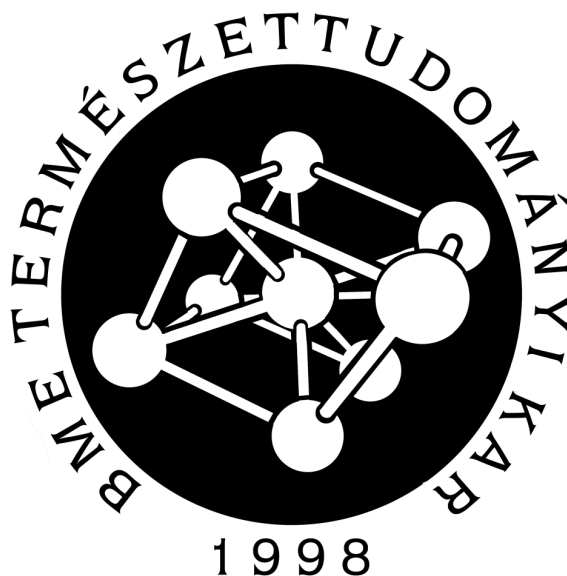




M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Természettudományi Kar



2011. november 16.

A 2011. évi Tudományos Diákköri Konferencia kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

A konferencia díjazását a BME VIKING Villamosmérnöki és Informatikai Kutató-fejlesztő Zrt. Támogatta.



TARTALOMJEGYZÉK

NAPIREND	5
ELMÉLETI FIZIKA SZEKCIÓ	7
KÍSÉRLETI FIZIKA – OPTIKA SZEKCIÓ.....	17
KOGNITÍV TUDOMÁNYI SZEKCIÓ.....	29
DISZKRÉT MATEMATIKA SZEKCIÓ	35
FOLYTONOS MATEMATIKA SZEKCIÓ.....	43
NUKLEÁRIS TECHNIKA SZEKCIÓ.....	51
ORVOSI FIZIKA SZEKCIÓ.....	59

NAPIREND

Az előadások hossza 15 perc + 10 perc diszkusszió!

A hallgatók előadásai

08³⁰ - 12⁵⁵ A szekcióknál megadott helyszíneken
A kezdési időpont szekciónként eltérő!

Bizottsági ülés a szekcióelnökök részvételével

14⁰⁰ F ép. III. lph. mfszt. 1. (Fizikai Intézeti Szemináriumi szoba)

Eredményhirdetés

17³⁰ F ép. F29 terem

ELMÉLETI FIZIKA SEKCIÓ

Helyszín: F. ép. F29.

- Zsúri elnök:** Dr. Kertész János, intézetigazgató, egyetemi tanár
BME Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Szunyogh László, tanszékvezető, egyetemi tanár
BME Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék
- Dr. Domokos Péter, vezető kutató
MTA KFKI, Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet,
Kvantumoptikai és Kvantuminformatikai Osztály

- 09⁰⁰** Kökényesi Zoltán, MSc I. évf., *Három-qubit kevert állapotok összefonódása*
Konzulens: Szalay Szilárd, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 09²⁵** Mándi Gábor, Msc. III. évf., *Pályafüggő lecsengés pásztázó alagútmikroszkóp szimulációjában*, Konzulens: Dr. Palotás Krisztián, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 09⁵⁰** Németh Márton, MSc. II. évf., *Kvantumrendszerek komplexitása*
Konzulens: Dr. Varga Imre, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 10¹⁵** Rózsa Levente, MSc II. évf., *Atomi spindinamika véges hőmérsékleten*
Konzulens: Dr. Udvardi László, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 10⁴⁰** 15 perc szünet
- 10⁵⁵** Sárosi Gábor, MSc. II. évf., *Az attraktor mechanizmus és a fekete lyuk qubit megfelelés*, Konzulens: Dr. Lévay Péter Pál, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 11²⁰** Simon Tamás, MSc I. évf., *Nitrogén-vakancia hiba vizsgálata gyémántrácsban kvantummechanikai számításokkal*
Konzulens: Dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék
- 11⁴⁵** Somogyi Bálint, MSc. II. évf., *Félvezető biomarkerek vizsgálata első elvű számításokkal*, Konzulens: Dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék
- 12¹⁰** Werner Miklós Antal, MSc II. évf., *Topologikus fázisátalakulás és a Thouless-formula vizsgálata kvantum-Hall rendszeren*
Konzulens: Dr. Zaránd Gergely, BME Elméleti Fizika Tanszék

Három-qubit kevert állapotok összefonódása

Kökényesi Zoltán, MSc I. évf.

Konzulens: Szalay Szilárd, BME Elméleti Fizika Tanszék

A kevert kvantumállapotok összefonódása a közelmúlt és napjaink aktívan kutatott területe. A legegyszerűbb eset két qubit kevert állapota, melynek összefonódása –köszönhetően néhány matematikai „véletlen” egybeesésnek – teljesen expliciten jellemezhető egyetlen valós függvényvel, az úgynevezett Wootters-konkurrenciával. Ha a rendszer kicsit nagyobb, például nagyobb dimenziójú részrendszerek esetén, akkor az összefonódásra már nem ismert ilyen expliciten megadott függvény. A részrendszerek számának növelése pedig – mely a bonyolódás másik iránya, – magának az összefonódásnak a struktúráját teszi sokkal bonyolultabbá már tiszta állapotokra is. A három-qubit rendszer azért nagyon érdekes, mert itt már jelentkeznek ezek a „különböző módon összefonó” – különböző összefonódási osztályba tartozó – állapotok, és a tiszta állapotok osztályozása megfelelő expliciten megadott valós függvényekkel teljesen kidolgozott. Viszont kevert állapotokra csak az úgynevezett „convex roof extension” nevű módszerrel, implicit módon lehet megadni összefonódást jól jellemző függvényeket a tiszta állapotokat jellemző függvényekből. Ezeknek a függvényeknek a kiértékelésére néhány speciális egyszerű esettől eltekintve csak numerikus lehetőségeink vannak.

A dolgozatban áttekintjük a kvantum összefonódás elmélet alapjait, és ezek alacsony-dimenziós Hilbert-terekre való alkalmazását. Bemutatjuk a két- és három-qubit rendszerek összefonódását mind tiszta, mind kevert állapotokra. Áttekintjük az irodalomban található ezzel kapcsolatos fontosabb eredményeket, valamint három-qubit kevert állapotok több speciális kétparaméteres családján alkalmazunk néhány, az irodalomból ismert módszert az összefonódottság vizsgálatára. Többek között numerikus módszerekkel meghatározzuk a tiszta állapotokat jellemző fontosabb függvények kevert állapotokra való kiterjesztéseit, és ezeket összevetjük a különböző összefonódási osztályokat részben jellemző kritériumokkal.

Irodalom:

1. William K. Wootters, „Entanglement of Formation of an Arbitrary State of Two Qubits”, Phys. Rev. Lett. 80, 2245–2248 (1998)
2. Valerie Coffman, Joydip Kundu, and William K. Wootters, „Distributed entanglement”, Phys. Rev. A 61, 052306 (2000)
3. Beat Röthlisberger, Jörg Lehmann, and Daniel Loss, „libCreme: An optimization library for evaluating convex-roof entanglement measures”, arXiv:1107.4497v1 [quant-ph]
4. Szilárd Szalay, „Separability criteria for mixed three-qubit states”, Phys. Rev. A 83, 062337 (2011)

Pályafüggő lecsengés pásztázó alagútmikroszkóp szimulációjában

Mándi Gábor, Msc. III. évf.

Konzulens: Dr. Palotás Krisztián, BME Elméleti Fizika Tanszék

A pásztázó alagútmikroszkóp (STM) napjaink egyik leghasznosabb és legelterjedtebb felületi anyagvizsgáló eszköze az atomi- és nanoméret tartományban. A mágneses kutatás számára fontos spin-polarizált STM kísérleti alkalmazása terén jelentős előrelépés történt az utóbbi 5 évben, melynek során felületi komplex mágneses struktúrák (pl. frusztrált antiferromágnesek, spin spirálok) feltérképezése vált lehetővé [1,2]. Az ilyen rendszerek mágneses alapállapota meghatározható a számítógépes fizika keretein belül, pl. sűrűségfüggvény-elméleten alapú elektronszerkezet-számítás használatával. A kapott mágneses struktúrák kísérletekkel való direkt összehasonlítása az STM szimuláció segítségével valósítható meg. Az alap kutatások célja nagy sűrűségű mágneses adattároláshoz szükséges jelenségek megértése.

TDK munkám során továbbfejlesztettem a témavezetőm által készített szimulációs programot [3] olyan módon, hogy az figyelembe veszi a különböző elektronpályákról (s,p,d) alagutazó elektronok hullámfüggvényének lecsengését azok térbeli lokalizáltságának függvényében [4]. A módszer kis számítási igényű és rendkívül hatékony, valamint összekombinálható tetszőleges elektronszerkezet-számító programcsomaggal. Munkám során volfrám (110) felületet vizsgáltam különféle túmodellekkel, melynek során megállapítható, hogy a pályafüggő lecsengésnek fontos szerepe van az elektronok alagutazásában. Kvalitatív magyarázatot lehet adni az úgynevezett korrugáció inverzió jelenségére, amely jól egyezik más elméleti és kísérleti eredményekkel [5]. Ez az effektus egyáltalán nem figyelhető meg szférikus lecsengést feltételezve. Az új módszerrel meghatároztam azt az alagútfeszültséget, ahol a korrugáció inverzió történik, és ennek a feszültségnek a mintától való távolságfüggését is vizsgáltam. Ezen eredmények STM mérések kiértékelésénél és értelmezésénél nyújthatnak segítséget.

A továbbiakban a módszert mágneses struktúrák feltérképezésére tervezem alkalmazni különböző mágneses tú modellek használatával.

Irodalom:

1. R. Wiesendanger, „Spin mapping at the nanoscale and atomic scale”, Rev. Mod. Phys. 81, 1495 (2009)
2. W. Wulfhekel et al., „Investigation of non-collinear spin states with Scanning Tunneling Microscopy”, J. Phys. Cond. Matt. 22, 084021 (2010)
3. K. Palotas et al., „Simulation of spin-polarized Scanning Tunneling Microscopy on complex magnetic surfaces: Case of a Cr monolayer on Ag(111)”, <http://arxiv.org/abs/1107.2581> (2011)
4. C.J. Chen, „Tunneling matrix elements in three-dimensional space: The derivative rule and the sum rule”, Phys. Rev. B. 42, 8841 (1990)
5. S. Heinze et al, „Prediction of bias-voltage-dependent corrugation reversal for STM images of bcc (110) surfaces: W(110), Ta(110), and Fe(110)”, Phys. Rev. B. 58, 16432 (1998)

Kvantumrendszerek komplexitása

Németh Márton, MSc. II. évf.

