

Najvýznamnejšie výsledky vedeckej práce za rok 2019

Základný výskum

Spontánne a cielečné samousporiadanie látok na mezoškálach v komplexných kvapalinách

Projekty: VEGA 2/0177/17, APVV-16-0550

Riešitelia: D. Rak, M. Sedlák

Súbor predložených prác predstavuje podrobnú a rozsiahlu experimentálnu štúdiu javov spontánneho a cielečného samousporiadania látok v komplexných kvapalinách, zahrňujúcu plyny, kvapaliny a tuhé látky nízkomolekulárneho i polymérneho charakteru. Prezentované práce sú prínosom v oblasti základného výskumu (objasnenie pôvodu mezoškálových štruktúr v rôznych systémoch, zmapovanie výskytu a intenzity mezoškálovej segregácie ako funkcie vybraných kľúčových parametrov, charakterizovanie kritérií pre ich vznik a vysvetlenie mechanizmu stabilizácie mezoškálových štruktúr), ale aj z hľadiska potenciálneho využitia mezoškálovej segregácie na cielečnú tvorbu nepolymérnych a polymérnych nanočastíc, a následného využitia v ekonomickej a účinnej detekcii stopových množstiev kontaminantov, purifikácii nízkomolekulových a polymérnych látok, v medicínskom zobrazovaní a v cielečnom transporte liečiv.

- [1] **D. Rak, M. Ovadová, M. Sedlák:** *(Non)Existence of Bulk Nanobubbles: The Role of Ultrasonic Cavitation and Organic Solutes in Water.* **J. Phys. Chem. Lett.** **10**, pp 4215-4221 (2019). (Q1, 5-year IF = 8.348). **Nature Index contribution 1.0.**
- [2] **D. Rak, M. Sedlák:** *On the Mesoscale Solubility in Liquid Solutions and Mixtures.* **J. Phys. Chem. B** **123**, 1365–1374 (2019). (Q1, 5-year IF = 2.996). **Selected for the cover article**
- [3] J. Trousil, Z. Syrová, N.-J. K. Dal, **D. Rak**, R. Konefał, E. Pavlova, J. Matejková, D. Cmarko, J. Kubičková, O. Pavliš, T. Urbánek, **M. Sedlák**, F. Fenaroli, I. Raška, P. Štěpánek, M. Hrubý: *Rifampicin nanoformulation enhances treatment of tuberculosis in zebrafish.* **Biomacromolecules** **20**, pp 1798-1815 (2019). (Q1, 5-year IF = 5.826)
- [4] I. Schlachet, J. Trousil, **D. Rak**, K. D. Knudsen, E. Pavlova, B. Nyström, and A. Sosnik *Chitosan-graft-poly(methyl methacrylate) amphiphilic nanoparticles: Self-association and physicochemical characterization.* **Carbohydr. Polym.** **212**, pp 412-420 (2019). (Q1, 5-year IF = 5.975)
- [5] H. M. Halamish, J. Trousil, **D. Rak**, K. D. Knudsen, E. Pavlova, B. Nyström, P. Štěpánek, and A. Sosnik: *Self-assembly and nanostructure of poly(vinyl alcohol)-graft-poly-(methyl methacrylate) amphiphilic nanoparticles.* **J. Colloid Interface Sci.** **553**, 512-523 (2019). (Q1, 5-year IF = 5.078)

Magnónový analóg horizontu udalostí čiernych dier v supratekutom $^3\text{He-B}$

Projekty: EMP H2020 (824109), APVV-16-0372, VEGA 0128, Promatech 26220220186

Riešitelia: M. Človečko, E. Gažo, M. Kupka, P. Skyba

Súčasná technológia neumožňuje experimentálne študovať a overovať naše teoretické modely a predstavy o fundamentálnych fyzikálnych javoch prebiehajúcich v takých astro-fyzikálnych objektoch, akými sú čierne diery. Zatiaľ jediným spôsobom ako experimentálne verifikovať tieto modely a predstavy o fyzike čiernych dier je najsť laboratórny fyzikálny systém, ktorý s istými obmedzeniami umožňuje simuláciu vlastností čiernych dier. V predkladanej práci sme prezentovali jednak teoretický model, ako aj experimentálne výsledky získané na novom fyzikálnom systéme umožňujúcom simuláciu vlastností horizontu udalostí v čiernych/bielych dierach. Modelový systém je založený na jave spinovej (magnónovej) supratekutosti v supratekutom $^3\text{He-B}$. Ako experimentálny nástroj, ktorý modeluje vlastnosti čiernych/bielych dier sme využili tzv. spinovo precesujúce vlny šíriace sa na pozadí spinového toku medzi dvoma Bose-Einsteinovými kondenzátmi magnónov vo forme homogénne precesujúcich domén. V súhlase s teoretickým modelom sme experimentálne ukázali formovanie a prítomnosť horizontu udalostí pre spinovo precesujúce vlny, vrátane efektu zosilnenia týchto vln. Vzhľadom k tomu, že experiment je realizovaný pri teplote blízko absolútnej nuly (600 mikroKelvinov), prezentovaný modelový systém tak umožňuje aj štúdium spontánneho Hawkingovho žiarenia.

