

**PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA
UNIVERZITY PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH**



**14. česko-slovenská študentská vedecká konferencia
vo fyzike**

Adriana Zelenáková - Zuzana Ješková - Adela Kravčáková - Gabriela Fabriciová
- Erik Čižmár - Róbert Tarasenko - Jaroslava Szűcssová - Ľuboš Nagy (eds.)

Košice, 2.-3. máj 2024

14. česko-slovenská študentská vedecká konferencia vo fyzike

Zborník abstraktov

Zborník obsahuje abstrakty príspevkov účastníkov 14. česko-slovenskej študentskej vedeckej konferencie vo fyzike, ktorá sa konala 2.-3. mája 2024 na PF UPJŠ v Košiciach.

Zostavovatelia:

doc. RNDr. Adriana Zelenáková, PhD.

doc. RNDr. Zuzana Ješková, PhD.

doc. RNDr. Adela Kravčáková, PhD.

RNDr. Gabriela Fabriciová, PhD.

doc. RNDr. Erik Čižmár, PhD.

RNDr. Róbert Tarasenko, PhD.

Ing. Jaroslava Szűcssová, PhD.

RNDr. Lúboš Nagy, PhD.

Tento text je publikovaný pod licenciou Creative Commons 4.0 - Creative Commons Attribution-NonCommercial-No-derivates 4.0 („Uveďte pôvod – Nepoužívajte komerčne - Nespracovávejte“)



Za odbornú a jazykovú stránku publikácie zodpovedajú autori jednotlivých príspevkov.
Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

Dostupné od: 05.06.2024

ISBN 978-80-574-0307-4 (e-publikácia)



Samo-usporiadanie biokonjugátov pavúčí proteín-DNA

Tomáš Bíró¹

Školiteľ: Katarína Šipošová²

¹ Katedra biofyziky, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Jesenná 5, 040 01 Košice, Slovenská republika

² Ústav experimentálnej fyziky SAV, Watsonova 47, 040 01 Košice, Slovenská republika

Spontánne usporiadanie nízkomolekulových stavebných blokov do vysoko usporiadaných štruktúr, označované „samo-usporiadanie“, je predmetom rastúceho záujmu pri výrobe funkčných biomateriálov. Široká škála rôznych proteínov s rozličnou funkciou je výsledkom ich schopnosti hierarchického usporiadania sa s inými proteínmi, DNA, RNA, sacharidmi, lipidmi a kofaktormi. Na druhej strane, oligonukleotidy sa javia ako veľmi sľubné molekuly vhodné na konštrukciu anizotropných a jedinečne adresovateľných štruktúr na nano-úrovni, ktoré okrem iného poskytujú možnosť programovateľného dynamického správania. Predmetom práce je výskum samo-usporiadania biokonjugátov eADF4(C16)-TBA15 a eADF4(C16)-TBA29 do vyšších usporiadaných štruktúr s možnosťou kontroly morfológie vznikajúcich štruktúr, ktoré je možné viazaním špecifických ligandov „programovať“.

[1] Humenik, M., Scheibel, T. (2014) ACS Nano 8, 1342-1349.

[2] Humenik, M., Mohrand, M., Scheibel, T. (2018) Bioconjugate Chemistry 29, 898–904.

[3] Šipošová, K., Petrenko, V.I., Garcarova I., et al. (2022) Front. Mol. Biosci. 9:955282.

[4] Humenik, M., Preiß, T., Gödrich, S., et al. (2020) Materials Today Bio, 6, 100045.

Kľúčové slová: pavúčí proteín, eADF4(C16), biokonjugáty, DNA, samo-usporiadanie, kinetika, morfológia



Optimalizace laserového rezonátoru pomocí automaticky říditelných zrcadel

Bc. Vilém Boušek¹

Školitel: Ing. David Vyhliďal Ph.D.¹

¹ Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze, Břehová 7, Praha 115 19, Česká republika

Význam otevřených rezonátorů v laserových oscilátorech vyžaduje precizní nastavení zrcadel pro dosažení kladné zpětné vazby pro laserovou činnost. Tradiční manuální metoda nastavení je časově náročná a má omezenou přesnost, což komplikuje optimalizaci pro systémy s více stupni volnosti nebo dlouhé rezonátory. Automatizace tohoto procesu pomocí motorizovaných držáků a počítačového algoritmu umožňuje efektivní optimalizaci polohy zrcadel a zlepšuje výkonnost laserových systémů, což má potenciál zefektivnit laboratorní práci a umožnit ladění laseru v reálném čase.

Tato práce se zabývá vytvořením programového vybavení ve vývojovém prostředí LabVIEW pro ovládání kinematického držáku zrcadla v laserovém rezonátoru, který umožní jeho automatizaci na nejvyšší výstupní výkon. Shrnuje vliv krokových motorů na kinematický držák zrcadla, různé typy navržených algoritmů a možnosti jejich implementace. Praktická účinnost těchto algoritmů byla testována na diodově buzeném pevnolátkovém laseru využívajícím krystalu $\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$, jako aktivního prostředí.

Klíčové slová: LabVIEW, krokové motory, optimalizace, laser



On the geometrical implications of the Equivalence Principle

Sebastian Brezina¹

Supervisor: Martin Krššák¹

¹ Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University in
Bratislava, Mlynská dolina, 842 48, Slovak Republic

In this paper, we demonstrate how the Strong Equivalence Principle leads to the description of gravitational phenomena as a manifestation of spacetime curvature and to the use of the Levi-Civita connection in General Relativity. We first explore the spacetime formulation of Newtonian mechanics without gravity and then explain how the addition of gravitation transforms the dynamics and allows for the geometrization of Newtonian gravity in the context of Newton-Cartan theory. We discuss how the principles of Special Relativity give rise to Minkowski spacetime, which is essential for understanding the geometrical structure of General Relativity.

Keywords: Equivalence Principle, General Relativity, Newton-Cartan theory, Special Relativity, Levi-Civita connection



VIAZANÝ MAGNÓN HEISENBERGOVEJ PLOŠNE CENTROVANEJ KOCKY AKO PRÍČINA KVANTOVÉHO MAGNETIZAČNÉHO PLATÓ

Patrik Bučko¹

Školiteľ: Jozef Strečka¹

¹Katedra teoretickej fyziky a astrofyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ,
Park Angelinum 9, 041 54 Košice

V predloženej študentskej vedeckej práci sme preskúmali správanie Heisenbergovej plošne centrovanej kocky za prítomnosti vonkajšieho magnetického poľa. Kvantový Heisenbergov spinový model nie je vo všeobecnosti riešiteľný analyticky, teória lokalizovaných magnónov je však analytickou metódou, ktorá pri magnetických poliach blízkyh saturovanej hodnote a dostatočne nízkych teplotách umožňuje analýzu spinových modelov s vysokou presnosťou. Súčasne sme využili aj numerickú metódu využívajúcu exaktnú diagonalizáciu príslušného hamiltoniánu a výsledky získané analytickým a numerickým výpočtom sme porovnali, čím sme sa snažili demonštrovať spoľahlivosť teórie lokalizovaných magnónov. Na základe získaného energetického spektra sme zostrojili fázový diagram základného stavu. Dôkladne sme preskúmali významné magnetické a termodynamické veličiny, ktoré nám sprostredkovali detailné informácie o odozve skúmaného modelu na pôsobenie vonkajšieho magnetického poľa. Za určitých podmienok sme pozorovali výbornú zhodu analytických a numerických výsledkov, čím sme potvrdili predpoklady o tom, že teória lokalizovaných magnónov je veľmi užitočnou metódou na opis správania frustrovaných Heisenbergových spinových modelov za prítomnosti vonkajšieho magnetického poľa.



Vybrané pohľady na učenie sa a ich aplikácia na vyučovanie vybranej témy z fyziky

Daša Červeňová¹

Školiteľ: Peter Demkanin¹

¹ KDMFI, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Vyučovanie fyziky je komplexný proces zahŕňajúci veľké množstvo činností žiaka a učiteľa. Medzi ciele fyzikálneho vzdelávania je často kladené rozvíjanie kritického myslenia, spôsobilostí vedeckej práce, vedomostí a zručností učiacich sa. V minulosti bolo realizovaných množstvo výskumov zameraných na vzájomné vzťahy medzi plnením vybraných cieľov a vybranými činnosťami učiteľa alebo žiaka. V súčasnosti poznanie procesov prebiehajúcich v mozgu učiaceho sa výrazne ovplyvňuje poznanie v oblasti učenia sa.

V tejto práci sme sa rozhodli pre komplexnejší kvalitatívny výskum, v ktorom neformulujeme premenné v začiatkových fázach výskumu. Zamerali sme sa na súčasné poznatky vied o učení sa, ktoré vychádzajú z poznania procesov prebiehajúcich v mozgu učiaceho sa [1,2,3]. Tieto teórie sme aplikovali pri tvorbe učebných textov z témy mechanika tekutín, ktoré sme následne prvotne otestovali v dvoch triedach piateho ročníka osemročného gymnázia v Bratislave. Zamerali sme sa pritom na optimalizáciu procesu aplikovania vybranej teórie do vyučovania fyziky pri tvorbe učebných materiálov. V príspevku uvádzame niektoré výsledky realizovaného výskumu. Vytvorili sme učebné materiály k téme mechanika tekutín, a následne ich prvotne overili na vzorke 54 žiakov 5. ročníka osemročného gymnázia. Pri tomto overovaní sme sa zamerali na vývoj žiackych predstáv, porovnanie výsledkov pre-testu a post-testu zameraného na predstavy, a tiež porovnanie výsledkov výskumnej a kontrolnej vzorky v sumatívnom teste. V článku uvádzame na základe rozsahovej limitácie výsledky prvých dvoch spomenutých overovaní.

- [1] Owens, M., Tanner, K., Teaching as Brain Changing: Exploring Connections between Neuroscience and Innovative Teaching, *CBE Life Sci Educ.*, (2017), Rockville: American Society for Cell Biology.
- [2] Tokuhamu – Espinosa, T., *Five Pillars of the Mind*, (2019), New York, W. W. Norton & Company Ltd.
- [3] Westermann, G., a kol., Neuroconstructivism, *Developmental Science*, 10 (1), 75-83, (2007), Edinburg: Wiley-Blackwell Publishing Ltd.