Konzulens: Dr. Varga Imre, BME Elméleti Fizika Tanszék

A komplexitás fizikai rendszerek bonyolultságát, struktúráját kvalitatív módon jellemző mennyiség. Kvantum-rendszerekben a valószínűségi eloszlás analíziséből indulhatunk ki, és információ-elméleti eszközök segítségével tanulmányozhatjuk azokat. A téma kutatásának célja, hogy az információ-elméleti fogalmak kvantumfizikai értelmet nyerjenek. A cél elérése érdekében elsősorban jól ismert, és megoldható fizikai problémák esetében meghatározzuk a komplexitást jellemző mérőszámokat. Ilyen mérőszámoknak tekintjük a Fisher-információt, a szórást, az LMC-komplexitást, és a szerkezeti entrópiát. Ezen mennyiségeket tanulmányozzuk egy- és háromdimenziós problémák esetében.

Dolgozatom elején bemutatom a vizsgálandó információ-elméleti mennyiségeket, különös hangsúlyt fektetve az utóbbi években egyre gyakrabban használt LMC-komplexitásra [1], valamint a korábban született, de eddigiekben más megfontolásból definiált és használt szerkezeti entrópiára. [2] Ezen mennyiségek jelentésére, és létrejöttére világos, fizikai interpretációt adok.

Dolgozatom második részében egydimenziós problémákkal foglalkozom. Elsőként a dobozba-zárt részecske példáján mutatom meg a mennyiségek egyszerűbb tulajdonságait, például az LMC-komplexitás, és szerkezeti entrópia replikációval szembeni invarianciáját. Ezután áttérek a harmonikus oszcillátor problémájára, amely esetben megmutatom, hogyan viselkednek a mérőszámok klasszikus határátmenet, azaz magasan gerjesztett állapotok esetén. Mindezek után áttérek egy a szakirodalomban ritkán tárgyalt esetre, a két-delta potenciálra, mely két atomos potenciál legegyszerűbb modellje. A két-delta potenciál érdekessége, hogy segítségével megvizsgálhatjuk, a hullámfüggvény struktúrájának alakulását a delták távolságának függvényében.

A továbbiakban a háromdimenziós harmonikus oszcillátor illetve a hidrogén atom állapotait tanulmányozom. Bár mindkét esetben az impulzusmomentumnak is fontos szerepe van, az utóbbi probléma esetén újfajta tulajdonságot találtam közbenső mellék-kvantumszám értékek esetén.

A dolgozat befejező része egy kitekintés a kvantum-optika irányába. Ezen fejezet részeként megmutatjuk, hogy a sűrűség-mátrixszal leírható rendszerekben hogyan értelmezhető a strukturális-entrópia, valamint megvizsgálunk egy konkrét időfüggő modellt, Jaynes-Cummings-modellt. A vizsgálat hozzájárul a modell jobb megértéséhez.

Irodalom:

1. R. López-Ruiz, H.L. Mancini, X. Calbet, Physics Letters A, 209, p.321, 1995.
2. János Pipek, Imre Varga Physical Review A 46 3148-3164, 1992

Atomi spindinamika véges hőmérsékleten

Rózsa Levente, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Udvardi László, BME Elméleti Fizika Tanszék

A mágneses anyagok viselkedése mind elméleti, mind alkalmazási szempontból nagy jelentőséggel bír, napjainkban is széles körben kutatott terület. A gyakorlati felhasználás egyik legelterjedtebb formája az adattárolás, melynél egyre nagyobb adatsűrűséget igyekeznek elérni (merevlemezek, MRAM). A különböző fizikai paraméterekkel rendelkező anyagok vizsgálatára alkalmas eszköz a numerikus szimuláció, melynek segítségével akár atomi részletességgel felbontott kisebb anyagszemcsék, vékonyrétegek esetén is hasznos következtetések vonhatók le.

A dolgozatban alkalmazott módszer ezen rétegek véges hőmérsékletű szimulációjának egyik fajtája, a spindinamika, mely az egyszerűség kedvéért spinnek nevezett atomi mágneses momentumok időbeli változását vizsgálja a Landau-Lifshic-Gilbert-féle kváziklasszikus dinamikai egyenletek numerikus megoldásával. Ebben a képben a mágnesezettség az atomok körüli kis térfogatelemekre átlagolva jelenik meg, a szomszédos atomok közötti kölcsönhatást egy általánosított (tenzoriális csatolású) Heisenberg-modellnek megfelelő Hamilton-függvény írja le. Véges hőmérsékleten bizonyos gyorsan változó mennyiségek (vezetési elektronok, fononok, magspin hatása) úgy vehető figyelembe, ha az egyenleteket fehér zajjal egészítjük ki, ekkor a sztochasztikus Landau-Lifshic-Gilbert-egyenleteket kapjuk.

A dolgozat tárgya egy ferromágneses csatolású atomi réteg viselkedésének vizsgálata, ha azt egymásra merőleges statikus, illetve dinamikus mágneses térbe helyezzük, illetve a statikus tér amplitúdóját változtatjuk. Alacsony hőmérsékleten és kis amplitúdójú dinamikus gerjesztés mellett az egyenletek linearizálhatóak, és analitikusan megoldhatóak, a megoldásból pedig megkapható a ferromágneses iránytól való eltérés nagysága, amely magnonok megjelenését jelenti a rendszerben. A csatolási tenzorhoz antiszimmetrikus (Dzyaloshinsky-Moriya-kölcsönhatás), illetve szimmetrikus (dipól-dipól-csatolás) részek hozzáadásával ezek hatása is megjelenik a magnonspektrumban, illetve a gerjesztésre adott válaszban. Szintén szerepelnek a dolgozatban ezen paraméterekkel vett szimulációk eredményei abban az esetben, ha a rács nem szabályos, hanem abból néhány atom hiányzik, ez ugyanis a kapott válaszfüggvény megváltozását okozza. Végül néhány olyan eset is bemutatásra kerül, ahol egy általánosabb hullámszám- és frekvenciafüggő korrelációs függvény, a dinamikus struktúrafaktor kiszámításával jellemeztük a rendszert.

Irodalom:

1. B. Skubic, J. Hellsvik, L. Nordström, O. Eriksson: A method for atomistic spin dynamics simulations: implementation and examples. *Journal of Physics: Condensed Matter* 20 (2008), 315203
2. L. C. Evans: An Introduction to Stochastic Differential Equations.
<http://math.berkeley.edu/~evans/SDE.course.dvi> (egyetemi jegyzet)

Az attraktor mechanizmus és a fekete lyuk qubit megfelelés

Sárosi Gábor, MSc. II. évf.

Konzulens: Dr. Lévay Péter Pál, BME Elméleti Fizika Tanszék

Nemrégiben meglepő kapcsolatokat találtak az elméleti fizika két különböző területe, a kvantum-információelmélet és a húrelmélet között. Ennek során kiderült, hogy a többrészesekes összefonódottsági mértékek és a húrelméleti fekete lyuk entrópia formulák kapcsolatban állnak egymással. Kiderült ugyanis, hogy a húrelméletben felfedezett attraktor mechanizmus, melynek során az extra dimenziók fluktuációit leíró modulus terek stabilizálódnak az eseményhorizonton, elegáns módon megfogalmazható a kvantumos összefonódottság nyelvén.

A dolgozat első részében áttekintjük a szükséges összefonódottsági és húrelméleti alapokat, majd a három qubit formalizmust felhasználva az egyik legegyszerűbb, az ún. STU modell keretein belül illusztráljuk a moduli stabilizáció dinamikáját. Megmutatjuk, hogy attól függően, hogy a vizsgált fekete lyuk megoldások szuperszimmetrikusak, vagy nem, a megfelelő három qubit állapotok az eseményhorizonton speciális összefonódott állapotokat adnak. Az STU modell makroszkopikus fekete lyuk entrópiáját a három qubit összefonódottság elméletéből ismert Cayley féle hiperdetermináns segítségével írjuk fel.

Végezetül megkíséreljük a dinamikai egyenletek általános numerikus megoldását nem szuperszimmetrikus esetben.

Irodalom:

1. M. J. Duff, Phys. Rev. D76, 025017 (2008)
2. M. J. Duff, J. T. Liu and J. Rahmfeld, Nucl. Phys. B459, 125 (1996)
3. R. Kallosh and A. Linde, Phys. Rev. D73, 104033 (2006)
4. P. Lévay, Phys. Rev. D74, 024030 (2006)
5. E. G. Gimon, F. Larsen and J. Simon, Journal of High Energy Physics, 081, 040 (2008)
6. P. Lévay and Sz. Szalay, Phys. Rev. D82, 026002 (2010)

Nitrogén-vakancia hiba vizsgálata gyémántrácsban kvantummechanikai számításokkal

Simon Tamás, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Gali Ádám, BME Elméleti Fizika Tanszék

A tömbi és nanoméretű kristályokban fellelhető ponthibák nagy jelentőséggel bírnak a spintronika és kvantum informatika számára. A tökéletes kristály megbontásával kísérletileg elő lehet állítani olyan néhány spinből álló rendszereket, amikkel például kvantum információt tárolhatunk el, el, ami a kvantum informatikai alkalmazások szempontjából döntő fontosságú [1]. A negatív töltésű nitrogén-vakancia (NV) hiba a gyémántban egy kiemelkedő jelölt a qubit koncepció megvalósítására: spinállapota koherens módon manipulálható, illetve kiolvasható optikai módon, még hozzá szobahőmérsékleten. Ezen tulajdonsága egyben alkalmassá teszi nanoméretű magnetométerként való felhasználásra, illetve környező magspinekkal együtt kvantumállapotok hosszú ideig tartó tárolására [1],[2].