[1] M. Človečko, E. Gažo, M. Kupka, P. Skyba: *Magnonic analog of black and white hole horizons in superfluid He-3B*. **Phys. Rev. Lett.** **123**, 161302 (2019). (Q1, IF2018 = 9.227). [Nature Index contribution 1.0](#).

Diagnostika a terapia ochorení spojených s amyloidnou agregáciou proteínov

Projekty: VEGA 2/0145/17, SAS-MOST JRP 2015/5, MVTS COST 083/14 action BM1405, EU 6220120033, MAD CNR-SAS

Riešitelia: A. Antošová, Z. Bednáriková, Z. Gažová, J. Marek

V súčasnosti nie je známe, ktorý typ amyloidných štruktúr je príčinou toxického efektu pri amyloidných ochoreniach. Modifikáciou vonkajších podmienok sme pripravili netoxické fibrily lysozýmu a toxické fibrilárne fragmenty, čo podporilo hypotézu, že za toxicitu je zodpovedná špecifická konformácia proteínu. Keďže sú tieto ochorenia neliečiteľné, našou motiváciou je hľadanie účinných inhibítorov amyloidnej agregácie. V ďalších prácach sme sa zaoberali štúdiom nanočastíc s potenciálom inhibovať, resp. deštruovať amyloidné agregáty typické pre amyloidné ochorenia. Identifikovali sme magnetické nanočastice modifikované derivátmi dextransu alebo rôznymi aminokyselinami schopné inhibovať tvorbu amyloidných agregátov lysozýmu a deštruovať fibrily. Úspešne sme otestovali využitie vnútornej a tioflavínovej fluorescence na detekciu markerov Alzheimerovej choroby v mozgo-miechovom moku. Sledovali sme tiež schopnosť tvorby lysozýmových a inzulínových oligomérov vhodných pre enkapsuláciu liečiv.

- [1] **A. Antosova, Z. Bednarikova**, M. Koneracka, I. Antal, **J. Marek**, M. Kubovcikova, V. Zavisova, A. Jurikova, **Z. Gazova**: *Amino Acid Functionalized Superparamagnetic Nanoparticles Inhibit Lysozyme Amyloid Fibrillization*. **Chemistry – A European Journal** **25**, pp. 7501 – 7514 (2019). (IF 5.16, Q1)
- [2] E. Bystrenova, **Z. Bednarikova**, M. Barbalinardo, C. Albonetti, F. Valle, **Z. Gazova**: *Amyloid fragments and their toxicity on neuronal cells*. **Regenerative Biomaterials** **6**, pp. 121 – 127 (2019). (IF 3.382, Q1)
- [3] R. Zhang, N.M. Zhang, L. Wu, T. Eckert, V.B. Krylov, **A. Antosova**, S. Ponikova, **Z. Bednarikova**, P. Markart, A. Günther, B. Norden, M. Billeter, R. Schauer, A.J. Scheidig, B.N. Ratha, A. Bhunia, K. Hesse, M.A. Enani, J. Steinmeyer, A.K. Petridis, T. Kozar, **Z. Gazova**, N.E. Nifantiev, H.C. Siebert: *Nanomaterial Relevance of the Intermolecular Interaction Dynamics-Examples from Lysozymes and Insulins*. **ACS Omega** **4**, 4206 – 4220 (2019). (IF 2.584, Q1)
- [4] **Z. Bednarikova, J. Marek**, E. Demjen, S. Dutz, M.M. Mocanu, J.W.R. Wu, S.S.S. Wang, **Z. Gazova**. *Effect of nanoparticles coated with different modifications of dextran on lysozyme amyloid aggregation*. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials** **473**, pp. 1 – 6 (2019). (IF 2.683, Q2)
- [5] **A. Antosova, Z. Bednarikova**, M. Koneracka, I. Antal, V. Zavisova, M. Kubovcikova, J.W.R. Wu, S.S.S. Wang, **Z. Gazova**: *Destroying activity of glycine coated magnetic nanoparticles on lysozyme, α -lactalbumin, insulin and α -crystallin amyloid fibrils*. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials** **471**, pp. 169 – 176 (2019). (IF 2.683, Q2)
- [6] **Z. Gazova, Z. Bednarikova**, A. Bartos, J. Klaschka, Z. Kristofikova: *Surface tension and intrinsic amyloid fluorescence of serum and cerebrospinal fluid samples in Alzheimer's disease*. **Biomarkers in Medicine** **13**, 267 – 277 (2019). (IF 2.268, Q2)