Kľúčové slová: Kognitívna neuroveda, Teória piatich pilierov mysle, Mechanika tekutín, Učebné materiály, Predstavy žiakov



NÁVRH ITERATÍVNEHO KONVOLUČNÉHO ALGORITMU NA KOREKCIU PRIEBEHU DIFRAKČNÉHO PROFILU

Peter Dubecký¹

Školiteľ: Jozef Bednarčík^{1,2}

¹ Katedra fyziky kondenzovaných látok, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Park Angelinum 9, 040 01 Košice, Slovenská republika

² Ústav experimentálnej fyziky, Slovenská akadémia vied, Watsonova 47, 040 01 Košice, Slovenská republika

Uhlové rozlíšenie difrakčného RTG experimentu, ktoré vyplýva z geometrickej povahy inštrumentu a meranej vzorky, výrazne determinuje rezolúciu nameraných dát v podobe príspevku, ktorý je nutné pre správnu interpretáciu jej štruktúry identifikovať. Ide o netriviálny problém, pretože experimentálne získané priebehy uhlovej závislosti difraktovanej intenzity sú výsledkom konvolúcie dvoch funkcií, opisujúcich príspevok inštrumentu a mikroštruktúry študovaného materiálu. V tejto práci je pozornosť venovaná návrhu a overeniu iteratívneho konvolučného algoritmu, ktorý slúži na určenie skutočného tvaru difrakčných profilov po eliminácii inštrumentálneho príspevku v dôsledku jeho nedostatočného uhlového rozlíšenia. Merania boli vykonané na experimentálnej zostave inštrumentu P21.2 na zdroji synchrotrónového žiarenia PETRA III v DESY Hamburg (DE). Uhlové rozlíšenie použitej experimentálnej zostavy bolo charakterizované sériou 2D difrakčných záznamov, ktoré boli získané na kalibračnej vzorke LaB_6 , pričom vzdialenosť medzi referenčnou vzorkou a 2D detektorom sa systematicky menila v intervale od 300 do 1800 mm. Energia fotónového zväzku bola 81.8 keV, pričom jeho prierez mal veľkosť $1 \times 1 \text{ mm}^2$ a meranie bolo vykonané na referenčných vzorkách s hrúbkami 2, 1.5, 1 a 0.4 mm. Navrhnutý algoritmus bol overený na difrakčných RTG záznamoch získaných na zliatine Vitroperm (hrúbka 0.02 mm), ktorá bola pripravená izotermickým žiňaním amorfného prekursoru pri teplote 520 °C po dobu 6, 30 a 150 min. Na základe analýzy dát získaných na referenčnej vzorke LaB_6 bol stanovený príspevok rozšírenia difrakčných profilov v dôsledku uhlového rozlíšenia použitej experimentálnej zostavy. Táto informácia bol vstupom pre navrhnutý iteratívny konvolučný algoritmus, na základe ktorého boli určené skutočné priebehy difrakčných profilov nanokryštalickej vzorky Vitroperm. Následne boli z korigovaných profilov vypočítané hodnoty strednej veľkosti kryštalických zŕn, ktoré sú vo veľmi dobrej zhode s výsledkami získanými pomocou transmisnej elektrónovej mikroskopie.

[1] J.R. Li, J. Sculley, H.C. Zhou: Chem. Rev. 112 (2012) 869.

Kľúčové slová: RTG, difrakcia, konvolúcia, algoritmus.



Vplyv anizotropií na elektrické napätie indukované v mikrodrôtoch

Martin Eliáš¹

Školiteľ: Kornel Richter¹

¹ *Katedra fyziky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 2, 042 00 Košice*

Táto práca sa zaoberá vplyvom anizotropií na elektromotorické napätie indukované v mikrodrôtoch. V prvej časti experimentu je analyzovaný účinok kolmého magnetického poľa na dynamiku doménových stien a na elektromotorické napätie na koncoch mikrodrôtu. Najvýraznejší vplyv má kolmé pole na napätie pri prilepovaní doménovej steny na konci mikrodrôtu. Žíhanie mikrodrôtov v torzii výrazne zvyšuje indukované napätie na koncoch mikrodrôtu, pričom vyššia teplota žíhania spôsobuje väčší nárast. Žíhanie v ťahu nezvyšuje napätie spôsobené odlepovaním a prilepovaním doménovej steny na koncoch mikrodrôtu, ale zvyšuje ho počas jej pohybu. Merania hysteréznych slučiek na viacerých bodoch mikrodrôtu ukazujú, že doménová štruktúra sa líši pozdĺž mikrodrôtu. Uzatváracia doménová štruktúra na koncoch mikrodrôtu má za následok zreteľný rozdiel v tvare slučiek oproti zvyšku mikrodrôtu. Táto práca prispieva k lepšiemu pochopeniu javov v mikrodrôtoch a k optimalizácii ich využitia v reálnych aplikáciách.

Kľúčové slová: indukované elektromotorické napätie, amorfný sklom potiahnutý mikrodrôt, doménová stena



Study of phase transitions in models with itinerant and localized particles via machine learning

Lukáš Frk¹

Školitel': Martin Žonda¹

¹ Katedra fyziky kondenzovaných látek, Matematicko-fyzikální fakulta, Karlova Univerzita, Ke Karlovu 2026/5, 121 16 Praha 2, Česká republika

Phase diagrams in condensed-matter physics are often very complex. The development of methods that can identify distinct phases without any prior knowledge is, therefore, of great interest. In this study, we applied unsupervised machine learning methods to find phase boundaries in the Falicov-Kimball model, using principal component analysis and the prediction-based method. We showed that both methods can distinguish the ordered from the disordered phase. Moreover, these methods are able to distinguish the weakly localized phase from the Anderson insulator phase, which both exist within the disordered phase.

Keywords: prediction-based method, principal component analysis, Falicov-Kimball model, unsupervised phase classification, Machine Learning



The Extraction of the Density of States and the Gap Function on a Temperature Smearing Scale from the Tunneling Conductance Data

Lucia Gelenekyová¹

Školiteľ: Mgr. František Herman, PhD.¹

¹ Katedra experimentálnej fyziky,
FMFI UK,
Mlynská dolina,
842 48 Bratislava

The knowledge of the density of states (DOS) helps us in more profound understanding of the basic material properties. In the case of superconductors, DOS can provide us with the value of a gap, or information about the pair-creating and pair-breaking processes that influence the superconducting properties. The DOS function is not directly measured, but rather extracted from the data of tunneling conductance that can be obtained from the scanning tunneling microscopy (STM) measurements. On the other hand, from the theoretical point of view, the tunneling conductance can be calculated as a convolution of the DOS and function causing the thermal broadening related to Fermi-Dirac statistics. In the limit of a zero temperature, the DOS is directly proportional to tunneling conductance. However, with increasing temperature, the tunneling conductance and the DOS starts do differ. Therefore, the main goal of our research is extracting the DOS at temperatures higher than approximately $T_c/10$ of the critical temperature. With that in mind, we developed a method that is presented with the results of the DOS obtained from the real data of tunneling conductance.

Kľúčové slová: density of states, temperature smearing, tunneling conductance, convolution, deconvolution



**AKTÍVNY ZÁCHYT MAGNETICKÝCH NANOČASTÍC POMOCOU MAGNETICKÉHO POĽA V TELE
LABORATÓRNYCH POTKANOV A JEHO DÔKAZ SQUID-MAGNETOMETROM**

Anna Gregorovičová

Školiteľ¹: doc. RNDr. Adriana Zeleňáková, PhD. , RNDr. Ľuboš Nagy, PhD.

*Adresa¹: Katedra fyziky kondenzovaných látok, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ,
Park Angelinum 9, Košice*

Magnetické nanočastice sú zaujímavé svojím tvarom, ktorý ich robí atraktívnymi pre rôzne aplikácie v biomedicíne. Tieto aplikácie zahŕňajú liečbu nádorových ochorení, magnetickú rezonanciu a cielený transport liečiv. Aktívny záchyt magnetických nanočastíc pomocou magnetického poľa predstavuje inovatívnu metódu na presné monitorovanie a manipuláciu s nanočasticami v biologických systémoch. V tejto štúdii sme aplikovali túto techniku v tele laboratórnych potkanov a dokázali sme prítomnosť nanočastíc v jednotlivých tkanivách pomocou SQUID-magnetometra. SQUID-magnetometria umožňuje citlivé meranie magnetických polí s vysokým rozlíšením, čo je kľúčové pre detekciu a sledovanie pohybu magnetických nanočastíc v biologických tkanivách.

V našom experimente sme využili magnetické nanočastice na báze oxidov železa obalené vrstvou SiO₂, ktoré boli injektované cez chvostovú žilu do tela laboratórnych potkanov. Použitím externého magnetického poľa sme aktívne manipulovali pohyb týchto nanočastíc v rôznych tkanivách: v mozgu, pľúcach a pečeni. Naše výsledky naznačujú, že aktívny záchyt magnetických nanočastíc pomocou SQUID-magnetometra je efektívna metóda na presné umiestnenie a sledovanie nanočastíc v biologických systémoch. Táto technika ponúka nové možnosti pre výskum v oblasti biomedicíny, napr. pre výskum cieleného transportu liečiv, čo je kľúčové pre budúci vývoj terapeutických a diagnostických metód v biomedicíne.



Modulácia koloidálnej stability patologických ľahkých reťazcov IgG

Terézia Gulyášová¹

Školiteľ: Veronika Džupponová¹

¹ Katedra biofyziky, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach, Jesenná 5, 040 01, Košice, Slovenská republika

Patologické ľahké reťazce imunoglobulínov môžu byť kvôli svojej nestabilite zodpovedné za vznik ochorení ako je amyloidóza ľahkého reťazca alebo mnohopočetný myelóm. Táto práca sa zameriava na identifikáciu oblastí sekvencie, ktoré by mohli byť zodpovedné za zvýšenú náchylnosť na agregáciu u dvoch patologických reťazcov: myokardiotoxického ľahkého reťazca 5M6A a nešpecifického reťazca M10. Tieto ľahké reťazce, ktorých sekvencia sa líši len v 18 aminokyselinách, z ktorých dve aminokyseliny sú teoreticky najviac kritické pre agregáciu, vykazovali po zahriatí rôzne vlastnosti. Preto bol pre potreby experimentu vytvorený mutantný ľahký reťazec M10 33D34S. Práca porovnáva konformačnú a koloidálnu stabilitu reťazcov 5M6A, M10 a M10 33D34S, s cieľom určiť, či teoreticky vypočítaná oblasť v sekvencii je naozaj zodpovedná za náchylnosť ku agregácii pri týchto konkrétnych patologických ľahkých reťazcoch. V práci sú použité metódy ako je meranie teplotných spektier kruhového dichroizmu, analýza pomocou SDS PAGE, meranie agregáčnych kinetík na platničkovej čítačke a tiež zobrazenie vzniknutých agregátov pomocou svetelného mikroskopu. Použitím týchto experimentálnych metódik a analýzy dát sa zistilo, že proces agregácie je u ľahkého reťazca M10 najrýchlejší, pričom vzniknuté agregáty môžu byť 100-200x väčšie v porovnaní s ostatnými dvoma reťazcami. Naopak, ľahký reťazec 5M6A agregoval najpomalšie a veľkosť agregátov bola podobná ako u M10 33D34S, ktorého rýchlosť agregácie bola len o niečo vyššia ako u 5M6A.