Az NV centrum úgy keletkezik, hogy gyémántot vagy elektronokkal vagy más ionokkal besugározzuk, majd magas hőmérsékleten hőkezeli. A besugárzás hatására a gyémántban vakanciák keletkeznek, és magas hőmérsékleten egy részük a gyémántban természetes módon is jelen lévő nitrogén mellé tud vándorolni. Az így kapott stabil ponthibát hívjuk NV hibának, amely gyakran negatívan töltött. A negatívan töltött NV komplexumot nevezzük röviden NV centrumnak. Az NV centrum elektronszerkezete különleges a ponthibák körében: triplett elektronspin az alapállapota, amely optikailag spin-polarizálttá tehető, és ezáltal kis mágneses terek nT pontosságú mérésére teszi alkalmassá [2]. A negatívan töltött állapotot a hiba feltehetően az izolált nitrogén donor hibáktól nyeri.

A spin-polarizáció a hibában természetes módon jelen lévő nulltér-felhasadás miatt lehetséges, vagyis a különböző irányú spinbeállításokhoz tartozó állapotok energiaszintje felhasad már külső mágneses tér hiányában is. A gyakorlati felhasználás szempontjából elengedhetetlen, hogy pontosan ismerjük a nulltér-felhasadási tenzor viselkedését a környezeti hatásokkal szemben. Friss kísérleti eredmények [3] a nulltér-felhasadási állandó hőmérsékletfüggésének vizsgálatából arra engednek következtetni, hogy a nitrogén-vakancia hiba a tömbi gyémántnál nagyobb lokális hőtágulással rendelkezhet. A jelen TDK dolgozat célja a kísérleti jelenség értelmezése: ab-initio DFT szimulációval próbálunk választ keresni a lokális rezgési módusok szerepére, illetve ezen keresztül megvizsgálva azt, hogy a lokális rezgések anharmonicitása hogyan befolyásolhatja a hibában fellépő nulltér-felhasadást.

Irodalom:

1. D. R. McCamey, J. Van Tol, G. W. Morley, and C. Boehme, Electronic Spin Storage in an Electrically Readable Nuclear Spin Memory with a Lifetime >100 Seconds, *Science* 17 December 2010: 330 (6011), 1652-1656.
2. Taylor J. M., Cappellaro P, Childress L, Jiang L, Budker D, Hemmer P R, Yacoby A, Walsworth R and Lukin M D, 2008 High-sensitivity diamond magnetometer with nanoscale resolution *Nat. Phys.* 4 810–6
3. V. M. Acosta, E. Bauch, M. P. Ledbetter, A. Waxman, L.-S. Bouchard, and D. Budker, Temperature dependence of the nitrogen-vacancy magnetic resonance in diamond, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 104, p. 070801, Feb 2010.

Félvezető biomarkerek vizsgálata első elvű számításokkal

Somogyi Bálint, MSc. II évf.

Konzulens: Dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék

Az élő szervezetekben lejátszódó biológiai folyamatok természetének megértéséhez sokszor molekuláris szinten kell vizsgálnunk őket. Számos halálos vagy gyógyíthatatlan betegség hozható összefüggésbe rossz térszerkezetű molekulákkal. E betegségek kialakulásának megismerését és a gyógymód megtalálását nagyban elősegítené, ha detektálni tudnánk a betegség szempontjából fontos molekulákat. Ennek egyik, már régebb óta nagy sikerrel alkalmazott módja a fluoreszcencia elvén működő biomarkerek alkalmazása, melyeket egy adott hullámhosszú fényvel gerjesztve, egy alacsonyabb energiájú, meghatározott hullámhosszon emittálnak. Az alkalmazhatóság szempontjából egy biomarker legfontosabb jellemzői az optikai tulajdonságai, a toxicitása, kémiai stabilitása és a mérete. Egy ideális biomarker biológiailag inert, elegendően kicsi (<10 nm), és a 800-1000 nm-es tartományban emittál, ugyanis a szervezetnek itt van abszorpciós minimuma. Napjainkban a fluoreszcens biomarkerek nagy része in vitro módon kerül alkalmazásra, mivel valamely tulajdonságuk nem kielégítő az élő szervezetben történő felhasználáshoz. Az igazi áttörés az in vivo alkalmazások elterjedése lehetne, hiszen laboratórumi körülmények között nem minden élettani folyamat tanulmányozható.

Dolgozatomban a SiC alapú nanokristályok felhasználhatóságát vizsgáltam sűrűségfüggő elmélet segítségével a biológiai jelzőrendszerek szempontjából. A SiC ígéretes biokompatibilis anyag, és az utóbbi időben derült ki, hogy köbös szerkezetű SiC kristályok állíthatók elő porózus SiC felhasználásával. Mivel a SiC tiltott sávja 2,36 eV, önmagában nem emittál az infravörös tartományban. A nanokristályok tiltott sávja függ a mérettől, és a felületen kialakuló kémiai kötésektől is. Kutatásaim során különböző fémekhez (W, Mo, Nb) kapcsolható pont hibák hatását vizsgáltam a nanokristályok elektronszerkezetére. A szilícium helyére beépülő fématomok színcentrumot képeznek a nanokristályban, és korábbi, tömbi SiC-dal végzett mérések alapján jó esély van infravörös közeli emisszióra. Vizsgáltam a különböző lehetséges kristályhibák energetikai viszonyait, és az adalékolt nanokristályok elektronszerkezetét. A számításaim során a VASP síkhullámbázisú szofvtert használtam, a kicserélődési-korrelációs energiát GGA módszerrel közelítve. Bizonyos esetekben megvizsgáltam a spin-pálya kölcsönhatás szerepét is a nanokristályok elektronszerkezetének kialakulásában. A kapott eredmények megerősítették, hogy a vizsgált fémekkel adalékolt SiC nanokristályok segítségével előnyös tulajdonságokkal bíró biomarkerek létrehozására nyílik lehetőség.

Irodalom:

1. John P. Perdew and Stefan Kurth, „Density Functionals for Non-relativistic Coulomb Systems in the New Century”, Lecture Notes in Physics, Volume 620/2003, 1-55, (2003)
2. J. Y. Fan et al., Appl. Phys. Lett. 88 041909 (2006).

Topologikus fázisátalakulás és a Thouless-formula vizsgálata kvantum-Hall rendszeren

Werner Miklós Antal, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Zaránd Gergely, BME Elméleti Fizika Tanszék

A rendezetlen rendszerekbeli kvantum fázisátalakulások a mai szilárdtest fizika egyik legintenzívebben kutatott területét képviselik. Talán a legismertebb ilyen átalakulás az Anderson féle lokalizációs fázisátalakulás, amikor is a rendezetlenség függvényében az egész mintára kiterjedő elektronállapotok egy kritikus rendezetlenségnél nagyobb rendezetlenségre lokalizálódnak. Egy másik híres példa az erős mágneses térben megjelenő egész számú Hall effektus. Mágneses tér hiányában 2-dimenzióban minden elektronállapot lokalizált [1]. Nagy mágneses térben a helyzet drasztikusan megváltozik. A rendezetlenség által kiszélesített Landau-nívókon (Landau-sávokon) van egy kritikus energia, ahol a lokalizációs hossz végtelenné válik. Az ezen a ponton létrejövő fázisátalakulás egyben az utóbbi évek kutatásainak homlokterébe került topológikus fázisátalakulások prototípusa is. Ez a fázisátalakulás nem írható le hagyományos rendparaméterek segítségével, és a különféle (lokalizált) fázisokat eltérő topológikus kvantum számok különböztetik csak meg egymástól. Míg a mágneses tér nélküli fázisátalakulást az ún. egy paraméteres skálázás segítségével lehet leírni, Pruisken és Khmelnitskii elképzelései szerint a kvantum Hall effektust egy kétparaméteres ($\sigma_{xx} - \sigma_{xy}$ síkon való) skálázás írja le [2,3].

Munkám célja a skálaelmélet illetve az ún. Thouless formula kapcsolatának vizsgálata. Rendezetlen egydimenziós rendszerek vizsgálatakor Thouless a vezetőképességet az elektronállapotok energiájának a peremfeltétel változtatására való érzékenységgel (dimenziótlan energiaszint görbületével) hozta összefüggésbe [4]. Bár az elméleti levezetéshez túlságosan erős feltételezésekre van szükség, melyek általában nem teljesülnek, a formulát numerikusan igazolták igen széles rendezetlenség-tartományra [5].

Kutatásunk során Thouless formuláját próbáltuk általánosítani két-, és többdimenziós rendezetlen rendszerekre. Az általunk vizsgált rendszerben az elektronokat négyzetrácson írtuk le, szoros kötésű közelítésben. A merőleges mágneses teret Peierls-helyettesítéssel vezettük be. Munkámban először megmutatom, hogy egy kétdimenziós rendszer esetében külső mágneses tér hiányában az energiaszint görbületek eloszlása összeegyeztethető az egyparaméteres skalahipotézissel. Ezt követően kvantum Hall rendszerek Hall- illetve diagonális vezetőképességét tanulmányozom. Különböző méretű és rendezetlenségű minták sokaságát vizsgálva a vezetőképességek síkján vizsgálom azok rendszerméret által generált renormálási csoport folyamatát, és – tudomásom szerint először az irodalomban - numerikusan igazolom Pruisken és Khmelnitskii elképzelését. Ezek után megvizsgálom, hogy hasonlóan a diagonális vezetőképességekhez, létezik-e a Thouless által felfedeztetthez hasonló kapcsolat az offdiagonális vezetőképesség és a megfelelő perem-fázisok szerinti vegyes-derivált között. Végezetül három dimenzióban, a lokalizációs átalakulás közelében is megvizsgálom ugyanezeket a kérdéseket.