Magnetické nanočastice na bioaplikačné účely

Projekty: VEGA 2/0033/19, APVV-14-0120, APVV-14-0932

Riešitelia: I. Antal, I. Khmara, M. Koneracká, P. Kopčanský, M. Kubovčíková, V. Zavišová

Práce [1-5] sú zamerané na prípravu, funkcionalizáciu a komplexnú fyzikálno-chemickú charakterizáciu magnetických nanočastíc, ktoré sa vďaka imobilizovanej protilátke špecificky viažu na nádorové bunky [1-2] a umožnia tak lepšie zobrazovanie postihnutých oblastí pomocou magnetickej rezonancie. Nepriamou imunofluorescenciou a imunohistochémiou sa potvrdila nielen schopnosť špecifickej väzby medzi protilátkou konjugovanou na funkcionalizovaných nanočasticiach a antigénom lokalizovaným na nádorových bunkách, ale sa dokázala aj ich internalizácia do nádorových buniek. Konjugovanú protilátku sme testovali aj na 3D modeloch nádorových buniek, ktoré presnejšie vystihujú nádorové mikrosprostredie, a aj na tomto type buniek bola potvrdená špecifická väzba medzi konjugovanou protilátkou a nádorovými bunkami. Práca [3] sa venuje štúdiu vplyvu veľkosti nanočastíc a chémie povrchu nanočastíc na ich bunkovú proliferáciu a internalizáciu. Výsledky naznačujú, že povrchová chémia nielen chráni častice pred aglomeráciou, ale tiež ovplyvňuje interakciu medzi bunkou a nanočasticami.

[1] **M. Kubovcikova, M. Koneracka, O. Strbak, M. Molcan, V. Zavisova, I. Antal, I. Khmara, D. Lucanska, L. Tomco, M. Barathova, M. Zatovicova, D. Dobrota, S. Pastorekova, P. Kopcansky:** *Poly-L-lysine designed magnetic nanoparticles for combined hyperthermia, magnetic resonance imaging and cancer cell detection.* **Journal of Magnetism and Magnetic Materials** **475**, 316–326 (2019). IF = 3.046

[2] N. Bugarova, Z. Špitalsky, M. Mičušík, M. Bodík, P. Šiffalovič, **M. Koneracká, V. Zavišová, M. Kubovčíková, M. Zaťovičová, S. Pastorekova, M. Šlouf, E. Majkova, M. Omastova:** *Multifunctional graphene oxide nanoplatform for cancer targeting,* **Cancers** **11**, 753 (2019). IF = 6.162

[3] **V. Zavisova, M. Koneracka, A. Gabelova, B. Svitkova, M. Ursinyova, M. Kubovcikova, I. Antal, I. Khmara, A. Jurikova, M. Molcan, M. Ognjanovic, B. Antic, P. Kopcansky:** *Effect of magnetic nanoparticles coating on cell proliferation and uptake.* **Journal of Magnetism and Magnetic Materials** **472**, 66–73 (2019). IF = 3.046

[4] O. Pechanova, A. Barta, **M. Koneracka, V. Zavisova, M. Kubovcikova, J. Klimentova, J. Török, A. Zemancikova, M. Cebova:** *Protective Effects of Nanoparticle-Loaded Aliskiren on Cardiovascular System in Spontaneously Hypertensive Rats.* **Molecules** **24**, 2710 (2019). IF = 3.046

[5] **I. Khmara, O. Strbak, V. Zavisova, M. Koneracka, M. Kubovcikova, I. Antal, V. Kavecansky, D. Lucanska, D. Dobrota, P. Kopcansky:** *Chitosan-stabilized iron oxide nanoparticles for magnetic resonance imaging.* **Journal of Magnetism and Magnetic Materials** **474**, 319–325 (2019). IF = 3.046

Termodynamické znaky kvantovej kritickosti v supravodivých kuprátoch

Projekt: APVV-16-0372

Riešitelia: J. Kačmarčík

Splupráca s CNRS Grenoble France a Université de Sherbrooke Canada

Pravdepodobne najzáhadnejšou časťou fázového diagramu supravodivých kuprátov (oxidov medi) je fáza pseudomedzery. Hladina dopovania p^* , pri ktorej končí fáza pseudomedzery, sa spája s ďalšími dvoma fundamentálnymi javmi v kuprátoch – pri tomto dopovaní vykazuje odpor anomálnu lineárnu závislosť na teplote a okolo neho vytvára supravodivá fáza vo fázovom diagrame dóm. Základná podstata p^* však zostáva nejasná, najmä pokiaľ ide o to, či predstavuje skutočný kvantový fázový prechod.