Kľúčové slová: Proteínová stabilita, Patologický ľahký reťazec, Mnohopočetný myelóm



Characterization and magnetism of flux-grown $\text{Lu}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ single crystals

Filip Hájek¹

Školitel: Milan Klicpera¹

¹ Univerzita Karlova, Fakulta Matematiky a Fyziky, Katedra Fyziky Kondenzovaných Soustav, Ke Karlovu 5, 12116 Praha 2, Česká Republika

Rare-earth $A_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ iridates ($A=\text{Y}, \text{La-Lu}$) constitute an attractive family of compounds for their complex and frequently exotic electronic and magnetic states. These arise from the combination of strong spin-orbit coupling, intermediate electron correlations, crystal field effects, and magnetic exchange interactions between the A 's $4f$ electrons and the Ir's $5d$ electrons, dubbed $f-d$ exchange. A plethora of non-trivial topological and magnetic phases have been proposed to be accommodated by the $A_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ materials, including antiferromagnetic Weyl semimetal, topological Mott insulator, axion insulator, spin ice and spin liquid state.

Physical properties of the $A_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ are strongly influenced by the geometry of their pyrochlore crystal lattice. A and Ir cations form respective networks of interpenetrating corner-sharing tetrahedra, representing a canonical example of a geometrically frustrated lattice. In most $A_2\text{Ir}_2\text{O}_7$, the Ir sublattice alleviates this frustration by ordering in the non-collinear all-in-all-out (AIAO) configuration, which comprises moments on a tetrahedron pointing all inwards along the local $[111]$ axis, and outwards on the neighboring tetrahedron. Moreover, the AIAO and energy-equivalent AOAI configurations coexist in the sample and form respective domains. Importantly, the interface between the two domains, AIAO/AOAI domain walls, contain uncompensated magnetic moments. The nature and effect of these uncompensated moments on conductive and magnetic properties of $A_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ represent very actual topic.

As part of a more general study of the largely understudied heavy rare-earth members of $A_2\text{Ir}_2\text{O}_7$, the present work is focused on the $\text{Lu}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ member, which allows us to isolate magnetism of the Ir sublattice (Lu^{3+} ions do not bear magnetic moment). We present our study on the first-ever synthesized single crystals of $\text{Lu}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$, their characterization and anisotropic magnetic properties. The model of magnetic field-orientable robust domain walls is introduced.

Klíčové slová: Pyrochlore, $\text{A}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$, single crystal, magnetization, domain walls



Salt-mediated regulation of human SUMO-protease SENP2 activity and stability

Barbara Havrišová¹

Školiteľ: Veronika Džupponová¹

¹ Katedra biofyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta, Jesenná 5, 041 54 Košice, Slovenská republika

SENP2, one of the seven cysteine proteases of the SENP family, plays a key role in the regulation of SUMOylation by mediating two reactions: maturation of SUMO (small ubiquitin-like modifier) proteins and deconjugation of SUMO from target proteins. SUMOylation is a post-translational modification that influences various cellular processes including transcription regulation, nuclear transport, cell-cycle progression, and signal transduction pathways. Dysregulation of this process can have a significant impact on cellular homeostasis and contribute to disease development connected to protein stability and functioning. This study provides a complex analysis of the stability and activity of SENP2 in the presence of the Hofmeister ions. While specific salt effects on protein stability are known, their impact on the enzymatic properties remains less clarified. Our experiments revealed that the Hofmeister ions influence the secondary structure of SENP2, notably enhancing the formation of α -helices. To analyze the catalytic properties of the enzyme, two experimental assays using distinct substrates were used. One examined the cleavage of SUMO-LC (light chain), where the SDS-PAGE assay was successful as a qualitative method for analyzing the activity of SENP2. The second assay included a synthetic peptide, where the activity was analyzed by using a colorimetric assay. The first method revealed a decreased activity of SENP2 in the presence of kosmotropic ions, NaCl and urea. The presence of chaotropic ions completely inhibited the cleavage of SENP2. The activity on the synthetic substrate was increased in the presence of kosmotropic ions and NaCl and slightly inhibited in the presence of chaotropes. These findings highlight the role of ions in cellular processes and allow for further investigation of the regulatory mechanisms.

Key words: enzyme activity, protein stability, SUMO protease, Hofmeister ions



Fluktuace počtu částic ve srážkách těžkých iontů

Vojtěch Honěk¹

Školitel: Boris Tomášik¹

¹ Katedra fyziky, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská,
České vysoké učení technické v Praze, Česká republika

Fázový přechod kvark-gluonového plazmatu do stavu hadronové hmoty ve srážkách těžkých iontů je předmětem intenzivního studia urychlovače RHIC. Tato práce se zaměřuje na odvození fluktuací a korelací mezi počtem stabilních detekovaných částic, které značně pomáhají při zkoumání vlastností kritického bodu fázového diagramu kvark-gluonového plazmatu. Tyto pozorovatelné jsou určeny v systému po chemickém vymrznutí. Při výpočtech je uvažován model hadronového rezonančního plynu, který předpokládá neinteragující plyn stabilních částic a rezonancí v kombinaci s částečnou chemickou rovnováhou.

[1] Honěk, Vojtěch. (2023). *Fluktuace počtu částic ve srážkách těžkých iontů* [online]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10467/111699>

Klíčové slova: Srážky těžkých iontů, Plyn hadronů a rezonancí, Částečná chemická rovnováha, Fluktuace počtu částic



Základné princípy potápania

Martina Husárová¹

Školiteľ: Zuzana Ješková¹

¹Oddelenie didaktiky fyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ,
Park Angelinum 9, 041 54 Košice

V tejto práci sme sa zamerali na popísanie základných fyzikálnych dejov a fyziologických procesov ľudského tela súvisiacich s potápaním. Potápanie je zaujímavou a stále obľúbenejšou rekreačnou aktivitou, ktorá využíva poznatky z oblasti mechaniky kvapalín a plynov, preto je vhodným predmetom na prepojenie s výučbou fyziky. Vytvorili sme súhrnný prehľad základných fyzikálnych zákonov pre plyny a ku každému sme uviedli konkrétny reálny príklad, kde sa v súvislosti s potápaním uplatňuje. Ide o procesy spojené s dýchaním, výmenou a distribúciou dýchacích plynov v organizme alebo fungovaním potápačského výstroja. K vybraným javom súvisiacim s potápaním sme vytvorili matematické modely v programe COACH7.

Táto práca by mala slúžiť ako pomocný materiál pre učiteľov a študentov stredných škôl, ktorý by viedol k lepšej predstave a pochopeniu tematiky mechaniky tekutín na príklade potápania.

Kľúčové slová: potápanie, mechanika tekutín, fyziologické princípy, modelovanie



Rádioaktivita aerosólov v atmosfére

Miriam Chvostálová¹

Školiteľ: Ivan Sýkora¹

¹ FMFI UK, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Rádioizotopy prírodného a antropogénneho pôvodu sa s výminkou inertných plynov v atmosfére zachytávajú na pevné a kvapalné mikroskopické častice, ktoré vytvárajú aerosólovú zložku atmosféry. Odberom týchto aerosólov na filtre a ich následnou analýzou je možné identifikovať niektoré rádioizotopy nachádzajúce sa v atmosfére a stanoviť ich koncentrácie. Množstvo konkrétneho izotopu v jednotke objemu je premenlivé v priestore aj čase, ako dôsledok miesta a rýchlosti jeho produkcie a transportu aerosólov v dynamickej atmosfére.

Práca sa venuje hodnoteniu niektorých faktorov ovplyvňujúcich stanovenie koncentrácií rádionuklidov v atmosfére, ako účinnosť záchytu aerosólov na použitých filtroch, variácie čerpacej rýchlosti, meteorologické podmienky a účinnosť detektora. Z odberu aerosólov, ktorý prebiehal 27.3.-3.4. 2024 v meteorologickom areáli FMFI v Bratislave bola určená aktivita rádionuklidov ^7Be , ^{137}Cs a ^{40}K .

Kľúčové slová: Aerosóly, Rádionuklidy v atmosfére, Detekcia žiarenia



Coherent photoproduction of rho in oxygen–oxygen collisions

Jakub Juračka¹

Školiteľ: Jesús Guillermo Contreras Nuño¹

¹ Katedra fyziky, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze, Česká Republika

Coherent photoproduction of vector mesons occurring in ultra-peripheral collisions (UPCs) is an extensively studied process, as it enables the examination of the inner structure of nuclei—namely their gluon distributions. This may provide new insight into the quantitative behaviour of important QCD phenomena, such as gluon saturation or nuclear shadowing. In this work, UPCs and the photoproduction process are described in more detail. Two previous measurements of rho photoproduction performed by the ALICE Collaboration on data from Pb–Pb and Xe–Xe collisions are examined. Subsequently, preliminary analysis of a dataset of O–O (and Pb–Pb) collisions simulated with the STARlight program is performed, focusing on the calculation of AxE correction factors.

- [1] Juračka, Jakub. (2023). Coherent photoproduction of rho in oxygen–oxygen collisions. CTU Digital Library.
- [2] ALICE Collaboration. (2020). Coherent photoproduction of rho(0) vector mesons in ultra-peripheral Pb–Pb collisions at $s(\text{NN}) = 5.02$ TeV. The Journal, 6.
- [3] ALICE Collaboration. (2021). First measurement of coherent rho(0) photoproduction in ultra-peripheral Xe–Xe collisions at $s(\text{NN}) = 5.44$ TeV. Physics Letters B, 820.
- [4] Klein, S. R., and Nystrand, J. (1999). Exclusive vector meson production in relativistic heavy ion collisions. Physical Review C, 60(1).
- [5] Klein, S. R., Nystrand, J., Seger, J., Gorbunov, Y., and Butterworth, J. (2017). STARlight: A Monte Carlo simulation program for ultra-peripheral collisions of relativistic ions. Computer Physics Communications, 212, 258-268.