Irodalom:

1. A. MacKinnon and B. Kramer, Phys. Rev. Lett. 47, 1546 (1981)
2. Khmelnitskii, JETP Letters 38, 552(1983)
3. A. M. M. Pruisken, Phys. Rev. Lett. 61, 1297 (1988)
4. J. T. Edwards and D. J. Thouless, J. Phys. C 5, 807 (1972)
5. D. Braun, E. Hofstetter, A. MacKinnon and G. Montambaux, Phys. Rev. B 55, 7557 (1997)

KÍSÉRLETI FIZIKA – OPTIKA SZEKCIÓ

Helyszín: F ép. III. lph. II. em. 13.
(Hallgatói labor)

- Zsúri elnök:** Dr. Füzessy Zoltán, professor emeritus
BME Fizikai Intézet, Fizika Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Fehér Titusz, egyetemi docens
BME Fizikai Intézet, Fizika Tanszék
- Dr. Ujhelyi Ferenc, tudományos munkatárs
BME Fizikai Intézet, Atomfizika Tanszék
- 08³⁰** Almády Balázs, BSc III. évf., *Kódolvasó eszköz illesztése vezeték nélküli fluoreszcencia-mérő rendszerbe*
Konzulens: Dr. Barócsi Attila, BME Atomfizika Tanszék
- 08⁵⁵** Balogh Zoltán, MSc II. évf., *Egyedi molekulák kontaktálására alkalmas mérőrendszer fejlesztése*
Konzulensek: Dr. Halbritter András és Makk Péter, BME Fizika Tanszék
- 09²⁰** Gál Tibor, Msc II. évf., *Fém nanorészecskék polarizációfüggő fényszórásának vizsgálata*
Konzulens: Dr. Koppa Pál, BME Atomfizika tanszék
- 09⁴⁵** Héricsz Dalma, BSc III. évf., *Vetítő ernyő optikai tulajdonságainak vizsgálata 3D képalkotáshoz*, Konzulens: Dr. Koppa Pál, BME Atomfizika Tanszék
- 10¹⁰** Karner Máté, MSc II. évf., *LED-del kombinált fénycsöves fényforrás fejlesztése*
Konzulensek: Dr. Koppa Pál és Dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék
- 10³⁵** 15 perc szünet
- 10⁵⁰** Magyarkuti András, Msc I. évf., *Vezetőképesség és erő egyidejű mérése atomi méretű kontaktusokban*
Konzulensek: Dr. Halbritter András és Geresdi Attila, BME Fizika Tanszék
- 11¹⁵** Márton Attila, MSc. II., *Teljesen hangolható kvantum pöttyök InAs nanopálcán*
Konzulens: Dr. Csonka Szabolcs, BME Fizika Tanszék
- 11⁴⁰** Tóth Balázs, MSc II. évf., *Erősen ötvözött acélok szerkezeti változásainak követése mágneses módszerrel*
Konzulens: Dr. Réti Ferenc, BME Atomfizika Tanszék
- 12⁰⁵** Varga-Umbrich Károly, Msc I. évf., *Színuszosan modulált félvezető lézer középfrekvenciájának stabilizálása*, Konzulensek: Dr. Kedves Miklós Ákos, MTA KFKI RMKI és Dr. Lőrincz Emőke, BME Atomfizika Tanszék
- 12³⁰** Vágó Tamás Károly, BSc II. évf., *Femtosekundumos impulzusok alakformálása akusztóoptikai eszközökkel*
Konzulensek: Dr. Maák Pál és Veress Máté, BME Atomfizika Tanszék

Kódolvasó eszköz illesztése vezeték nélküli fluoreszcencia-mérő rendszerbe

Almády Balázs, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Barócsi Attila, BME Atomfizika Tanszék

A BME Fizikai Intézet Atomfizika Tanszéke résztvevője a 2008–2012 időszakban futó EU-FP7 SPICY (Smart tools for Prediction and Improvement of Crop Yield) projektnek. A projekt célja eszközpark kifejlesztése haszonnövények molekuláris nemesítéséhez. Az eszközök a nemesítőket segítik az egyes genotípusok komplex jelleget mutató fenotípusos válaszában (külső jegyeinek) előrejelzésében különböző környezeti körülmények között. A modellnövény a paprika. A növényi fluoreszcencia időbeli változása fontos információkat hordoz a külső jegyek alapján szükséges fajtaszelekcióhoz. A növény által elnyelt fényenergia részben a fotoszintézisre fordítódik, részben hő és fluoreszcencia formájában visszasugárzódik. A fluoreszcencia válasz egyrészt függ az egyedek aktuális működésétől (pl. környezeti tényezőktől, egyedi, ún. fenotípusos tulajdonságoktól), másrészt jellemző az egyes növényfajokra, illetve fajtákra (ún. genotípusos jelleg). A fajon belüli fajták fluoreszcens válaszainak eltérése csekély, így nagyszámú, a lehető legtöbb információt szolgáltató mérésre van szükség. A statisztikailag megbízható (több száz elemű) adatbázis létrehozása pontos dokumentálást igényel, így a mérőrendszerhez a detektoron kívül egy kódolvasó is tartozik, mely automatikusan elvégzi a növény, a mérőműszer és a mérési adatok összerendelését.

A TDK munkám fő célja a műszer jelenlegi felhasználási körülményekhez való igazítása volt. Az eszközt nagy területű üvegházakban használják az ott termesztett mintanövények vizsgálatára. A felhasználók igényeinek a kezdeti vezetékes mérőeszköz nem optimális, így a feladatom a rádiós változat fejlesztése volt. Ebben egyrészt a teljes vezeték nélküli működéshez szükséges – a mérőegység áramellátását szolgáltató – akkumulátor dobozának pontos illeszkedésű tervezése, valamint a (QR-kód olvasására is alkalmas) kódolvasó teljes vezeték nélküli változatának elektronikai és mechanikai tervezése volt a feladatom. A dolgozatban összefoglalom a szükséges mechanikai tervezési lépéseket kiemelve a kiindulási szempontokat és a felmerült problémákat, valamint ismertetem az alkalmazott tervezőprogramot (SolidWorks). Ezek mellett a kódolvasó és a rendszerszoftver közötti adatforgalmat biztosító, 802.15.4 RF protokollt alkalmazó elektronika (kettős tápegység, soros interfész és rádió) tervezési lépéseit ismertetem az ehhez használt Altium Designer programmal együtt. A mérőrendszerben használt szoftvert, illetve a műszer működési elvét – bár ezeket nem vizsgáltam behatóbban – is összefoglalom a dolgozatban. Emellett röviden áttekintem az eszköz alkalmazását taglaló publikációkat.

Irodalom:

1. Barócsi, Lenk, Kocsányi, „Lézerindukált fluoreszcencia mérése”, Fiz. lab. 5 mérésleírás
2. SPICY Grant Agreement KBBE-2008-211347, Annex I - “Description of Work”
3. SPICY-D213-BME „Flourescence prototype finalized to tool with software”, del. rep., 2011
4. Matt Lombard, „SolidWorks 2009 Bible”, Wiley Publishing, USA, Canada, 2009, ISBN 978-0-470-25825-5
5. XBee®/XBee-PRO® RF Modules Product Manual v1.xEx - 802.15.4 Protocol, Digi International Inc., 2009
6. Symbol DS6708 Digital Scanner Product Reference Guide, Motorola, Inc., 2009.

Egyedi molekulák kontaktálására alkalmas mérőrendszer fejlesztése

Balogh Zoltán, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Halbritter András és Makk Péter, BME Fizika Tanszék

Napjaink elektronikai eszközeinek mérete rohamosan csökken és már az eddig alkalmazott gyártástechnológia korlátait feszegeti. A további méretcsökkentéshez már az anyag atomi szintű viselkedésének a megértése szükséges. Ebben a tartományban azonban már fel kell adnunk a jó tervezhetőséget és az anyag önszerveződő tulajdonságait kell figyelembe venni. Az elmúlt évtizedekben lehetővé vált az akár egyetlen atomból illetve molekulából álló kontaktusok vizsgálata. Ehhez a területhez kapcsolódnak kutatásaim, melyek fő célja egyedi molekulák megbízható kontaktálási és minősítési eljárásainak fejlesztése. Erre többek között lehetőséget nyújt az úgynevezett MCBJ technika vagyis a törökontaktus módszer [1]. A BME Fizika Tanszék alacsonyhőmérsékleti laborjában ilyen elven működő berendezéssel vizsgálunk atomi kontaktusokat. Méréseinket folyékony hélium hőmérsékleten ($T=4.2\text{K}$) végezzük, mely a kiemelkedő mechanikai stabilitás biztosítása mellett számos érzékeny energiafelbontást igénylő mérés technika alkalmazását is lehetővé teszi. Azonban nagyobb molekulák kontaktálása magasabb hőmérsékletet igényel, mivel fagyáspontjuk jelentősen a folyékony hélium hőmérséklet felett van. Így egy fűthető és emellett jól megbízható és kontrollált adagolást biztosító mérőrendszer szükséges [2]. Az utóbbi egy évben egy ilyen, akár nagyobb molekulák vizsgálatára alkalmas mérőrendszer fejlesztését és tesztelését végeztem. A molekulák nagytisztaságú adagolását egy turbomolekuláris szivattyún alapuló vákuumrendszer segítségével végezzük, majd egy fűthető kapillárison keresztül juttatjuk el őket a mintához. A nem kívánt szennyezések elkerülése érdekében egy elektromágnesesen nyitható zárat is kialakítottam a mintatérben, mely lehetővé teszi, hogy a minta csak a vizsgált molekulák célzott adagolása közben kerüljön kapcsolatba a molekulaadagoló rendszerrel. Ezen fejlesztések együttes eredményeként lehetővé vált szennyezéstől mentes molekuláris kontaktusok létrehozása. Végül a rendszert egy új eszközzel, egy több csatornás áramerősítővel bővítettük ki, mely lehetővé teszi a pár atomos kontaktus és az ettől akár öt nagyságrenddel kisebb molekuláris vezetőképességek egyidejű vizsgálatát. Az elkészült mérőrendszerrel sikeresen tanulmányoztam Pt és Pd kontaktusok és CO molekulák kölcsönhatását.

Irodalom:

1. N. Agrait, A. Levy-Yeyati, J.M. van Ruitenbeek Quantum properties of atomic-sized conductors Phys. Repts. 377, 81-380 (2003)
2. O. Tal, M. Kiguchi, W. H. A. Thijssen, D. Djukic, C. Untiedt, R. H. M. Smit, and J. M. van Ruitenbeek Phys. Rev. B 80, 085427 (2009)

Fém nanorészecskék polarizációfüggő fényszórásának vizsgálata

Gál Tibor, Msc II. évf.

Konzulens: Dr. Koppa Pál, BME Atomfizika tanszék

A fém nanorészecskék optikai tulajdonságainak vizsgálata intenzíven kutatott téma napjainkban, potenciális gyakorlati jelentősége miatt. Többek között napelemek és LED-ek (light emitting diode) hatásfokának növelésére használnak a napelem illetve a LED felületén elhelyezett fém nanorészecskéket. Ennek fizikai oka az, hogy a nanorészecskék félvezető levegő határfelületen elhelyezve úgy módosítják a rájuk érkező elektromágneses hullámot, hogy az napelem esetén hatékonyabban belép a félvezetőbe, míg LED esetén hatékonyabban kicsatolódik abból. Abban az esetben, ha ez a részecske mutat valamilyen aszimmetriát, akkor ez az effektus is polarizációfüggő lesz.

