián Mihalik, CSc.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Oxidy tranzitívnych kovov sú intenzívne študované a to z dôvodu vysokého aplikačného potenciálu ako katódy pre palivové články, senzory pre detekciu rôznych plynov a v neposlednom rade ako komponenty zo silnou magnetoelektrickou väzbou pre elektroniku. Téma je zameraná na hľadanie nových multiferoických materiálov a optimalizáciu ich vlastností so zreteľom na aplikačné využitie. Nové materiály budú hľadané najmä v rodinách materiálov typu  $RE\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$  a  $RE\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$  ( $RE =$  vzácne zeminy;  $0 \leq x \leq 1$ ). Pre tieto typy materiálov už bola pozorovaná multiferoicita napr. v zlúčeninách  $\text{ErMnO}_3$  a  $\text{TbMn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ ;  $x < 0.02$ . Študent v rámci štúdia prejde všetkými krokmi experimentálneho výskumu od prípravy a charakterizácie vzoriek, experimenty (dôraz na magnetizmus, magneto-elektrickú väzbu, multiferoicitu a optimalizáciu parametrov), analýzu dát a prezentáciu dosiahnutých výsledkov. To zaisťuje, že človek, ktorý ukončí toto štúdium bude mať široký rozhľad na poli experimentálnej fyziky a bude schopný pokračovať vo svojej kariére v základnom, alebo aplikovanom výskume.

Title: ***Novel multiferroic functional materials and magnetoelectric physics***

Supervisor: **Dr. Matúš Mihálik**

Co-supervisor: **Dr. Marián Mihalik**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Transition metal oxides are intensively studied due to their high application potential as cathodes for fuel cells, sensors for the detection of various gases and, last but not least, as components with strong magnetoelectric coupling for electronics. The topic is focused on the search for new multiferroic materials and the optimization of their properties with regard to application use. New materials will be searched mainly in the  $RE\text{Mn}(1-x)\text{Fe}_x\text{O}_3$  and  $RE\text{Mn}(1-x)\text{Ti}_x\text{O}_3$  material families ( $RE =$  rare earths;  $0 \leq x \leq 1$ ). Multiferroicity has already been observed for these types of materials, e.g. in  $\text{ErMnO}_3$  and  $\text{TbMn}(1-x)\text{Fe}_x\text{O}_3$  compounds;  $x < 0.02$ . Within the course of the study, the student will go through all the steps of experimental research from the preparation and characterization of samples, experiments (emphasis on magnetism, magneto-electric coupling, multiferroicity and parameter optimization), data analysis and presentation of the achieved results. This will ensure that the person who completes this study will have a broad perspective in the field of experimental physics and will be able to continue their career in basic or applied research.

Literatúra / Literature:

[1] Matúš Mihalik, Kornel Csach, Viktor Kavečanský, Marián Mihalik, *Cooperative Jahn-Teller effect in  $\text{NdMn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3+\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.2$ )*, Journal of Alloys and Compounds 857 (2021), 157612



Téma: ***Magnetické kvapaliny na získavanie energie***

Školiteľ: **RNDr. Michal Rajňák, PhD.**

Konzultant: **Ing. Katarína Paulovičová, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Téma dizertačnej práce súvisí s aktuálnou potrebou hľadania nových materiálov a princípov pre alternatívne a obnoviteľné zdroje elektrickej energie. Predmetom tohto projektu je experimentálny výskum magnetických kvapalín vo funkcii efektívnych médií slúžiacich na premenu mechanických vibrácií a stratového tepla na elektrickú energiu. Prvým cieľom tohto projektu je pripraviť nízko-viskózne magnetické kvapaliny s vysokými hodnotami počiatkovej magnetickej susceptibility a magnetizácie nasýtenia. Tieto kvapaliny budú pripravené na báze uhľovodíkových olejov a vody. Disperzná fáza bude pozostávať z magnetických nanočastíc rôznych tvarov (najmä oxidy Fe a Co). Druhým cieľom je implementovať tieto magnetické kvapaliny v magnetických obvodoch na získavanie energie z mechanických vibrácií a analyzovať generovanú elektromotorickú silu. Analýza získanej energie sa bude opierať o experimentálne štúdium hydrodynamiky a magnetických interakcií magnetických kvapalín v systémoch na získavanie energie. Tretím cieľom projektu je pripraviť magnetické kvapaliny umožňujúce magnetickým poľom riadenú termoelektrickú premenu. Tieto kvapaliny budú pripravené ako koloidné suspenzie povrchovo funkcionalizovaných magnetických nanočastíc v rôznych iónových kvapalinách tak, aby sa získala čo najväčšia termoelektrická účinnosť. Tá bude hodnotená na základe merania tepelnej vodivosti, elektrickej vodivosti a Seebeckovho koeficientu v širokej škále teploty a intenzity magnetického poľa.