Klíčové slová: ALICE, STARlight, O–O collisions, rho photoproduction, AxE



Vplyv neformálneho vzdelávania v časticovej fyzike

Júlia Kekeláková¹

Školiteľ: prof. Boris Tomášik²

¹ Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, katedra fyziky, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

² České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Praha, Břehová 78/7, Česká republika

Od roku 2005 sa Medzinárodná kolaborácia IPPOG (International Particle Physics Outreach Group) snaží priblížiť stredoškólakom fascinujúci svet mikroskopických častíc pomocou Majstrovských tried v časticovej fyzike. Tieto interaktívne workshopy ponúkajú študentom jedinečnú príležitosť spoznať prácu fyzikov a zažiť na vlastnej koži, ako sa skúma jadro atómu a elementárne častice. [1]

V tejto práci prezentujeme výsledky prieskumu, ktorý sme uskutočnili medzi účastníkmi Majstrovských tried z Českej republiky a Slovenska. Cieľom prieskumu bolo zistiť, ako tieto workshopy ovplyvnili ich kariérne plány, vnímanie vedy a postoj k časticovej fyzike.

Viac než polovica respondentov momentálne nepracuje v oblasti vedy, ani vo výskume a vývoji. Napriek tomu, že sa ich kariérne cesty uberali rôznymi smermi, drvivá väčšina z nich hlási pozitívny posun vo vnímaní vedy a jej dôležitosti pre moderný svet.

International Masterclasses mali značný vplyv na vnímanie vedy medzi respondentmi. Zvýšili ich záujem o vedu a podnietili k hlbšiemu zamysleniu sa nad jej úlohou v spoločnosti. Mnohí z nich ocenili interaktívny charakter workshopov, ktorý im umožnil zažiť vedu zábavnou a pútavou formou.

Prieskum ukázal, že Masterclasses mali pozitívny vplyv na študentov, ktorí už predtým uvažovali o kariére v oblasti časticovej fyziky. Workshopy im pomohli ujasniť si svoje zámery a posilnili ich motiváciu venovať sa tomuto odvetviu vedy. [2]

V našom výskume sme dospeli k viacerým výsledkom. Majstrovské triedy v časticovej fyzike predstavujú efektívny nástroj na popularizáciu vedy medzi mladými ľuďmi. Okrem toho, že im ponúkajú jedinečný zážitok a rozširujú ich vedomosti o fyzike vysokých energií, dokážu ovplyvniť aj ich kariérne plány a vnímanie vedy.

[1] KEKELAKOVA, Julia; TOMASIK, Boris. On the long-term impact of non-formal learning in particle physics. *arXiv preprint arXiv:2307.15906*, 2023.

[2] TOMASIK, Boris, KEKELAKOVA, Julia, MELO, Ivan, & PLESKOT, Vojtech. Bridging the gap between cutting-edge science and school: non-formal education in high-energy physics. *arXiv preprint arXiv:2401.17103*, 2024.

Kľúčové slová: International Masterclasses, motivácia, budúca kariéra, budúca generácia, vplyv fyziky, didaktika fyziky



Characterization of superconducting nonlinear microwave coplanar waveguide by transmission spectroscopy

Anna Khylenko(1), Samuel Kern(1), Pavol Neilinger(1)

(1) Department of Experimental Physics, Comenius University, SK-842 48 Bratislava, Slovakia

E-mail prezentujúceho: *khylenko1@uniba.sk*

Superconducting microwave waveguides with a center conductor consisting of an array of Josephson junctions enable the achievement of high nonlinear inductance per length and low losses at the same time. This is fully exploited in traveling wave parametric amplifiers in which the nonlinearity is required to transfer energy from a strong pump to the amplified weak probe signal. Precise determination of the waveguide parameters, namely the impedance, the phase velocity, and the nonlinearity, is crucial for the amplifier design and optimization of its basic properties. Here, we present a straightforward analysis based on a measurement of the microwave transmission of an unmatched nonlinear Nb coplanar waveguide with a center conductor consisting of 2000 Nb/AlO/Nb Josephson junctions. Modeling the transmission of the waveguide as a series of Fabry-Pérot resonances, we extract the nonlinear inductance. We analyze its temperature- and power-dependence and compare the estimated parameters. Moreover, we demonstrate the frequency mixing and harmonics generations in the waveguide.

Autor: Anna Khylenko(1), Samuel Kern(1), Pavol Neilinger(1)



Vplyv amfifilných dendrimérov s cyklotrifosfazénovým jadrom na viskozitu krvi

Adriana Kluková¹
Školiteľ: Šimon Šutý¹

¹ Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Nanočastice predstavujú v posledných desaťročiach intenzívne skúmanú oblasť pre ich vlastnosti vhodné pre potenciálne použitie aj v medicíne. Jednu skupinu nanočastíc tvoria tzv. dendriméry, ktoré predstavujú vysoko rozvetvené polymérne nanočastice s dobre definovanou štruktúrou. Vďaka unikátnym fyzikálnochemickým vlastnostiam – dobrej rozpustnosti a vyššej reaktivite určenej terminálnymi skupinami predstavujú potenciálne nosiče liečiv, ktoré sa môžu zabudovať na povrchové skupiny alebo do vnútornej štruktúry dendriméru. Vzhľadom na vysokú diverzitu a organizáciu zložiek ľudského tela je potrebné preskúmať ich správanie a interakcie s biologickými systémami najprv v podmienkach *in vitro*. V našej práci sme sa zaoberali skúmaním vplyvu dvoch typov amfifilných fosforových dendrimérov (AFDD) nultej generácie. Štruktúra oboch AFDD obsahovala cyklotrifosfazénové jadro a líšili sa terminálnymi skupinami - pyrrolidín a piperidín. Testovali sme *in vitro* účinok AFDD pri výsledných koncentráciách 0, 2, 10, 25 a 50 $\mu\text{mol/l}$ na vzorky plnej ľudskej krvi od zdravých dobrovoľníkov. Pomocou modulárneho kompaktného reometra MCR 102 (Anton Paar, Rakúsko) sme sledovali zmeny reologických, t.j. tokových vlastností plnej ľudskej krvi pred a po pridaní AFDD pri 37°C a v rozsahu miery šmyku od 1 s^{-1} do 1000 s^{-1} , čím sme modelovali rozsah rýchlosti toku krvi v ľudskom tele. Zo získaných dát sme zistili, že s narastajúcou koncentráciou dendriméru rastie aj viskozita krvi u oboch pohlaví, čo by v *in vivo* podmienkach mohlo mať zásadný vplyv na zásobovanie tkanív krvou a živinami, kvôli sťaženej reperfúzii, ktorá by bola spôsobená vyššou viskozitou krvi. Tento efekt sme pozorovali na plnej ľudskej krvi pri použití oboch dendrimérov.

Kľúčové slová: dendriméry, krv, reológia



Vplyv teploty substrátu na rast vrstvy organického polovodiča DNTT a jeho využitie v OFET prvkoch

Ondrej Kokavec¹

Školiteľ: Miroslav Novota¹

¹Ústav elektroniky a fotoniky (Oddelenie organickej elektroniky a lekárskej elektroniky)
Iľkovičova 3, 841 04 Bratislava, Slovenská republika

Táto práca sa zaoberá optimalizáciou technológie výrobného procesu organických poľom riadených tranzistorov (OFET). Bol skúmaný predovšetkým vplyv zmeny teploty substrátu počas depozície organického polovodiča na elektrické vlastnosti prvkov. Pripravené štruktúry boli vytvorené na vysoko dopovanom kremíkovom substráte (zároveň slúžiaci ako Gate elektróda) s tenkou vrstvou (100 nm) termického oxidu ako dielektrikom a aktívnou vrstvou (100 nm) organického polovodiča DNTT. Pre širšiu analýzu možností zakomponovania progresívnych materiálov do OFET prvkov boli štruktúry modifikované použitím rôznych hybridných dielektrík, vrátane polyméru PMMA a SAM materiálov HMDS a OTS.

Za účelom komplexného porozumenia správania sa jednotlivých aspektov a ich vzájomného prepojenia boli charakterizované elektrické aj morfológické vlastnosti pripravených prvkov. Elektrické merania zahŕňali aj určenie prahového napätia tranzistora a pohyblivosti voľných nosičov náboja vo vrstve organického polovodiča pre podrobnejšie definovanie následnej využiteľnosti. Morfológické merania boli vykonané pomocou mikroskopie atomárnych síl za účelom rýchlej charakterizácie povrchu a jej následného popisu.

Bolo dokázané, že teplota substrátu počas depozície organického polovodiča má výrazný vplyv na výsledné elektrické vlastnosti vytváraných prvkov. Vyššia teplota vedie k zlepšeniu pohyblivosti voľných nosičov náboja, na druhej strane však aj ku zvýšeniu prahového napätia. Morfológické merania preukázali priame súvislosti medzi kryštalinitou povrchu a elektrickými vlastnosťami vrstiev. Tieto zistenia poskytnú dôležité poznatky pre optimalizáciu procesov prípravy OFET prvkov, ako aj možné zlepšenie ich výkonu a spoľahlivosti. Táto práca poukazuje na dôležitosť optimalizácie výrobných procesov nielen v organickej elektronike a je kľúčová pre ďalší rozvoj v oblasti technológií.

Kľúčové slová: organická elektronika, OFET, DNTT, optimalizácia výrobného procesu



Model akumuláčnej nádoby a bádateľské vyučovanie na tému rádioaktivita pôdy spojená s emanáciou ^{222}Rn na stupni ISCED 3A

Adela Kolenová¹

Školiteľ: Terézia Eckertová²

¹ Katedra didaktiky matematiky, fyziky a informatiky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

² Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

V inovovanom štátnom vzdelávacom programe pre ISCED 3A (gymnázia so štvorročným alebo päťročným študijným programom) sa témy rádioaktivita a rádioaktivita prostredia dostávajú z vzdelávacích štandardov pre maturantov z fyziky do koncepcie všeobecného základu, ktorý musia absolvovať všetci študenti. Fyzika patrí do vzdelávacej oblasti Človek a príroda, ktorej cieľom je u žiakov rozvíjať spôsobilosti vedeckej práce (argumentovať, kriticky myslieť, merať, posudzovať, experimentovať...). Preto v príspevku predstavíme model zariadenia na akumuláciu a meranie početností impulzov alfa, beta a gama častíc z pôdy pre žiakov stredných škôl vytvorený z prístupných pomôcok tak, aby sa čo najviac podobal akumuláčnej nádobe používanej v špecializovaných laboratóriách. Taktiež predstavíme výsledky meraní a ich didaktické zaradenie do vyučovacieho procesu.