A TDK munkám során azt vizsgálom meg, hogy az adott polarizációjú fény milyen kölcsönhatásba lép egy anizometrikus fém nanorészecskével. Ennek érdekében megvizsgálom, hogy ezek a nanorészecskék milyen abszorpciós és szórási spektrumokat mutatnak a beeső fény polarizációja függvényében. Analizálom, hogy a fém nanorészecskén kialakuló plazmonok milyen hatással vannak a részecske optikai tulajdonságaira. A vizsgálat hosszútávú célja annak tanulmányozása, hogy lehetséges-e polarizált LED-et készíteni, annak kilépő felületén irányítottan elhelyezett anizometrikus részecskékből álló struktúrával.

Munkámban két módszerrel vizsgálom egy ilyen részecske optikai tulajdonságait. Először egy analitikus modellt tárgyalok, amelyben az úgynevezett kvázisztatikus közelítést alkalmazom. Ennek lényege az, hogy ha a részecske mérete jóval kisebb a hullámhossznál, akkor eltekinthetünk a tér retardációjától és úgy számolhatunk vele, mintha a tér minden pontjában fázisban oszcillálna. Ekkor a részecske körül kialakuló teret az elektrosztatikában ismert módszerekkel kiszámíthatjuk. Majd időtartománybeli végesdifferencia módszerrel (finite difference time domain, FDTD) vizsgálom a problémát. Ezzel a módszerrel különböző méretű részecskék esetén vizsgálom a rendszer optikai tulajdonságait. Végül összehasonlítom a két modellt, és megvizsgálom a kapott eredmények gyakorlatban való felhasználásának lehetőségét.

Vetítő ernyő optikai tulajdonságainak vizsgálata 3D képalkotáshoz

Héricsz Dalma, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Koppa Pál, BME Atomfizika Tanszék

Napjainkban egyre népszerűbbek a három dimenziós mozik, filmek. A 3D vetítés megvalósításának számos lehetősége van. A leggyakrabban használt megoldás esetében két – a két szem pozíciójának megfelelő perspektívájú - képsort vetítünk az ernyőre egymásra merőleges polarizációval. A 3D hatást úgy érjük el, hogy polarizációs szűrőkkel mindkét szem számára a megfelelő képet engedjük át. A polarizált fény szembe jutásának sarkalatos pontja a kivetítő ernyő, melynek a fényt polarizációs állapotának módosítása nélkül kell jó hatásfokkal és meghatározott szögeloszlással visszaszórnia. Ekkor a látott kép interferenciától mentes, kellően fényes és homogén lesz.

A dolgozat célja olyan ernyő fejlesztése, mely eleget tesz a fenti feltételeknek illetve alkalmas otthoni, utazás közbeni használatra. Ennek felderítésére különböző anyagú és felületi struktúrájú minták szórási profiljait vizsgáltam, illetve összevettem a kapott eredményeket a várakozásaimmal. A szórási profilt goniométeres elrendezésben - azaz a fényteljesítményt az optikai tengelytől való elfordulás függvényében - mértem. A mintákat két paraméterrel jellemeztem: a polarizációs kioltási rátával – mely az ernyőt polarizált fényvel megvilágítva az analizátor különböző állásainál mérhető maximális és minimális fényteljesítmény hányadosa, illetve a szórási profil félértékszélességével.

A kívánt feltételeknek megfelelően a mérést a következő mintákon végeztem el: egy dielektrikum anyagú diffúz ernyőn, egy ezüstrétegellátott diffúz ernyőn, különböző retroreflektív ernyőkön, illetve egy kereskedelmi forgalomban lévő polarizáció megtartó ernyőn. A diffúzor jól meghatározható szórási profilt ad, azonban mivel dielektrikum, a polarizációt nem tartja meg. Ezért ezüstrétegellátott ernyőt láttuk el, mely mind a polarizációs kioltási rátára, mind a FWHM-ra jobb értéket adott a referenciaként használt kereskedelmi forgalomban lévő ernyőnél. A retroreflektor a fénysugarak jelentős részét a forrás irányába veri vissza és egyes retroreflektorok polarizációs tulajdonságai is kedvezőnek adódtak. A retroreflektorok azonban nagyon kis szögtartományban szórják vissza a fényt, mely nem teszi lehetővé a néző mozgását az ernyő előtt. Ezért javasoltam a retroreflektort fényt szóró elemekkel kombinálni. A mérési eredmények alapján egy számítógépes modellt alkottam a várható képminőség meghatározására.

Terveim szerint a munka további szakaszában megvizsgálom egy Fresnel-tükrös leképezésen alapuló ernyőt, amely várakozásaim szerint a visszavert fényt egy jól meghatározott tartományba irányítja, nagy fényteljesítménnyel és magas polarizációs fokkal.

Irodalom

1. Kuniharu Takizawa et al., „Three-dimensional large-screen display with reflectionmode spatial light modulators and a single-projection optical system: analysis of a retardationmodulation”, Applied Optics, Vol. 23, No. 2, 6182-6195 (1998).

LED-del kombinált fénycsöves fényforrás fejlesztése

Karner Máté, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Koppa Pál és Dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék

A beltéri megvilágító eszközként elterjedt fénycsöves lámpatestek felhasználási körét bővíteni lehet, ha kombináljuk őket LED-es fényforrással. (pl. színhőmérséklet hangolás, egyes orvosi alkalmazások) Mivel a LED-es fényforrások manapság már jelentős hullámhossz-tartományt fednek le, a számunkra szükséges spektrális eloszlással egészíthetjük ki a fénycsöves alapfényforrás spektrumát.

Az általam végzett fejlesztésben egy adott iránykarakterisztikájú, kereskedelmi forgalomban kapható reflektoros fénycsöves lámpatestet rövid hullámhosszúságú LED-del történő kiegészítése volt a cél. A kidolgozott rendszer alapját egy fénycsöves általános világítótest adja, melyet egy LED-es kiegészítéssel láttam el. A fő szempont az volt, hogy a LED-es kiegészítő világítás illeszkedjen az alapot adó lámpatest sugárzási iránykarakterisztikájához, hogy egy kellően távoli megvilágított felületen a két fényforrásból származó spektrális eloszlás eredője jelenjen meg. Dolgozatban részletesen ismertetem az alkalmazott fényforrások optikai modellezésének menetét. A rendelkezésre álló dokumentumok alapján az egyes eszközök tulajdonságairól áttekintést adok, majd az ezek alapján elkészült részletes modelleket és azok ellenőrzését mutatom be. A fényforrások modelljeit ZEMAX optikai tervezőprogrammal készítettem el. Az alkalmazott reflektor megválasztásához tanulmányoztam a mai gyakorlatban előforduló LED-es reflektorok típusait, működésüket, majd az ezek alapján választott rendszer modelljét elkészítve illesztettem azt az aktuális LED-hez. Optimalizálás útján meghatároztam a reflektor geometriai méreteit, amellyel a kívánt fényformálást kaphatjuk meg.

A tervek alapján az Atomfizika Tanszék műhelyében legyártották a tervezett reflektor alkatrészeit. A rendszer összeszerelése után azon ellenőrző mérést hajtottam végre, amely eredményét összevettem a tervezettel és kismértékű eltérést tapasztaltam. Az eltérésre adott magyarázatomat a megfelelően módosított modellen végzett szimulációval igazolom.

Irodalom:

1. Warren J. Smith, „Modern optical engineering”, McGraw-Hill, New York (2000).
2. William B. Elmer, „The optical design of reflectors”, John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto (1980).
3. ZEMAX felhasználói kézikönyv, „ZEMAX® User’s manual” (2010. április 14.).

Vezetőképesség és erő egyidejű mérése atomi méretű kontaktusokban

Magyarkuti András, Msc I. évf.

Konzulensek: Dr. Halbritter András és Geresdi Attila, BME Fizika Tanszék

Az elektronikai eszközök mérete folyamatosan csökken, és ahhoz, hogy a fejlődés fenntartható legyen, egyre kisebb méretben kell megvalósítani az áramköröket. Ehhez egy idő után elengedhetlenné válik a vezetési jelenségek ismerete atomi méretskálán. Ezért napjainkban intenzíven kutatják a néhány atomból álló kontaktusok vezetési jelenségeit, ami sokszor meglepő, új jelenségek felfedezéséhez vezet.

A BME Fizika Tanszékének laboratóriumában az elmúlt időszakban készült egy olyan berendezés, mely alkalmas néhány vagy akár egyetlen atomból álló kontaktus létrehozására és vezetőképességének mérésére. A vizsgált minta egy közepesen elvékonyított vezeték, amit egy piezo mozgató segítségével húzunk szét majd nyomunk össze egymás után sokszor. Amikor a vezeték legkisebb keresztmetszetében már csak néhány atom található, a vezetőképesség lépcsőzetesen változik. Ez első rendben az anyag atomos felépítésével magyarázható, de az elektronok kvantummechanikai viselkedése is fontos szerepet kap [1].

Munkám során ezt a mérőrendszert fejlesztettem tovább. Egy programot írtam, ami a mérőberendezést vezérli egy újabb generációs adatgyűjtő kártyát használva, melynek speciális szinkronizálási funkciói lehetővé teszik, hogy a mérési feladat jobban kontrollálható legyen: a kontaktust mindig megadott vezetőképesség határokig lehet széthúzni illetve összenyomni.

A program a mérési adatokat nem csak rögzíti, hanem azonnal ki is értékeli: képes a vezetőképesség görbék hisztogramjainak, ezek közti korrelációknak valamint adott vezetőképesség határok közötti plató hosszúság eloszlásnak számítására.

További fejlesztés eredménye, hogy a program egy léptetőmotort vezérelve képes automatikusan megkeresni a kontaktust, ezáltal sokat könnyítve a mérés menetén.

Kiegészítettem a berendezést az atomok közti erő mérésére alkalmas eszközzel. Ehhez a vezeték egyik végét egy hangvilla alakú, éles rezonanciával rendelkező kvarc oszcillátor egyik ágához rögzítjük. A kvarcot a rezonanciafrekvenciáján rezgetjük, miközben a vezetéket széthúzzuk. A változó erőgradiens hatására a rezonancia eltolódik, ebből származtathatjuk a kontaktus atomjai között ható erőt [2]. Mivel az oszcillátort csak akkora amplitúdóval rezgethetjük, hogy a kitérése még elhanyagolható legyen a szomszédos atomok távolságához képest, a mérést nagyon alacsony jelszint mellett kell elvégezni. Ez tipikusan néhány pA amplitúdójú áram detektálását jelenti, melyhez speciálisan érzékeny eszközre, illetve a környezeti zajok hatékony kiszűrésére van szükség. A sikeres mérésnek a kvarc oszcillátor megfelelő preparálása is előfeltétele, hiszen a fémszál felragasztása és kontaktálása az oszcillátor nagy jóságú tényezőjének megőrzése mellett kell hogy történjen.