Title: ***Magnetic fluids for energy harvesting***

Supervisor: **Dr. Michal Rajňák**

Co-supervisor: **Dr. Katarína Paulovičová**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** The topic of the dissertation is related to the current need to find new materials and principles for alternative and renewable sources of electrical energy. The subject of this project is the experimental research of magnetic fluids as effective media for the conversion of mechanical vibrations and waste heat into electrical energy. The first goal of this project is to prepare low-viscosity magnetic fluids with high values of initial magnetic susceptibility and saturation magnetization. These liquids will be prepared based on hydrocarbon oils and water. The dispersed phase will consist of magnetic nanoparticles of various shapes (especially Fe and Co oxides). The second goal is to implement these magnetic fluids in magnetic circuits to harvest energy from mechanical vibrations and analyze the generated electromotive force. The analysis of the recovered energy will be based on the experimental study of hydrodynamics and magnetic interactions of magnetic fluids in energy recovery systems. The third goal of the project is to prepare magnetic fluids enabling magnetic field-controlled thermoelectric conversion. These liquids will be prepared as colloidal suspensions of surface-functionalized magnetic nanoparticles in various ionic liquids in order to obtain the greatest possible thermoelectric efficiency. This will be evaluated based on the measurement of thermal conductivity, electrical conductivity and Seebeck coefficient in a wide range of temperature and magnetic field intensity.

Literatúra / Literature:

- [1] M. Rajňák et al., Phys. Fluids 34 (2022), 107106
- [2] M. Rajňák et al., Phys. Fluids 33 (2021), 082006
- [3] M. Rajňák et al., J. Chem. Phys. 158 (2023), 204901



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: **Štruktúrne prechody v nanokompozitoch na báze kvapalných kryštálov**

Školiteľ: **RNDr. Natália Tomašovičová, CSc.**

Konzultant: **RNDr. Veronika Lacková, PhD.**

Forma štúdia: *denná - SAV*

**Anotácia:** Kvapalné kryštály predstavujú triedu mäkkých kondenzovaných látok. Ich charakteristickou vlastnosťou je kombinácia tekutých vlastností klasických kvapalín a anizotropných elektrických, magnetických a optických vlastností tuhých kryštalických látok. Dnes sú známe hlavne vďaka ich využitiu ako displejov v počítačoch, notebookoch, telefónoch a televízoroch. Kvapalné kryštály majú vysoký potenciál využitia v mnohých oblastiach Hi-Tech priemyslu ako sú biotechnológie, telekomunikácie a optické spracovanie. Nové aplikácie si vyžadujú nové materiály, často s dosť exotickými vlastnosťami, a nové technológie. Vo všeobecnosti, experimentálne výsledky potvrdili, že dopovanie kvapalných kryštálov malým množstvom rôznych typov nanočastíc výrazne modifikuje vlastností takýchto kompozitov. Hlavným cieľom ďalšieho výskumu v tejto oblasti je optimalizácia týchto kompozitov vzhľadom na kvapalno-kryštalickú maticu, typ častíc a ich koncentráciu s cieľom prispieť k novým aplikáciám.

Title: ***Structural transitions in nanocomposites based on liquid crystals***

Supervisor: **Dr. Natália Tomašovičová**

Co-supervisor: **Dr. Veronika Lacková**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Liquid crystals (LCs) belong to a class of soft condensed matter that is characterized by the combination of the fluidity of ordinary liquids with the anisotropy of electric, magnetic and optical properties of crystalline solid materials. Nowadays LCs are best known for their successful applications in computer, notebook, phone and TV displays. There are many sectors of hi-tech industry where LCs have great potentials, such as biotech, telecommunication, and optical processing. The new applications require new materials, sometimes with rather exotic properties, and new technologies. In general, experimental results evidence that doping the LC with a small amount of the different kind of nanoparticles affects the properties of the composite material considerably. The most important for further research in this direction is the optimization of these composites with respect to the liquid crystal matrix, to the type and concentration of nanoparticles, in order to contribute to possible applications.

Literatúra / Literature:

[1] N. Tomasovicova, M. Batkova, I. Batko, V. Lackova, V. Zavisova, P. Kopcansky, J. Jadzyn, P. Salamon, T. Tóth-Katona, *Oriental self-assembly of nanoparticles in nematic droplets*, *Nanoscale Adv.* 3 (2021), 2777



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice

IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, https://uef.saske.sk



## FAKULTA MATERIÁLOV, METALURGIE a RECYKLÁCIE TUKE

### Študiálny program: Materiály

Garant ÚEF SAV, v. v. i.: RNDr. Marián Mihalik, CSc.