Kľúčové slová: rádioaktivita, premeny (alfa, beta, gama), rádioaktivita prostredia, model, vyučovací proces



Teoretická interpretácia ionizácie a nábojovej výmeny derivátov tiofénu pozorovanej pomocou IMS

Samuel Peter Kovár¹

Školiteľ: Peter Papp¹

¹ Fakulta matematiky fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Pre správne určenie iónových produktov a súvisiacich reakcií pozorovaných v iónovej pohyblivostnej spektrometrii (IMS) je nevyhnutné mať k dispozícii údaje charakterizujúce termochemické vlastnosti reaktantov, ako i potenciálnych produktov. V prípade nami skúmaných molekúl - tiofénu a jeho derivátov 2-metyl-tiofénu, 2,4-dimetyl-tiofénu, ako aj benzotiofénu a 2-metyl-benzotiofénu, väčšina relevantných termochemických dát nie je k dispozícii.

Cieľom tejto práce je stanovenie týchto dát na teoretickej úrovni použitím kvantovo-chemických výpočtových metód, dostupných v programovom balíku ORCA [1], pomocou DFT metódy ω B97X-D4 [2,3]. Takto získané dáta slúžia na identifikáciu procesov nábojovej výmeny medzi reakčnými iónmi v IMS produkovanými korónovým výbojom s kladnou polaritou, v tvare $\text{NH}_4^+(\text{H}_2\text{O})_n$, $\text{NO}^+(\text{H}_2\text{O})_n$, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$, a vyššie uvedenými skúmanými molekulami [4]. Vhodnosť použitej metódy demonštrujeme na porovnaní ionizačných energií a elektrických dipólových momentov stanovených teoreticky v tejto práci so známymi hodnotami z termochemických databáz a publikovaných prác.

Výsledkom tejto práce je súbor teoreticky stanovených vertikálnych ionizačných energií, väzbových energií, protónových a elektrónových afínít, ktoré doteraz neboli známe pre uvedené molekuly tiofénu a jeho derivátov a nachádzajú využitie pri interpretácii iónových procesov v IMS.

[1] F. Neese et al., “The ORCA quantum chemistry program package”, *Journal of Chemical Physics*, roč. 152, č. 22, 2020.

[2] N. Mardirossian a M. Head-Gordon, “ ω b97X-V: A 10-parameter, range-separated hybrid, generalized gradient approximation density functional with nonlocal correlation, designed by a survival-of-the-fittest strategy”, *Physical Chemistry Chemical Physics*, roč. 16, č. 21, 2014.

[3] E. Caldeweyher et al., “A generally applicable atomic-charge dependent London dispersion correction”, *Journal of Chemical Physics*, roč. 150, č. 15, 2019.

[4] L. Moravský et al., Zatiaľ nepublikované, Laboratórium IMS, FMFI UK.

Kľúčové slová: tiofény, prenos náboja, ionizácia, korónový výboj, DFT



Štúdium potlačenia jetov v zrážkach ťažkých iónov na experimente ATLAS

Emil Lelák¹

Školiteľ: Martin Rybář¹

¹ Ústav časticové a jaderné fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova,
V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, Česká republika

Ultra-relativistické zrážky ťažkých iónov sú vykonávané za účelom produkcie a štúdia QCD hmoty s vysokou teplotou, tzv. kvark-gluónovej plazmy. Predpokladá sa, že takýto extrémny stav hmoty existoval počas prvých mikrosekúnd po Veľkom tresku. Skúmanie vlastností kvark-gluónovej plazmy a silnej interakcie zahŕňa analýzu kolimovaných spršok častíc, tzv. jetov, ktoré pochádzajú z rozptýlených kvarkov a gluónov.

Nedávne výsledky z merania potlačenia jetov v závislosti na ich veľkosti v zrážkach olovo-olovo z experimentov ATLAS, ALICE a CMS sú vo vzájomnom nesúlade. Táto práca sa zaoberá systematickým štúdiom produkcie jetov konštruovaných z nabitých častíc v závislosti na veľkosti jetov a výbere nabitých častíc podľa ich priechnej hybnosti. Tieto jety sú tiež porovnávané s kalorimetrickými jetmi, ktoré obsahujú aj neutrálne častice. Ďalej práca zahŕňa opravu spektier jetov konštruovaných z nabitých častíc o rôzne detektorové efekty, efekty pozadia a migrácie jetov z dôvodu energetického rozlíšenia pomocou Monte Carlo simulácií. Poslednou časťou je implementácia tzv. ICS metódy na odčítavanie pozadia, ktoré je dominované nízkoenergetickými časticami.

Napriek tomu, že z výsledkov práce nemožno celkom objasniť nesúlad medzi experimentmi, práca vykazuje určitý stupeň pochopenia potlačenia jetov konštruovaných z nabitých častíc v kvark-gluónovej plazme. Ďalšia analýza, ktorá by zahŕňala lepšiu unfolding a ladenie parametrov v ICS metóde, by mohla pomôcť k objasneniu nesúladu medzi výsledkami experimentov.

- [1] CMS Collaboration, *First measurement of large area jet transverse momentum spectra in heavy-ion collisions*, arXiv:2102.13080.
- [2] ATLAS Collaboration, *Jet size dependence of single jet suppression in lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV with the ATLAS detector at the LHC*, arXiv:1208.1967.
- [3] L. Cunqueiro, A. M. Sickles, *Studying the QGP with Jets at the LHC and RHIC*, arXiv:2110.14490v1.

Kľúčové slová: jety, potlačenie jetov, CERN, ATLAS, LHC



Štúdium dvojitého Dalitzovho rozpadu neutrálneho piónu v experimente NA62

Michal Lelák¹

Školiteľ: Michal Koval¹

¹ Ústav časticové a jadrené fyziky, Matematicko-fyzikálna fakulta, Univerzita Karlova, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, Česká republika

Experiment NA62 v CERN-e je svetovým lídrom vo výskume vzácných rozpadov kaónov. Hlavným cieľom experimentu je zmerať vetviaci pomer rozpadu $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$, ktorý je približne 10^{-10} . Akákoľvek výraznejšia odchýlka medzi nameranou hodnotou a hodnotou určenou Štandardným modelom by znamenala objav fyziky za hranicami Štandardného modelu. Predmetom výskumu sú však aj iné vzácne rozpadové módy kaónov a piónov.

Štúdium vzácných rozpadov neutrálneho piónu, ako je dvojitý Dalitzov rozpad $\pi^0 \rightarrow e^+ e^- e^+ e^-$, poskytuje dôležitý vstup pre teoretické modelovanie formfaktora, ktorý popisuje rozpady a interakcie neutrálnych piónov. Experiment NA62 zhromaždil v rokoch 2017 – 2018 veľký súbor dát rozpadov nabitého kaónu s elektrón-pozitrónovými párami v koncovom stave. Neutrálne pióny vznikajú asi pri tretine rozpadov nabitých kaónov.

Cieľom tejto práce je analýzou dát z 2017 – 2018 odmerať vetviaci pomer rozpadu $\pi^0 \rightarrow e^+ e^- e^+ e^-$ s relatívnou neistotou lepšou než 5%. V dátach bolo pozorovaných zhruba 1500 dvojítých Dalitzových rozpadov. Hodnota vetviaceho pomeru tohto rozpadu prezentovaná v tejto práci je len predbežná. Momentálne prebieha vývoj plne inkluzívneho Monte Carlo generátora, ktorý bude správne simulovať radiačné fotóny vznikajúce pri dvojitom Dalitzovom rozpade. V analýze sa momentálne sústreďujeme na porovnanie efektivity rekonštrukcie dráh nabitých častíc medzi dátami a Monte Carlo simuláciami, keďže táto efektivita môže mať výrazný vplyv na meranie vetviaceho pomeru.

- [1] NA62 Collaboration: The Beam and detector of the NA62 experiment at CERN, JINST 12 (2017) no.05, P05025. DOI: 10.1088/1748-0221/12/05/P05025
- [2] KTeV Collaboration: Determination of the Parity of the Neutral Pion via the Four-Electron Decay, Phys.Rev.Lett. 100 (2008) 182001. DOI: 10.1103/PhysRevLett.100.182001
- [3] Tomáš Davídek a Rupert Leitner, Elementární částice od prvních objevů po současné experimenty, Matfyzpress, ISBN 978-80-7378-205-4

Kľúčové slová: neutrálny pión, vzácne rozpady, NA62, CERN



VPLYV MORFOLÓGIE NANOČASTÍC COFe₂O₄ NA MAGNETICKÉ VLASTNOSTI

Daniela Mačáková

Školiteľ¹: doc. RNDr. Adriana Zelenáková, PhD. , RNDr. Ľuboš Nagy, PhD

Adresa¹: Katedra fyziky kondenzovaných látok, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Park Angelinum 9, Košice

Nanočastice sa stali predmetom rozsiahlych výskumov od druhej polovice minulého storočia. Tieto nanomateriály majú jedinečné vlastnosti, medzi ktoré patria veľkosť a tvar, povrchový náboj a mnohé iné vlastnosti, ktoré súvisia s modifikáciou nanočastíc ako je napríklad obaľovanie pripravených častíc zlatom. Signifikantné sú aj magnetické vlastnosti, ktorých pozorovanie bolo súčasťou tejto práce. Zistilo sa, že pomocou cieleného ovplyvňovania morfológie nanočastíc môžeme ladiť magnetické vlastnosti pre rôzne aplikácie. Ako veľmi perspektívne sa ukazuje využitie na bunkovej úrovni, pretože nanomateriály môžu kompenzovať nedostatky zaužívaných metód a postupov. Ide o využitie najmä v biomedicínskych aplikáciách, kde môžu slúžiť na cielené doručovanie liečiv. Potenciálne využitie pozorujeme aj v oblasti hypertermie, pomocou ktorej sa možno podieľať na liečbe rakoviny. Ďalej výhody nanočastíc sa ukazujú pri magnetickej separácii rôznych látok, pretože ich dokážeme naviazať na látky, ktoré pomocou magnetického poľa následne odseparujeme.

V tejto práci sme sa zaoberali cielenou modifikáciou syntetického postupu prípravy magnetických nanočastíc zloženia CoFe₂O₄ (feritu kobaltu). Pre cielenú modifikáciu bola použitá metóda termálnej dekompozície, ktorá aj napriek komplikovanému postupu umožňuje pripraviť nanočastice rôznych tvarov: sférické častice, kocky a hviezdice. Cielene boli menené reakčné podmienky chemickej reakcie, teplota, teplotný nábeh procesu dekompozície, čas, typy rozpúšťadiel, pričom sme po realizácii 10 rôznych syntéz špecifikovali chemické protokoly, pomocou ktorých sme menili morfológiu častíc. Pripravené nanočastice rôznych tvarov sme charakterizovali experimentálnymi metódami štruktúrnej analýzy (SEM, TEM, EDX, XRD) a pomocou magnetických meraní na SQUID magnetometri. V práci je diskutovaný vplyv tvarovej anizotropie častíc na magnetické vlastnosti, predovšetkým teplotnú a poľovú závislosť magnetizácie a poukázané perspektívy využitia jednotlivých tvarov nanočastíc z pohľadu aplikácii pre magnetickú hypertermiu.