Végül méréseket végeztem az elkészült mérőberendezéssel. Demonstráltam a vezetőképesség és az atomi erők egyidejű detektálását, amely új lehetőségekkel bővíti a mérőrendszer alkalmazhatóságát.

Irodalom:

1. Nicolás Agrait, Alfredo Levy Yeyatib , Jan M. van Ruitenbeek: Quantum properties of atomic-sized conductors, Physics Reports 377, 81 – 279 (2003).
2. A. Castellanos-Gomez, N. Agrait and G. Rubio-Bollinger: Dynamics of quartz tuning fork force sensors used in scanning probe microscopy, Nanotechnology 20 (2009) 215502

Teljesen hangolható kvantum pöttyök InAs nanopálcán

Márton Attila, MSc. II.

Konzulens: Dr. Csonka Szabolcs, BME Fizika Tanszék

InAs nanopálcák napjaink egyik legígéretesebb anyaga kvantum elektronikai áramkörök készítésére. Az elmúlt évek anyagtudományi fejlődésének köszönhetően kristálytani hibáktól mentesen, különböző kristályszerkezetben, kontrollált átmérővel növeszthetők ezek a pálcák. Kedvező sáv szerkezetének köszönhetően alacsony kontaktus ellenállással lehet őket kontaktálni különböző alapállapotú fémekkel, így normál, szupravezető vagy ferromágneses anyagokkal is. A kis elektron dopolás miatt az állapotsűrűség könnyen változtatható elektrosztatikusan, kapuelektrodákra adott feszültség segítségével. Az InAs-ben erős a spin-pályakölcsönhatás, ami az elektronok spin szabadsági fokának hangolására nyújt lehetőséget elektromos úton. Ezen kedvező tulajdonságainak köszönhetően az elmúlt években számos hibrid nanoáramkört készítettek InAs nanopálcákból, amik új kvantum effektusok megfigyelését teszik lehetővé. Így spin-pálya kvantum bitek, Cooper pár feltorok, hangolható kicserélodesi ter kvantum pöttyökön, Kondo-effektus és Andreev reflexio versengése.

Nanoáramkörök egyik alapegységét kvantum pöttyök jelentik, amit legegyszerűbben két fém kontaktus közötti tartományban lehet létrehozni a pálcá kiürítése során. Az elektronok szám könnyen hangolható ezen szigeteken hátsó kapuelektrodára adott feszültséggel, ugyanakkor a pöttyöt határoló alagútátmenetek történő alagutazási ráta nem kontrollált. Az alagutazási ráta hangolhatóságát számos kísérlet megkövetelné, így például ferromágneses kontaktusok által keltett kicserélődési teret lehetne hangolni vele, vagy Cooper pár feltorok hatékonyságát lehetne javítani.

TDK munkám célja olyan áramköri geometria kikísérletezése volt, ami InAs nanopálcán alapuló teljesen hangolható kvantum pöttyök létrehozását teszi lehetővé. Ezen áramkörök alapját az un. bottomgate strukturák képezik, amelyek lényegében sűrűn lerakott kapuelektrodák sorából áll.

A bottomgate-ekre adott feszültség segítségével nagy hatékonysággal, lokálisan változtatható a nanopálcák elektronsűrűsége. A lokálisan létrehozott potenciálgátakkal tetszőleges méretű elektron szigeteket (kvantum dotokat) definiálhatunk, a határokat képező elektrodák közti belső lábakkal pedig azok színterületét hangolhatjuk egészen akár az egy elektron tartományig, illetve változtathatjuk a bezáró potenciál alakját is. A feszültség további növelésével a kialakult mesterséges sziget fel is törhetjük, ezzel kvantum pöttyök sorát létrehozva az áramköreinken belül.

A fenti strukturák a következő módon készültek. Az első lépésben nagy felbontású elektron sugaras litográfiával 75 nm-es periodicitással vonalakat definiálunk, előállítva ezzel az áramkör pozitív maszkját, majd a maszkot 1:3 MIBK:IPA oldatban előhívjuk. A polimer maszkot ezt követően oxigén plazma marásnak tesszük ki, amely során eltávolítjuk a maszk felső harmadát a sorják eltávolítása érdekében, illetve megtisztítjuk az előhívott részek alját, hogy a fémek biztosabb tapadjanak. Ekkor elektron sugárral felhevített fémmel lepárolgatjuk a teljes mintát (5nm titán, 10nm platina), majd a mintáról úgy távolítjuk el a nem kívánatos részeket, hogy a fennmaradt polimert leoldjuk, így eltávolítva a ráakódott fémréteget. Az eljárás során a fent említett vonalak az előhívás és a fém párologtatást követően kb. 40 nm széles lábakká szélesednek ki. Mivel mind ez a szélesség mind a két láb közti ~35 nm-es távolság az eljárás és a rendelkezésre álló eszközök felbontásának határán vannak, így a munkám egy jelentős része a fenti recept paramétereinek (a struktúra alakja, méretei, a maszk anyaga, az elektronsugár által szolgáltatott dózis, párologtatott fémek anyagi minősége, magassága, stb...) optimalizálásával telt. A kész struktúrát a elektromos

elszigetelését vékony ALD-vel (atomic layer deposition) növesztett kb. 20 nm vastag nagy dielektromos állandójú oxidréteg szolgáltatja. Ez a kontrollált növesztés hatására sokkal jobb minőségű, így elektronikai szempontból csendes, továbbá a kis vastagság ellenére is nagy letörési feszültséggel rendelkezik, ezáltal közelebbről/hatékonyabban hangolhatjuk áramköreinket. Munkám során próbálkoztam alumínium-oxiddal (AlO), magas hőmérsékleten (225°C) növesztett hafnium-oxiddal (HfO), illetve ezek rétegzésével is, azonban marási technikával nem tudtam megszabadítani ezen szigetelő rétegtől az elektródák végződéseit olyan felbontással, mint amelyet a strukturám megkövetelt volna, ezért végül alacsonyabb hőmérsékleten növesztett (90°C) HfO-val dolgoztam a továbbiakban.

Az áramkörök gyártása során a fenti bottomgate strukturákkal borított szilícium hordozóra nanopálcákat terítünk, majd az áramkörtervezés és litografálás során a nanopálcák végződése mellett a kapuelektrodákat is kikontaktáljuk. A kész áramköröket először szobahőmérsékleti mérésekkel teszteltem, amely során meggyőződtem a pálcák és a kapuelektrodák megfelelő felkontaktálásáról, továbbá ellenőriztem, hogy azok megfelelő hatást gyakorolnak a pálca elektromos viselkedésére. Végül a strukturát alacsony hőmérsékleti transzportmérésekben karakterizáltam.

Az előadásom a nyári gyakorlatom alatt végzett munkám során létrehozott és a fentiekben említett struktúra fabrikációs eljárásainak bemutatását és a tesztelésére létrehozott áramkörökkel végzett méréseim eredményeinek ismertetését tartalmazza.

Irodalom:

1. Spin-orbit qubit in a semiconductor nanowire S. Nadj-Perge, S. M. Frolov, E. P. A. M. Bakkers and L. P. Kouwenhoven <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1011/1011.0064.pdf>

Erősen ötvözött acélok szerkezeti változásainak követése mágneses módszerrel

Tóth Balázs, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Réti Ferenc, BME Atomfizika Tanszék

Az iparban váratlan termelés kieséshez, vagy akár balesethez vezethet az alkatrészek névleges élettartamot megelőző meghibásodása. Ezért rendkívül fontos, hogy módszereket találjunk az ilyen esetek megakadályozására, vagy legalábbis előrejelzésére.

Ez a nehézség merült fel a Tiszai Vegyi Kombinát Nyrt. (a továbbiakban TVK) tiszaujvárosi olefingyárában is, ahol pirolízis segítségével állítják elő a többek közt műanyagok alapanyagául szolgáló olefineket (főleg etilént, propilént). Az eljárás során a pirolíziskemence ún. radiációs zónájában elhelyezett csőkiigyóban szénhidrogén-keveréket áramoltatnak. A szénhidrogéneket a csövekben, oxigénszegény közegben mintegy 800-900°C hőmérsékletre hevítve a molekulák szénláncái széttöredeznek, majd a töredékek dehidrogéneződési reakcióiban keletkeznek az olefinek.

Ám a magas hőmérsékleten szekunder reakciók is lejátszódnak, ezért a csövek belsejében magas széntartalmú vegyületek jönnek létre, melyek a csőfalon koks formájában lerakódnak. A kokslerakódással kapcsolatos problémák gyakran a reakciótérként használt csövek kirepedéséhez vezetnek, amely a kemence leállítására kényszerítheti az üzemet. A gazdaságos olefintermelés érdekében fontos feladat tehát a csövek elhasználódását okozó fizikai és kémiai folyamatok tanulmányozása. A tapasztalat azt mutatja, hogy ezen folyamatok kísérőjelenségeként alapvető változás áll be a csövek mágneses tulajdonságaiban, amely alkalmas azok állapotának a jellemzésére is.

A dolgozat célja a csövek elhasználódása és a mágneses változás közti kapcsolat anyagtudományi háttérének tárgyalása, a radiációs zóna elhasználódása mögött álló okok felderítése, valamint a mágneses változások diagnosztikai használatának bemutatása a TVK kemencéiből származó mért adatok segítségével.

1. D. Jakobi & R. Gommans: Typical Failures in Pyrolysis Coils for Ethylene Cracking (*Materials and Corrosion* 2003, 54, No.1)
2. L. H. de Almeida, A. F. Ribeiro, I. Le May: Microstructural characterization of modified 25Cr–35Ni centrifugally cast steel furnace tubes (*Materials Characterization* 49 (2003) 219– 229)

Színuszosan modulált félvezető lézer középfrekvenciájának stabilizálása

Varga-Umbrich Károly, Msc I. évf.