Téma: *Vplyv obsahu kyslíka na funkcionálnosť RMnO<sub>3</sub> materiálov s perovskitovou štruktúrou*

Školiteľ: **RNDr. Marián Mihalik, CSc.**

Konzultant: **RNDr. Matúš Mihálik, PhD.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Ortorombické materiály RMnO<sub>3</sub> s perovskitovou štruktúrou vykazujú funkcionálne vlastnosti v dôsledku veľkej variability štruktúrnych parametrov a rozmanitosti typov magnetického usporiadania v týchto materiáloch. Otvorenou otázkou je do akej miery cieľené generovanie vakancií v polohách kyslíka ovplyvní funkcionálne vlastnosti spojené s magnetickým usporiadaním. Ukázali sme, že dopad podmienok prípravy GdMnO<sub>3</sub> v atmosfére vzduchu, Ar alebo O<sub>2</sub> na magnetický fázový prechod spojený s generovaním silnej magneto – elektrickej väzby je obrovský. Témou doktorandského štúdia je zistiť do akej miery takto vytvorená defektná štruktúra ovplyvňuje funkcionálnosť týchto materiálov. Úspešné absolvovanie doktorandského štúdia predpokladá zvládnutie prípravy vhodných materiálov vo forme nanopráškov, keramik a kryštálov ako aj ich charakterizáciu z pohľadu štruktúry, magnetických a elektrických vlastností.

Title: *The effect of oxygen content on the functionality of RMnO<sub>3</sub> materials with a perovskite structure*

Supervisor: **Dr. Marián Mihalik**

Co-supervisor: **Dr. Matúš Mihálik**

Form of study: *Internal - Slovak Academy of Sciences*

**Annotation:** Orthorhombic RMnO<sub>3</sub> materials with a perovskite structure exhibit functional properties due to the large variability of structural parameters and the variety of types of magnetic ordering in these materials. An open question is to what extent the targeted generation of vacancies in oxygen positions will affect the functional properties associated with the magnetic arrangement. We have shown that the impact of the preparation conditions of GdMnO<sub>3</sub> in an atmosphere of air, Ar or O<sub>2</sub> on the magnetic phase transition associated with the generation of a strong magneto-electric coupling is enormous. The topic of the doctoral study is to find out to what extent the defective structure created in this way affects the functionality of these materials. Successful completion of the doctoral studies requires mastering the preparation of suitable materials in the form of nanopowders, ceramics and crystals, as well as their characterization from the point of view of structure, magnetic and electrical properties.

### Literatúra / Literature:

[1] Matúš Mihálik, A. Pacanowska, M. Orendáč, K. Csach, M. Fitta, Marian Mihalik, *Vacancy-driven magnetism of GdMnO<sub>3</sub>+ $\delta$  multiferroic compound*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 587 (2023) 171221



Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied  
verejná výskumná inštitúcia

Watsonova 47, 040 01 Košice



IČO: 00166812, tel.: +421 55 7922 201, e-mail: sekr@saske.sk, <https://uef.saske.sk>

Téma: ***Nové funkčné materiály na báze perovskitovej štruktúry***

Školiteľ: **RNDr. Matúš Mihálik, PhD.**

Konzultant: **RNDr. Marián Mihalik, CSc.**

Forma štúdia: *denná* - SAV

**Anotácia:** Perovskitové materiály sú intenzívne študované a to z dôvodu vysokého aplikačného potenciálu ako katódy pre palivové články, senzory pre detekciu rôznych plynov, alebo materiály s magnetickými vlastnosťami vhodnými pre aplikačné použitie. Téma je zameraná na hľadanie nových materiálov typu  $RE_{1-x}T'_xO_3$  ( $RE$  = vzácna zemina;  $T, T'$  = tranzitívny kov;  $0 \leq x \leq 1$ ) a optimalizáciu ich vlastností. Študent bude zaškolený vo všetkých krokoch experimentálneho výskumu od prípravy a charakterizácie vzoriek, cez experimenty (dôraz na magnetizmus a optimalizáciu parametrov), analýzu dát a prezentáciu výsledkov. Absolvent bude mať široký rozhľad na poli experimentálnej fyziky, ktorý bude môcť využiť ako v základnom výskume, tak aj v priemysle.

Title: ***Novel functional materials based on perovskite structure***

Supervisor: **Dr. Matúš Mihálik**

Co-supervisor: **Dr. Marián Mihalik**

Form of study: *Internal* - Slovak Academy of Sciences

**Annotation:** Perovskite materials are intensively studied due to their high application potential as cathodes for fuel cells, sensors for the detection of various gases, or materials with magnetic properties suitable for application use. The topic is focused on the search for new materials of the  $RE_{1-x}T'_xO_3$  type ( $RE$  = rare earth;  $T, T'$  = transitive metal;  $0 \leq x \leq 1$ ) and optimization of their properties. The student will be trained in all steps of experimental research from sample preparation and characterization, through experiments (emphasis on magnetism and parameter optimization), data analysis and presentation of results. The graduate will have a broad perspective in the field of experimental physics, which he will be able to use both in basic research and in industry.

Literatúra / Literature:

[1] M. Mihalik jr., M. Vavra, Z. Molčanová, J. Briančin, M. Mihalik, *Magnetic phase diagram of  $SrMn_{1-x}Fe_xO_3$  substitutional system*, Physica B 660 (2023), 414850