Nanoštruktúry v transdermálnom transporte liečiv a v protinádorovej terapii

Paulína Makovická¹
Školiteľ: Melánia Babincová¹

¹ Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

V práci navrhujeme prenášačový systém pre cielenú chemoterapiu a hypertermiu malígneho melanómu na báze magnetických nanočastíc (MN) s naviazaným cytostatikom dakarbazínom (DKZ). Možnosť cieleného transportu MN bola sledovaná z nameranej a vypočítanej hodnoty ich magnetického momentu. Vo vysokofrekvenčnom (VF) magnetickom poli s $f = 3,5$ MHz sa MN zahrievajú na hypertermickú teplotu následkom Brownovho a Néelovho efektu. Účinok chemoterapie DKZ, hypertermie pomocou MN a VF poľa a ich kombinácie pomocou dakarbazínových MN bol sledovaný v meraniach *in vitro* na nádorových bunkách B16 melanómu. Takmer 100% úhyn buniek bol dosiahnutý kombináciou hypertermie a chemoterapie pomocou MN s naviazaným DKZ. To predstavuje synergický efekt oboch terapií, ktorý možno vysvetliť tým, že vplyvom hypertermie vzrastá fluidita a permeabilita membrán nádorových buniek a to umožňuje efektívnejší prienik cytostatika do ich vnútra. Nakoľko malígny melanóm vzniká v dôsledku malígnej transformácie melanocytov zodpovedných za pigmentáciu a ochranu pred ultrafialovým (UV) žiarením, na modelovom systéme unilamelárnych lipozómov sme overili vplyv doby pôsobenia UV žiarenia na lipoperoxidáciu. Peroxidačný index bol stanovený Kleinovou metódou a vzrastal s dobou pôsobenia UV žiarenia. Bola tiež zistená výrazná antioxidačná aktivita extraktu z koreňa rastliny *Acalypha indica*, ako látky chrániacej kožu pred škodlivým pôsobením UV žiarenia. Etozómy predstavujú nosiče pre transdermálny transport cytostatika DKZ. Ich obsah etanolu je dôležitý pre narušenie štruktúry lipidov produkovaných keratinocytmi, bunkami vo vrstve *stratum corneum* (SC). Po narušení organizácie SC etozómy prenikajú do hlbších vrstiev kože, kde uvoľňujú liečivo. Transdermálny prenos DKZ zabudovaného v etozónoch v porovnaní s transportom čistého liečiva bol sledovaný meraním percenta DKZ prejdeneho cez model ľudskej kože v difúznej Franzovej cele, kde bola použitím etozómov dosiahnutá hodnota 100 %.

Kľúčové slová: dakarbazín, etozómy, magnetické nanočastice, malígny melanóm, UV žiarenie



Kvantitatívna analýza častíc NO_2 generovaných v atmosférickom plazmovom jete pomocou iónovej pohyblivostnej spektrometrie

Michal Neogrády¹
Školiteľ: Emanuel Maťaš¹

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského,
Mlynská dolina F1 Bratislava, Slovenská republika

Reaktívne kyslíkové a dusíkové častice (RONS) zohrávajú podstatnú rolu v množstve biochemických a fyziologických procesov. Medzi zmienené častice patria O_3 , OH , N_2O_2 , radikály NO_x a rôzne ďalšie, ktoré vieme produkovať pomocou atmosférických plazmových jetov (APPJs), s použitím rôznych plynov ako argón, dusík, kyslík alebo čistý vzduch. Vďaka nízkej cene, pomerne jednoduchej konštrukcii a tvorbe zmienených RONS nachádzajú APPJs uplatnenia v širokom spektre aplikácii ako: hojenie rán, liečba rakoviny, dezinfekcia zubných kanálikov, úprava a sterilizácia povrchov a mnohé ďalšie. Pre samotný vývoj APPJs, ako aj pre úspešné aplikácie je potrebná vysoko citlivá diagnostická metóda, ktorá umožňuje meranie zmienených RONS. Prístroje iónovej pohyblivostnej spektrometrie (IMS) sa vyznačujú vysokou citlivosťou detekcie na úrovni ppb až ppq (parts per billion, parts per quadrillion), čím sa stávajú potencionálne účinným nástrojom pre túto aplikáciu.

V našej práci, sme skúmali koncentráciu častíc NO_2 , tvorených v APPJ za použitia argónu. Cieľom bolo zistiť produkciu NO_2 generovaného pomocou výboja pri rozličných prietokoch, napätiach a vzdialenosti. Samotné merania sme uskutočňovali s použitým IMS prístroja vyvinutého spoločnosťou MaSa Tech a APPJ vyvinutým na Katedre experimentálnej fyziky UK. Detekcia NO_2 bola uskutočnená v zápornej polarite IMS, pri tlaku 700 mbar a teplote 100 °C.

Kľúčové slová: reaktívne kyslíkové a dusíkové častice, atmosférický plazmový jet, NO_2 , iónová pohyblivostná spektrometria



Vzdelávacie materiály pre konceptuálne porozumenie vybraných fyzikálnych problémov

Simona Parasková¹

Školiteľ: Marián Kireš¹

¹ Oddelenie didaktiky fyziky, Ústav fyzikálnych vied UPJŠ, Park Angelinum 9, Košice,
Slovenská republika

V predloženej práci sa venujeme skúmaniu vybraných fyzikálnych javov a tvorbe vzdelávacích materiálov pre žiakov gymnázia a pre prípravu budúcich učiteľov fyziky. Ide o pomerne známe fyzikálne javy, ktoré sa zaoberajú reálnymi dejmi z každodenného života a môžu byť využiteľné pri rozvoji žiackeho konceptuálneho porozumenia a argumentačných zručností.

Predstavíme fyzikálne zadania: Kráčať alebo bežať v daždi? a Plávajúce presýpacie hodiny. Pripravené vzdelávacie materiály sme spracovali formou pracovných listov pre žiakov, využiteľných pri domácom samoštúdiu a aktívnej práci v školskom laboratóriu. Dôraz kladieme na postupné ozrejenie fyzikálneho problému. Žiaka vedieme k rozvoju zručnosti riešiť problém postupnými krokmi a argumentovať. Aktivity sú navrhnuté pre realizáciu zmiešanej výučby, kooperatívneho alebo skupinového vyučovania na gymnáziu.

K zvýšeniu názornosti a podpory aktívneho poznávania sme vytvorili GeoGebra applet pre skúmanie pohybu v daždi. K téme plávajúcich presýpacích hodín sme pripravili demonštračný experiment s použitím dostupných školských pomôcok. Obe vzdelávacie aktivity sme pilotne odskúšali so študentmi učiteľského štúdia a diskutovali ich podnety k využitiu materiálov vo výučbe.

[1] Walker, Jearl. (1977). The Flying Circus of Physics. The Flying Circus of Physics, Answers, by Jearl Walker, pp. 312. ISBN 0-471-02984-X. Wiley-VCH, October 1977.

[2] Ehrmann, Andrea & Blachowicz, Tomasz. (2011). Walking or running in the rain-A simple derivation of a general solution. European Journal of Physics. 32. 355. 10.1088/0143-0807/32/2/008.

Kľúčové slová: konceptuálne porozumenie, argumentačné zručnosti, pohyb v daždi, plávajúce presýpacie hodiny



STUDY OF STRANGE RESONANCES IN ALICE EXPERIMENT USING LHC RUN 3 DATA

Yakiv Paroviyak¹

Supervisor: Marek Bombara¹

¹ Department of Nuclear and Subnuclear Physics, Institute of Physics, Faculty of Science, UPJŠ,
Jesenná 5, 04154 Košice

Run 3 is the designation of the current data collection at the LHC accelerator (2021-2025). During this period, the ALICE experiment underwent a significant change at both hardware and software level, which allowed it to increase the number of analysed proton-proton collisions by more than a hundredfold [1]. Analysing these direct observations for possible decay products and pairing them together allows to detect and study shorter-lived strange particles, also known as strange resonances [2]. The aim of the work is to parse the data gathered from ALICE Run3 in search for strange particle decay via the strong interaction and to determine their yields as a function of the momentum and multiplicity.

[1] ALICE Collaboration. (2022). *The ALICE experiment -- A journey through QCD*. Retrieved from <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.04384>

[2] Bombara, M. (2023). Vybrané aplikácie dátovej analýzy (analýza dát v časticovej fyzike).

Keywords: strange resonances, ALICE experiment



Sledovanie dynamiky NO_x radikálov produkovaných výbojom

Filip Pastierovič¹

Školiteľ: Shamaila Manzoor¹

¹ Katedra experimentálnej fyziky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842~48~Bratislava

Radikály sú dôležitou súčasťou mnohých chemických reakcií, špecificky NO_x majú významnú rolu v atmosférickej chémii a významne ovplyvňujú tvorbu reaktívneho dusíka. V aktuálnej práci sme sa zamerali na detekciu krátko-žijúceho NO₃, ktorý je ťažko detekovateľný pri použití bežných techník optickej spektroskopie ako je napríklad fourierovská absorpčná spektroskopia. Za týmto účelom sme zostrojili vysoko-citlivý absorpčný spektrometer využívajúci optický rezonátor excitovaný nekoherentným LED zdrojom žiariacim v oblasti okolo 660nm (tzv. IBB-CEAS technika). Týmto detektorom sme simultánne a in situ sledovali koncentrácie NO₂ a NO₃ generované dielektrickým bariérovým výbojom. Cieľom bola identifikácia optimálnych podmienok produkcie radikálov a ich doby zániku v reaktore. Experimentálne získané dáta boli následne porovnávané s nami vytvoreným chemicko-kinetickým modelom.

Kľúčové slová: NO_x, IBB-CEAS, optická spektroskopia, plazmová spektroskopia, DBD, plazma, aplikovaná optika



Transport cez rozhranie medzi supravodičom a feromagnetom

Marcel Polák¹

Školiteľ: František Herman¹

¹ FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

V tomto príspevku analyzujeme transportné javy rozhrania medzi supravodičom a feromagnetom. Sledujeme ako závisí veľkosť a povaha vodivosti v závislosti od veľkosti a smeru magnetického poľa. Na analýzu tohto systému využívame numerické výpočty sprostredkované open-source knižnicou Kwant. Systém popisujeme rečou Bogoliubov-de Gennesových rovníc v diskretizovanom tvare. Pozorujeme javy ako tripletové Cooperové páry a štiepenie supravodivého píku.