Konzulensek: Dr. Kedves Miklós Ákos, MTA KFKI RMKI és
Dr. Lőrincz Emőke, BME Atomfizika Tanszék

Magneto-optikai atomcsapdával befogott rubídium atomokon folytatunk kísérleteket, melyeknek célja az atomcsoport koherens gyorsítása. Atomi átmenetek közti koherens folyamatok keltését frekvenciamodulált lézerimpulzusokkal hajtjuk végre oly módon, hogy az atomok gerjesztéssel és indukált emisszióval minél több $\hbar k$ mechanikai momentumhoz jussanak. Mivel a kísérleteinket folytonos lézernyalábból kivágott impulzusokkal végezzük, pontosan be kell tudnunk állítani, hogy a frekvenciafutás mely részén történjen a kivágás. A kölcsönható lézer detektálásához és a jellemzőinek beállításához már korábban kidolgoztunk egy módszert, amelyben a frekvenciamodulált lézer egy referencialézerrel alkotott lebegését detektáltuk, majd az így kapott interferenciajel paramétereit a kiszámított matematikai formula alapján függvényillesztéssel határoztuk meg. Ahhoz, hogy a keresett effektus nagy valószínűséggel létrejöjjön, szükséges, hogy az impulzus ideje alatt a lézer frekvenciája áthaladjon a rezonanciafrekvencián. Ezt a modulált lézer frekvencia-középtértékének szórása nagyban befolyásolja, mivel az ingadozás miatt a frekvencia eltávolodhat a rezonanciától, esetleg az impulzuskivágás rossz helyre kerülhet.

A lézerek stabilizálása fontos kérdés, mivel a lézer frekvenciájának állandó szinten való tartása a korábban említett problémák miatt elengedhetetlen ahhoz, hogy a kísérleteinket elvégezhessük. Állandó frekvencián működő lézer stabilizálása többféle módon megoldható (pl: Fabry-Perot interferométerrel vagy atomi rezonancia felhasználásával), számunkra a frekvenciamodulált lézer frekvencia-középtértékének a stabilizálása a fontos. A rendelkezésre álló laboratóriumi környezetben kerestünk erre megoldást.

A színuszosan modulált lézer sugárzását lebegtettük össze az atomi rezonanciára stabilizált, állandó frekvenciájú lézerrel. Az így kapott interferencia Fourier-spektruma keskeny vonalakat tartalmaz, melyeket a frekvenciastabilizáláshoz szükséges visszazabályozó jelként használhatunk. A spektrum jelet Takeda Riken TR4110M spektrumanalizátoron jelenítettük meg, amely képes egy kiválasztott csúcsra szűrni, majd a jelet egy kimeneten át csatoltuk vissza a lézerbe. Mivel a méréseket a rezonancia közelében végezzük, ezért még nagy frekvenciamoduláció esetén is biztosan lesz olyan csúcs a spektrumban, amely a spektrumanalizátor sávszélességébe esik, így ezt választhatjuk a stabilizáláshoz.

A dolgozat célja egy frekvenciamodulált lézer frekvencia-középtértékének ilyen módon való stabilizálása, valamint a lézer tulajdonságainak vizsgálata és a vele végzett kísérletek bemutatása. Méréseink eredményei alapján látható, hogy ez a módszer a frekvencia középtértékének szórását jelentősen csökkentette. A műszerrel való stabilizálás lehetőséget ad a frekvencia finomhangolására is.

Femtosekundumos impulzusok alakformálása akusztóoptikai eszközökkel

Vágó Tamás Károly, BSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Maák Pál és Veress Máté, BME Atomfizika Tanszék

Dolgozatom témája alakformált ultrarövid impulzusok kísérleti előállítására, akusztóoptikai eszközökkel. A femtosekundumos lézerimpulzusok lehetséges alkalmazásai között szerepel kémiai reakciók befolyásolása (kvantum kontroll), telekommunikációs technológiák fejlesztése, nanostruktúrák kialakítása, valamint biológiai és biofizikai kísérletben történő alkalmazás. A mi szempontunkból elsősorban az utóbbi két terület fontos. Ultrarövid impulzusok segítségével lehetőség nyílik speciális felületi nanostruktúrák létrehozására, melyekből kis reflexiójú félvezető-felületek és például a jelenleginél nagyobb hatásfokú napelemek készíthetők. Egy másik alkalmazás az MTA Központi Orvostudományi Kutatóintézetében jelenleg is folyó akusztóoptikai háromdimenziós mikroszkóp fejlesztése, amely fluoreszcencia segítségével vizsgálja az agysejtek kémiai és biológiai tulajdonságait. A sejtek gerjesztéséhez is speciális formájú, optimalizált lézerimpulzusokra van szükség.

Az általam vizsgált elrendezésben az alakformálást nemkollineáris akusztóoptikai szűrőkkel, több fázisban egymáshoz rögzített akusztikus csatornával vezérelve hoztuk létre. A technológia előnye a más akusztóoptikai, folyadék-kristályos, elektrooptikai aktív alakformálási eljárásokkal szemben, hogy 100 MHz nagyságrendű impulzus-ismétlődési frekvenciákon is működik, tehát viszonylag kis energiájú, közvetlenül a lézeroscillátorból származó impulzusokkal - ezek ismétlődési frekvenciája titán-zafír lézer esetén 1-100 MHz – is használható.

A kísérletek során egy titán-zafír lézerrel állítottunk elő 790 nm körüli, 12-16 nm sáv szélességű, 80 MHz ismétlődési frekvenciájú femtosekundumos impulzusokat, az alakformálás két akusztóoptikai eszközzel történt. Megfelelő orientációjú TeO₂ kristályt lézerrel megvilágítva, majd a kristályra 50-100 MHz-es nagyságrendű akusztikus jelet kapcsolva diffrakció figyelhető meg. A diffraktált lézer impulzus alakját a kristály fizikai tulajdonságai valamint az akusztikus jel frekvenciája, és amplitúdója együttesen határozza meg.

A diszperzió kiküszöbölésére 2 prizmás kompresszort építettünk, az akusztikus jelek előállítása számítógéppel történt egy DA4300 típusú jelgenerátor segítségével. Az eszközhöz programot írtunk, így lehetővé vált egyetlen csatornán egyszerre több jel kibocsátása. Az impulzusok alakját autokorrelátor segítségével vizsgáltuk.

Méréseink során megmutattuk, hogy a kristályra egyszerre több akusztikus jelet kapcsolva, a jelek egymáshoz viszonyított fázisa is hatással van az impulzusalakra. A két egymás után elhelyezett, pontosan vezérelt akusztóoptikai szűrős elrendezésben sikerült kiküszöbölnünk az akusztóoptikai eszközökre általában jellemző szögdiszperziót, de nem korlátoztuk az impulzusok ismétlődési frekvenciáját, mint a legelterjedtebb hasonló eszköz a DAZZLER, így a módszer lézeroscillátorokkal kombinálva is alkalmazható.

Irodalom:

1. A. M. Weiner et al, Rev. Sci Instrum. Vol. 71, No 5, 1929-1960 (2000)
2. F. Verluise et al, Opt. Lett. Vol. 25, No. 8, 575-577 (2000)
3. V.V. Lozovoy, M. Dantus Chem. Phys. Lett. Vol. 351, No 3, 213-221 (2002)
4. P. Maák et al, Appl. Phys. B, Vol. 82, No. 2, 283-287 (2006)

KOGNITÍV TUDOMÁNYI SZEKCIÓ

Helyszín: T ép. V. em. 515.

- Zsúri elnök:** Dr. Lukács Ágnes, egyetemi docens
BME Természettudományi Kar, Kognitív Tudományi Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Böhm Tamás Mihály, tudományos munkatárs
MTA Pszichológiai Kutatóintézet, Kísérleti Pszichológia Osztály
- Dr. Kóbor István, tudományos segédmunkatárs
Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológia Kar,
Szentágotthai Tudásközpont, MR Kutatóközpont

- 09⁰⁰** Arató József, MA II. évf., *Figyelmi korlátok a hallott és látott ingerek párhuzamos feldolgozásában*, Konzulensek: Demeter Gyula, BME Kognitív Tudományi Tanszék és Vivian Ciaramitaro, University of Massachusetts Boston, Department of Psychology
- 09²⁵** Fazekas Judit, Msc. II. évf., *Az igekötők irányjelentésének szerepe újító szlengkifejezések értelmezésében*
Konzulens: Dr. Pléh Csaba, BME Kognitív Tudományi Tanszék
- 09⁵⁰** Ladányi Enikő, MA II. évf., *A főnév-főnévi összetételek dekompozíciós és integrációs folyamatai*
Konzulens: Dr. Pléh Csaba, BME Kognitív Tudományi Tanszék
- 10¹⁵** Tóth Annamária, MA I. évf., *A kontiguitás szerepe az önindított mozgások esetén tapasztalható hallási EKP elnyomásban*
Konzulens: Dr. Horváth János György, MTA Pszichológiai Kutatóintézet
- 10⁴⁰** Szakadát Sára, MSc I. évf. és Vargáné Kis Anna, MSc II. évf., *Az első éjszaka hatás objektív és szubjektív komponensei*
Konzulensek: Dr. Bódizs Róbert, SE Magatartástudományi Intézet és Simor Péter, BME Kognitív Tudományi Tanszék

Figyelmi korlátok a hallott és látott ingerek párhuzamos feldolgozásában

Arató József, MA II. évf.

Konzulensek: Demeter Gyula, BME Kognitív Tudományi Tanszék és Vivian Ciaramitaro, University of Massachusetts Boston, Department of Psychology

Amikor egy érzékelő modalitásba beérkező információkat dolgozunk fel, a figyelmi kapacitásunk nyilvánvalóan korlátozott. Azonban amikor az információ különböző modalitásokon (látórendszer, hallószervek) keresztül érkezik be, nem mindig egyértelmű, hogy egy adott modalításra irányított figyelmet mennyiben befolyásolja, ha közben egy másik modalításba beérkező ingereket is próbálunk feldolgozni. Egyes eredmények szerint az alacsony szintű döntéseknél, amikor az ingerek nem igényelnek magas szintű feldolgozást a két modalitás erőforrásai egymástól függetlenek. Ennek az eredménynek az általánosíthatóságát próbáltuk tesztelni egy viselkedéses vizsgálattal, amely a MatLab programban lett megírva.