V tejto práci uvádzame merania tepelnej kapacity C kuprátov *Eu-LSCO* a *Nd-LSCO* pri nízkej teplote a v magnetických poliach dostatočne veľkých na potlačenie supravodivosti v širokom rozsahu dopovania, ktorý obsahuje p^* . Zistili sme, že elektrónový príspevok k tepelnej kapacite C_{el}/T ako funkcia dopingu má ostré maximum pri p^* a vykazuje log $(1/T)$ závislosť, keď sa teplota T blíži k nule. Toto sú klasické termodynamické znaky kvantového kritického bodu, ktoré sa pozorujú v ťažko-fermiónových supravodičoch a supravodičoch na báze železa v bode, v ktorom končí ich antiferomagnetická fáza. Dospeli sme k záveru, že fáza pseudomedzery kuprátov končí v kvantovom kritickom bode a s tým súvisiace fluktuácie sú pravdepodobne zapojené do d -vlnového párovania a anomálneho rozptylu nosičov náboja.

Veríme, že táto práca ovplyvní zameranie ďalšieho výskumu a povedie k novému pochopeniu vlastností supravodičov. Tieto výsledky ukazujú spôsob, ako odhaliť pôvod kritického bodu a jeho fluktuácií a potom skúmať, ako dosiahnuť, aby supravodivosť fungovala pri izbovej teplote.

[1] B. Michon, C. Girod, S. Badoux, **J. Kačmarčík**, Q. Ma, M. Dragomir, H. A. Dabkowska, B. D. Gaulin, J.-S. Zhou, S. Pyon, T. Takayama, H. Takagi, S. Verret, N. Doiron-Leyraud, C. Marcenat, L. Taillefer, T. Klein: *Thermodynamic signatures of quantum criticality in cuprate superconductors*. **Nature** **567**, 218, (2019). (IF = 43). [Nature Index contribution 0.06](#)

Forecasting Laurent polynomial in the Chern-Simons current of V3 loop time series

Projekt: VEGA 2/0009/19

Riešiteľ: R. Pinčák, E. Bartoš

Genetická variácia v komponente V3 slučky gp120 HIV glykoproteínu je definovaná ako samostatná funkcia stojatej vlny pre prechodový stav medzi interakciou vlnových funkcií skrytých stavoch DNA a RNA. Je to parazitický stav, ktorý vznikol spojením dvoch párov ôsmich skrytých stavov Laurentovho polynómu v Chern-Simonsovom prúde HIV genotypov. Upravená Nahmova rovnica pre novú teóriu biológie s Laxovými pármami je definované ako páry vírusových glykoproteínových stavov s prechodom medzi DNA a RNA v procese reverznej transkripcie. Smer spinorového poľa s genetickou variabilitou v 30 vzorkách časových radov V3 slučky so skrytými ôsmymi stavmi Laurentovho polynómu pr Chern-Simonsov prúd je predpovedaný pomocou support spin machine a konvolučnej neurónovej siete, na základe zobrazovacej techniky generovanej z tenzorovej korelačnej siete.

[1] **R. Pinčák**, K. Kanjamapornkul, **E. Bartoš**: *Forecasting Laurent Polynomial in the Chern-Simons Current of V3 Loop Time Series*. **Annalen der Physik** **531**, 1800375 (2019). (3.276 - IF2018)

Súťaž mladých vedeckých pracovníkov ÚEF SAV 2019

I. miesto

Mgr. Dmytro Rak, PhD. – Spontánne a cielečné samousporiadanie látok na mezoškálach v komplexných kvapalinách

II. miesto

RNDr. Šimon Mackovjak, PhD. – Airglow as interference between heliophysics and high-energy astrophysics

RNDr. Michal Rajňák, PhD. – Experimentálne štúdium magnetických kvapalín pre elektrotechniku

III. miesto

RNDr. Ľubomíra Regeciová – Teoretické štúdium tetraboridov vzácnych zemín

Cena publika

RNDr. Miroslav Gančár – Racionálny dizajn inhibítorov amyloidnej agregácie