Kľúčové slová: feromagnet, supravodivosť, Kwant, Bogoliubov-de Gennes, Andreevov odraz, Cooperove páry, rozptyl na rozhraní



KINETICKÝ MODEL DISOCIÁCIE FMN Z PROTEÍNOVEJ ŠTRUKTÚRY ASLOV2 A NÁSLEDNÉHO ROZPADU NA LUMICHRÓM

Nykyta Pop

Školiteľ¹: Mgr. Andrej Hovan, PhD.

*Katedra biofyziky, Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ, Košice, Jesenná 5,
04001*

Štúdium reaktívnych foriem kyslíka (ROS) a ich syntézy, ako je singletový kyslík ($^1\text{O}_2$), sa intenzívne sleduje s cieľom ich využitia vo fotodynamickej terapii (PDT). PDT zahŕňa použitie fotosenzibilizátora a lasera na vyvolanie reakcií v patologických bunkách, ktoré narúšajú ich krvné zásobovanie a vedú k ich zničeniu. Zatiaľ čo singletový kyslík sa zvyčajne spája so zhášacími reakciami v živých bunkách, cieľená stimulácia jeho produkcie sa využíva pri PDT, kde sú ochranné mechanizmy nedostatočné, čo vedie k procesom bunkovej smrti. Flavoproteíny, ktoré obsahujú fotosenzibilizátor flavínmononukleotid (FMN), sa intenzívne skúmajú z hľadiska ich potenciálu v PDT vďaka ich modifikovateľnosti na ciele na tkanivo a transport FMN. V našom výskume sa skúma uvoľňovanie FMN z flavoproteínu AsLOV2 pri slabom kontinuálnom laserovom žiarení. Fluorescenčné merania naznačujú svetlom indukovanú transformáciu FMN na lumichróm, prevažne pri ožarovaní modrým laserom. Hoci AsLOV2 slúži skôr ako transportér lumichrómu než ako nosič FMN pri kontinuálnom laserovom žiarení, tento jav ponúka poznatky pre budúce štúdie PDT.

Literatúra:

1. Torra, J., Lafaye, C., Signor, L. *et al.* Tailing miniSOG: structural bases of the complex photophysics of a flavin-binding singlet oxygen photosensitizing protein. *Sci Rep* **9**, 2428 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38955-3>
2. Petrenčáková, M., Filandr, F., Hovan, A. *et al.* Photoinduced damage of AsLOV2 domain is accompanied by increased singlet oxygen production due to flavin dissociation. *Sci Rep* **10**, 4119 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60861-2>

Kľúčové slová: ROS, PDT, AsLOV2, FMN, Lumichróm



Priamy experimentálny dôkaz dvoj-medzerovej supravodivosti v systéme La_3Se_4

Natália Potomová

Školiteľ: Pavol Szabó

¹Ústav experimentálnej fyziky SAV, Park Angelinum 9, 040 01, Košice,
Slovenská republika

²Ústav experimentálnej fyziky SAV, Park Angelinum 9, 040 01, Košice,
Slovenská republika

Cieľom tejto práce bolo experimentálne štúdium supravodivých vlastností necentrosymetrického supravodiča La_3Se_4 . Nakoľko v necentrosymetrických supravodičoch môžeme očakávať prítomnosť viacpásovej supravodivosti, v našich štúdiách sme sa sústredili na výskum supravodivej energetickej medzery metódou mikrokontaktovej spektroskopie. Na nameraných mikrokontaktových spektrách sme pozorovali štiepenú supravodivú medzerovú štruktúru, ktorá môže byť spojená s prítomnosťou dvoch rôznych supravodivých fáz, alebo dvoj-medzerovou supravodivosťou. Meraniami teplotných a magnetických závislostí mikrokontaktových spektier sa nám podarilo v priamom experimente ukázať, že nami pozorované energetické medzery sa zatvárajú pri rovnakej hodnote kritickej teploty objemovej vzorky. To svedčí o prítomnosti unikátnej dvoj-medzerovej supravodivosti v systéme La_3Se_4 . Naše výsledky prinášajú prvý priamy experimentálny dôkaz existencie viacpásovej supravodivosti v necentrosymetrických supravodičoch.

- [1] M. Naskar et al., “Experimental and first-principles studies on superconductivity in noncentrosymmetric La_3Se_4 ,” Phys Rev B, vol. 105, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.1103/PhysRevB.105.014513.
- [2] P. Samuely et al., Kryofyzika a Nanoelektronika. Košice: Ústav experimentálnej fyziky SAV, 2011. ISBN 978-80-968060-9-6
- [3] M. Tinkham, Introduction to Superconductivity. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1996. ISBN 0-07-064878-6
- [4] G. Blonder, M. Tinkham, and T. Klapwijk, “Transition from metallic to tunneling regimes in superconducting microconstrictions: Excess current, charge imbalance, and supercurrent conversion,” Phys Rev B, vol. 25, pp. 4515–4532, 1982.
- [5] P. Szabó et al., “Evidence for two superconducting energy gaps in MgB_2 by point-contact spectroscopy,” Phys Rev Lett, vol. 87, no. 13, 2001, doi: 10.1103/PhysRevLett.87.137005.



Robotické vozítko pro lokaziaci zdrojů ionizujícího záření

Matěj Prokop¹

Školitel: Jan Boulím²

¹ FJFI ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha 1, Česká republika

² FBMI ČVUT, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno 2, Česká republika

V případě kontaminace prostředí radioaktivními látkami je třeba lokalizovat její zdroje a vyhodnotit jejich nebezpečnost. Tato práce se věnuje sestavení robotického vozítka vybaveného detektorem Timepix3 sloužícího k mapování radiační kontaminace. Byly vytvořeny algoritmy pro autonomní hledání zdrojů ionizujícího záření ve vnitřním prostředí s překážkami. Pro případ úspěšného nalezení zdroje byla také navržena procedura k jeho hlubší analýze. Nakonec bylo provedeno testování vytvořených algoritmů v prostředí laboratoře.

Klíčové slová: Radiační kontaminace, robotické vozítko, detektor Timepix3, robotické vidění, automatizace měření



Určovanie exhalačnej rýchlosti ^{222}Rn a CO_2 z pôdy pre lokalitu FMFI UK použitím rôznych prístupov

Katarína Raková¹

Školiteľ: Terézia Eckertová¹

¹ Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Z hľadiska štúdia globálneho uhlíkového cyklu je dôležité presnejšie kvantifikovať exhalácie CO_2 z pôdy pre väčšie územné celky. Spolu s CO_2 sa z pôdy uvoľňuje aj inertný rádioaktívny plyn ^{222}Rn . Poznatky o exhalácii ^{222}Rn sa dajú použiť na určenie exhalačnej rýchlosti CO_2 v tzv. radómom kalibrovannej metóde (RKM). Využitím meraných hodnôt exhalácií ^{222}Rn a CO_2 z priestoroch meteozáhradky FMFI UK sme otestovali teoretické vzťahy na výpočet exhalačných rýchlostí týchto plynov.

Kľúčové slová: Exhalačná rýchlosť ^{222}Rn a CO_2 z pôdy, Kontinuálne merania, Bodové odbery, Difúzny koeficient ^{222}Rn



Skúmanie elektrického odporu grafitových čiar

Autor: Bc. Katarína Revická

Školiteľ: doc. RNDr. Marián Kireš, PhD.

Oddelenie didaktiky fyziky, Ústav fyzikálnych vied UPJŠ, Park Angelinum 9, Košice,
Slovenská republika

V našej práci predstavujeme a rozširujeme pomerne známy experiment, ktorým dokazujeme, že čiary nakreslené ceruzkou vedú elektrický prúd. V domácej príprave si žiaci ujasnia pojem elektrický odpor a vyhľadajú informácie o rôznych druhoch túh používaných v ceruzkách. Domáce samoštúdium je ukončené zodpovedaním kontrolných otázok a voľbou pracovných stanovišť pre školské objavovanie. Na vyučovacej hodine žiaci pracujú v skupinách, metódou riadeného bádania. Všetci žiaci si na začiatku aktivity osvoja základy práce s multimetrom pri meraní elektrického odporu vodiča. Následne skúmajú závislosť elektrického odporu grafitovej čiary od jej dĺžky, od tvrdosti ceruzky, od počtu ťahov použitých na nakreslenie čiary. K dispozícii sú aj aktivity na skúmanie paralelného zapojenia grafitových čiar a netradičná úloha smerujúca k vyjadreniu približnej hodnoty čísla π z merania elektrického odporu grafitových čiar. V závere aktivít žiaci v spoločnej diskusii objavujú vzťah pre závislosť elektrického odporu vodiča od jeho dĺžky, materiálu a plošného prierezu.

[1] P. Damjanovic, V. Veljic, A. Aloric: Conducting lines - drawable conductors as a source of active learning activities, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.13064>

[2] V. Sbekhawat: Graphite-paper circuit elements: Resistor, capacitor, and π value estimation, The Physics Teacher 61,154 (2023)

Kľúčové slová: Turnaj mladých fyzikov, elektrický odpor, bádateľsky orientované vyučovanie zmiešaná výučba,



Prírodovedná gramotnosť v kontexte experimentálnej činnosti na gymnáziách

Patrik Rezák¹

Školiteľ: Klára Velmovská¹

¹ KDMFI, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Prírodovedná gramotnosť nám môže pomôcť nie len pochopiť zákonitosti, ktoré platia vo svete okolo nás, ale môže nám aj pomôcť skúmať tieto zákonitosti, objavovať ich a zaujať postoj k poznatkom z nich vyplývajúcich. Príspevok sa zaoberá spôsobilosťami vedeckej práce a analýzou ich výskytu v experimentálnej činnosti žiakov na gymnáziách. V rámci teoretickej časti sme sa na začiatku zaoberali prírodovednou gramotnosťou, konkrétne stručnou históriou tohto pojmu a jeho zadefinovaním z pohľadu rôznych autorov a organizácií. Prírodovednú gramotnosť sme následne rozobrali na jej jednotlivé zložky, pričom sme sa pozreli bližšie na spôsobilosti vedeckej práce a ich výskyt v štátnom vzdelávacom programe. V praktickej časti sme formou pološtruktúrovaného rozhovoru skúmali zastúpenie jednotlivých spôsobilostí vedeckej práce pri experimentálnej činnosti žiakov na gymnáziách s cieľom zistiť, ktoré spôsobilosti sú u žiakov učiteľmi v rámci vyučovania fyziky najviac rozvíjané.

Kľúčové slová: prírodovedná gramotnosť, spôsobilosti vedeckej práce, výkonový štandard.



Základný modul FuseNetu pre vyučovanie jadrovej fúzie

Tomáš Rudinský¹

Školiteľ: Viera Haverlíková¹

¹ KDMFI, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Príspevok predstavuje analýzu vzdelávacieho materiálu organizácie FuseNet - základný modul pre vyučovanie jadrovej syntézy na gymnáziách. V príspevku predstavíme analýzu uvedeného vzdelávacieho materiálu pozostávajúceho z metodickéj príručky pre učiteľa, učebného textu pre žiakov, doplnkových cvičení a prezentácie určenej na vyučovanie.

Vzdelávacie materiály organizácie FuseNet nie sú na Slovensku príliš známe, čo je spôsobené najmä tým, že tieto materiály dosiaľ neboli preložené z angličtiny do slovenčiny. V rámci prípravy našej diplomovej práce sme sa rozhodli preložiť základný modul materiálu FuseNet z oblasti syntézy jadier, ktorý nám slúžil ako inšpirácia na tvorbu návrhu vlastného podporného vzdelávacieho materiálu z oblasti termonukleárnej syntézy umožňujúceho porozumenie procesu jadrovej fúzie a jeho potenciálneho využitia v energetike. Preklad sme odovzdali na korektúru do organizácie FuseNet, kde v súčasnosti prechádza korektúrou zo strany slovenských odborníkov, aby ho následne mohla používať širšia pedagogická komunita. V súčasnosti je na stránke organizácie FuseNet k dispozícii anglická jazyková verzia. Okrem nej je k dispozícii nemecký preklad, preklad do holandského jazyka, dánsky preklad, taliansky preklad a preklad do ukrajinského jazyka. Vďaka prekladu do slovenského jazyka a po úspešnom schvaľovacom procese organizáciou FuseNet sa Slovensko zaradi do tejto skupiny.

V príspevku bližšie opíšeme analýzu jednotlivých častí základného modulu pre vyučovanie témy jadrová syntéza na gymnáziách. V závere prinášame porovnanie so Štátnym vzdelávacím programom z fyziky, z Cieľovými požiadavkami na vedomosti a zručnosti maturantov z fyziky a so spracovaním tejto témy v súčasnosti používanej učebnici fyziky.

Kľúčové slová: gymnázium, jadrová fúzia, FuseNet, učebné materiály



Threshold anomaly in Quantum Space

Patrik Rusnák¹

Školiteľ: Samuel Kováčik²

¹ FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48

² Katedra teoretickej fyziky, FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48

In October 2022, a significant challenge to the principles of special relativity emerged with the detection of a high-energy photon at LHAASO. According to conventional understanding, such a detection should have been impossible due to the attenuation caused by CMB photons. While theories like doubly special relativity provide some explanation, we sought to investigate the Quantum Space (QS) theory as a potential solution to this anomaly. Our exploration led us to derive a modified dispersion relation from the energy-momentum relation within QS, which aligns with dispersion relations proposed in other theories. By assuming a correction to this dispersion relation, we could ascertain the lower limit of the scaling parameter in QS theory simply by knowing the energy of the observed photon.

Kľúčové slová: GRB221009A, vacuum dispersion, quantum space, ŠVK



Kvantitatívna analýza monoklonálnych protilátok vo farmaceutických matriciach metódou kapilárnej elektroforézy v spojení s hmotnostnou spektrometriou

Hana Škúciová¹

Školiteľ: Jana Havlíková²

¹ inštitút, adresa, Slovenská republika

² Katedra farmaceutickej analýzy a nukleárnej farmácie, Farmaceutická fakulta UK, Odbojárov 10, 832 32 Bratislava, Slovenská republika

Terapeutické monoklonálne protilátky (mAbs) sú biomolekuly, ktoré sa používajú na liečbu mnohých typov ochorení. Ako biomolekuly náchylné na zmenu štruktúry preto musia pred podaním pacientovi prejsť kontrolou kvality. Prezentovaná práca je zameraná na využitie kapilárnej elektroforézy (CE) a hmotnostnej spektrometrie (MS) na kvantitatívnu analýzu mAbs vo farmaceutickej matrici. V príprave vzorky je využitá "middle-up" metóda, pri ktorej dochádza k rozdeleniu disulfidovej väzby medzi ľahkým a ťažkým reťazcom mAbs. MAb infliximab (IFX) bola redukovaná pomocou redukčného činidla tris(2-carboxyetyl)fosfín (TCEP) pri podmienkach 37 °C po dobu 1 h. Pri optimalizácii separačných podmienok boli skúmané dva elektrolytové systémy kyselina mravčia a octová v rôznych koncentráciách, pričom boli testované aj rôzne separačné napätia. Výsledky ukazujú 1 M kyselinu mravčiu ako optimálny elektrolytový systém a 25 kV ako najvhodnejšie separačné napätie. S optimalizovanými parametrami boli získané aj ďalšie dáta, ktoré boli spracované pre stanovenie obsahu IFX vo farmaceutickej matrici. Analytická metóda použitá v tejto práci sa vyznačuje minimálnou spotrebou vzorky a kombinuje vysokú separačnú účinnosť CE-MS s "middle-up" predúpravou mAb, pričom predstavuje nový spôsob kvantitatívnej analýzy mAb v liekových formách.

Kľúčové slová: kapilárna elektroforéza, hmotnostná spektrometria, infliximab

¹ skuciova3@uniba.sk

² jana.havlikova@uniba.sk



Analysis of the data from the M20 experiment: Experimental study of isomeric states in ^{179}Au

Magdaléna Šolcová^{2, 1}
Supervisor: Martin Venhart¹

¹ Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 9, 845 11 Bratislava, Slovakia

² Department of Nuclear Physics and Biophysics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics
of Comenius University, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovakia

The study of nuclear deformation and shape coexistence is currently one of the active research fields in nuclear physics. Related to these phenomena is also nuclear isomerism, i. e. occurrence of long-lived excited states in atomic nuclei. From the point of view of nuclear structure research, neutron-deficient odd-mass isotopes from the $Z = 80$ region, among others, are of interest and have been the subject of several experiments. One of them was the M20 experiment, performed at the University of Jyväskylä (Finland), which investigated the ^{179}Au isotope. Several isomeric states had already been discovered in this isotope earlier. This work focuses on a partial analysis of the data from this experiment in order to verify the previous results concerning the particular isomeric states in ^{179}Au .

Keywords: Nuclear structure, gamma-ray spectroscopy, isomeric states



Přepínání elektrické polarizace v moiré feroelektrikách pomocí expozice elektronovým svazkem

Kateřina Tetalová¹

Školitel: Klára Uhlířová¹

¹ Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra fyziky kondenzovaných látek, Ke Karlovu 5, 121 16 Praha 2, Česká republika

Předmětem této diplomové práce je studium materiálů VPbS_3 a CrBiS_3 , vrstevnatých sloučenin s nesouměřitelnou krystalovou strukturou, s důrazem na VPbS_3 . Jak se nám nedávno podařilo ukázat [1], tento materiál vykazuje známky skluzové feroelektricity, což je nový druh feroelektricity typický pro materiály s van der Waalovou vazbou, který byl teprve nedávno teoreticky predikován [2] a následně experimentálně potvrzen např. v [3]. Pro objemové krystaly se však jedná o zcela výjimečný objev, neboť prozatím se skluzové feroelektricity dosahovalo pouze umělým uspořádáváním vrstev 2D materiálů na sebe s přesně definovaným malým úhlem pootočení. Doménovou strukturu VPbS_3 lze zobrazit pomocí mikroskopie atomárních sil i skenovací elektronové mikroskopie. Z našich testů vyplývá, že domény je možné přepolarizovat litografií elektronovým svazkem. U objemových krystalů je možné domény přepolarizovat s nábojovými hustotami řádově od několika stovek $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ a s urychlovacím napětím typicky od 20 kV. Exfoliované krystaly jsou na parametry litografie citlivější. Možnost přepolarizace doménové struktury má velký význam z hlediska uplatnění skluzových feroelektrik ve feroelektrických zařízeních a funkčních površích.

Naší hypotézou je, že i ostatní vrstevnaté sloučeniny s nesouměřitelnou krystalovou strukturou by mohly vykazovat známky skluzové feroelektricity. Jejím potvrzení přispívá, že jsme skluzovou feroelektricitu prokázali i u materiálu CrBiS_3 . Doménovou strukturu CrBiS_3 je také možné přepolarizovat pomocí litografie elektronovým svazkem, ale díky vyššímu odporu lze používat nábojové hustoty již v řádu desítek $\mu\text{C}/\text{cm}^2$.

[1] Cinthia A. Corrêa et al., <https://arxiv.org/abs/2306.14446> (2023)

[2] Lei Li and Menghao Wu, *ACS Nano*, (June 2017) 11(6):6382-6388.

[3] M. Vizner Stern et al., *Science*, (2021) 372(6549):1462-1466.

Klíčová slova: VPbS_3 , skluzová feroelektricitá, van der Waalova vazba, nesouměřitelná krystalová struktura, AFM, litografie elektronovým svazkem



Determining the mineralogical density of meteoroids

Tomáš Vörös¹

Školiteľ: Juraj Tóth¹

¹ FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Meteoroids are natural objects orbiting the Sun, with their sizes ranging from 1 metre to 30 micrometres. Usually they have porous structure and therefore their density can be defined in two ways: bulk density as mass divided by volume of the whole body, and mineralogical density as mass divided only by volume of the material itself, disregarding the voids inside. We will present a method of determining the latter which is based on solving the heat equation in meteoroid during the preheating phase, i.e. before it is visible as a meteor. In our numerical integration, we assume that meteoroids are homogeneous spheres and simulate effects that influence the process of preheating, namely we take into account the temperature dependence of thermophysical properties of materials, radiation of a black body, and the atmospheric density profile as calculated by an atmospheric model. We utilise data from the AMOS all-sky cameras operated by our faculty to simulate a few testing meteoroids and find which mineralogical density offers the best fit to the observation.

Kľúčové slová: meteoroids, density, heat equation

14. česko-slovenská študentská vedecká konferencia vo fyzike

Zborník abstraktov

Zostavovatelia: doc. RNDr. Adriana Zelenáková, PhD.
doc. RNDr. Zuzana Ješková, PhD.
doc. RNDr. Adela Kravčáková, PhD.
RNDr. Gabriela Fabriciová, PhD.
doc. RNDr. Erik Čižmár, PhD.
RNDr. Róbert Tarasenko, PhD.
Ing. Jaroslava Szúcsová, PhD.
RNDr. Ľuboš Nagy, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Rok vydania: 2024
Počet strán: 47
Rozsah: 2,08 AH
Vydanie: prvé

ISBN 978-80-574-0307-4 (e-publikácia)