Egy két-intervallumos kötelező választásos módszer segítségével mértük az alanyok teljesítményét a párhuzamos látási, és hallási feladaton, melyekben a helyes válaszok arányát értékeltem ki. A legfontosabb szempont számomra a kiértékelés során az volt, hogy a vizuális feladat nehézsége mennyire befolyásolja, a párhuzamos hallási feladaton nyújtott teljesítményt. Emellett elemeztem, hogy a sok gyakorlás, mennyiben módosítja a teljesítményt a két feladaton. Elvárásainknak megfelelően a nehezebb vizuális feladat rosszabb teljesítményt eredményezett a hallási feladaton, azonban ez a hatás sok gyakorlás hatására gyakorlatilag elmúlt. Végezetül azt is vizsgáltuk, hogy a hallási ingernek alkalmazott módosított fehérzaj paraméterei (frekvencia és kontraszt), mennyiben befolyásolják a teljesítményt.

Eredményeink arra utalnak, hogy alacsony szintű ingerek esetén is van egy közös figyelmi erőforrás, hiszen hiába igényelt alacsony szintű döntést a hallási feladat, az elért teljesítményt befolyásolta, hogy közben mennyire kötötte le az erőforrásokat a vizuális feladat. Gyakorlás hatására, a döntési folyamatok automatizálódásával elképzelhető azonban, hogy a két feladaton nehézsége gyakorlatilag nem befolyásolja egymást. Emellett sikerült meghatározni, hogy hasonló hallási feladatokon milyen paraméterű zajokat érdemes ingerként használni, melyeknél érnek el az alanyok szinte maximális teljesítményt, és melyeknél csak találgatnak.

Az igekötők irányjelentésének szerepe újító szlengkifejezések értelmezésében

Fazekas Judit, Msc. II. évf.

Konzulens: Dr. Pléh Csaba, BME Kognitív Tudományi Tanszék

A szleng ígéretes terepet nyújt az új kifejezések vizsgálatára felnőtt beszélőknél mivel gyakran jelennek meg olyan új és kreatív kifejezések, melyek a magyar nyelvet használják alapul. Vizsgálatomban olyan újító, a mai magyar nyelvhasználatban még nem elterjedt igekötős kifejezéseket vizsgáltam, melyeket széles körben ismert szlengkifejezések igekötőinek kicserélésével állítottam elő. Ilyenek például a Feri kizúgott Mariból vagy Anna átkattant Istvánra. Kérdőíves mondatbefejezéses, esetenként akusztikusan manipulált ingeranyagokkal dolgozó vizsgálataim alapján arra következtettem, hogy az erre alkalmas mondatoknál a kísérleti személyek az igekötő irányultságának megfordulásával esetenként az újonnan keletkezett szlengkifejezésnek is ellentétes jelentést tulajdonítottak mint az eredeti kifejezésnek (belezúg – beleszeret, kizúg – kiszeret). Az eredeti szlengkifejezés (belezúg) és az általam kreált kifejezés (kizúg) közti kapcsolatot priming vizsgálatokkal támasztottam alá, melyeket fiatalabb, szlenggel kevésbé találkozó korosztályoknál is megismétlek, hogy az alapul használt kifejezés ismeretének hatása kimutatható legyen.

Irodalom:

1. Kis Tamás (1997) Szempontok és adalékok a magyar szleng kutatásához
http://mnytud.arts.klte.hu/szleng/tanulmanyok/hun_sl.htm
2. Pléh Csaba – Juhász Levente Zsolt (2001) Az igekötők pszicholingvisztikájáról. In: Újabb tanulmányok a strukturális magyar nyelvtan és a nyelvtörténet köréből. Kiefer Ferenciszteletére barátai és tanítványai. Szerk. Bakró–Nagy Marianne, Bánréti Zoltán, É. KissKatalin. Osiris Kiadó, Budapest. 199–211.
3. Taft, Marcus (1979) Recognition of affixed words and the word frequency effect.
<http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/MandC1979.PDF>

A főnév-főnévi összetételek dekompozíciós és integrációs folyamatai

Ladányi Enikő, MA II. évf.

Konzulens: Dr. Pléh Csaba, BME Kognitív Tudományi Tanszék

Mind az összetett szavak, mind az egyéb morfológiailag komplex alakok esetében a mentális lexikon működésével kapcsolatos kutatások gyakori témája a szemantikai dekompozíció és a morfológiai dekompozíció. A dekompozíció az a folyamat, amely során a morfológiailag komplex szavak elemeikre bomlanak, és így feldolgozásukkor egyenként férünk hozzájuk a lexikonban. Kevesebb figyelem irányult azonban a szemantikai integrációra, ami az egyenként hozzáfért jelentésekből az alak komplex jelentésének létrehozásáért felelős.

Dolgozatomban áttekintem a morfológiai és szemantikai dekompozíció és a szemantikai integráció folyamatait vizsgáló nemzetközi és magyar szakirodalmat és ismertetem saját vizsgálataim eredményeit. A kérdés tanulmányozására különösen alkalmasnak tartom a magyar nyelvű deverbális – azaz igéből képzett – utótagú (pl.: ablaktisztító) és nem deverbális utótagú (pl.: asztalláb) főneveket, mivel az előbbieket feldolgozása a morfológiai dekompozíció, míg az utóbbiaké a szemantikai integráció szempontjából költségesebb. Ezért ilyen típusú összetett szavakat használtam ingerként a kérdést vizsgáló lexikális döntési kísérletben. A kapott eredmények támogatják a szemantikai integráció szerepét a szavak feldolgozásában, illetve a két típus megértési folyamatainak további különbségeire engednek következtetni.

Irodalom:

1. Ji H, Gagné CL, Spalding TL 2011. Benefits and costs of lexical decomposition and semantic integration during the processing of transparent and opaque English compounds. *Journal of Memory and language*. 406-430.
2. Gagné CL, Spalding TL 2009. Constituent integration during the processing of compound words: Does it involve the use of relational structures? *Journal of Memory and Language*. 20–35.
3. Kiefer Ferenc 2000. A szóösszetétel. In.: *Strukturális magyar nyelvtan 3. Morfológia*. Szerk. KF, Bp., Akadémiai, 2000, 519—567.
4. Koester D, Gunter TC, Wagner S 2007. The morphosyntactic decomposition and semantic composition of German compound words investigated by ERPs. *Brain and Language*. 64-79.
5. Pléh Csaba 2000. A magyar morfológia pszicholingvisztikai aspektusai. In.: *Strukturális magyar nyelvtan 3. Morfológia*. Szerk. Kiefer Ferenc. Bp. Akadémiai. 951—1020.
6. Pléh Csaba—Lukács Ágnes—Kas Bence 2008. A szótár pszicholingvisztikája. In.: *Strukturális magyar nyelvtan 4. A szótár szerkezete*. Szerk. Kiefer Ferenc. Bp. Akadémiai. 787—852.

A kontiguitás szerepe az önindított mozgások esetén tapasztalható hallási EKP elnyomásban

Tóth Annamária, MA I. évf.

Konzulens: Dr. Horváth János György, MTA Pszichológiai Kutatóintézet

A környezetünkben, céljaink elérése érdekében folytonosan különféle cselekedeteket hajtunk végre. A hatékony interakcióhoz azonban elengedhetetlen, hogy az önmagunk által létrehozott cselekvések szenzoros érzékletét elkülönítsük mások cselekedeteinek következményeitől. A belső forward modell (internal forward modell) mechanizmusa lehetővé teszi azt, hogy a saját magunk által végrehajtott motoros aktivitás szenzoros következményeinek feldolgozását elkülönüljön a külső forrásból származó szenzoros inger feldolgozásától. (lásd.: Wolpert, (1997); Wolpert és Gahramani (2000)).

Ennek a modellnek a létezését, több előzetes kutatás alátámasztja, melyek bizonyítékot találtak arra, hogy a hangingerek feldolgozása függ attól, hogy azokat mi magunk, vagy valamilyen külső, környezeti tényező hozta-e létre. (lásd: Waszak és Herwing (2007); P. Bäß és mtsi. (2008)). Eredményeikből kiderül, hogy az N1 negativitás csökken, amikor a szenzoros élmény saját, motoros cselekvés hatására történik.

Ezekben a kutatásokban a résztvevők mindig tudták, hogy az akusztikus inger a motoros aktivitásuk, gombnyomásuk következménye. Mi történik akkor, amikor ez nem így van és a szenzoros ingerlés a cselekvéstől függetlenül történik? Vajon ilyenkor is megfigyelhető lesz az N1 negativitás csökkenése?

Irodalom:

1. P. Bäß et al., „Suppression of the auditory N1 even-related potential component with unpredictable self-initiated tones: Evidence for internal forward models with dynamic stimulation”, *International Journal of Psychophysiology* Vol. 70 No.137-143 (2008).
2. P. Hazemann et al., „Effect of voluntary self-paced movements upon auditory and somatosensory evoked potentials in man”, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol. 39, No. 247-254 (1975).
3. J. Horváth et al., „The utility of brief, spectrally rich, dynamic sounds in the passive oddball paradigm”, *Neuroscience Letters* Vol. 461 No. 262-265 (2009).
4. Kéri Szabolcs, Gulyás Balázs: „Elektrofiziológiai módszerek a kognitív idegtudományokban” *Kognitív idegtudomány*, Szerk.: Pléh Cs., Kovács Gy., Gulyás B. Osiris Kiadó, Budapest, 81-96 (2003).
5. M. H. Martikainen et al., „Suppressed responses of Self-triggered sounds in the human auditory cortex”, *Cerebral Cortex* Vol. 15 No. 15; 299-302 (2004).
6. F. Waszak, A. Herwing: „Effect anticipation modulates deviance processing in the brain”, *Brain Research* Vol. 1183 No. 77-82 (2007).
7. I. Winkler „Hangok szervezése és leképzése” *Kognitív idegtudomány*, Szerk.: Pléh Cs., Kovács Gy., Gulyás B., Osiris Kiadó, Budapest, 151-170 (2003).

Az első éjszaka hatás objektív és szubjektív komponensei

Szakadát Sára, MSc I. évf. és Vargáné Kis Anna, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Bódizs Róbert, SE Magatartástudományi Intézet és
Simor Péter, BME Kognitív Tudományi Tanszék

Az ún. elsőéjszaka-hatás – az alváslaboratóriumban töltött első és második éjszaka közötti markáns különbség – következtében bevett gyakorlattá vált az első éjszakai alvás kizárása a poliszomnográfias elemzésből. Azonban az, hogy az elsőéjszaka-hatás milyen mértékben van jelen, illetve mennyi ideig tart (egy vagy több éjszakán át) diagnosztikai értékkel bírhat, valamint alapjául szolgálhat a különböző betegcsoportok (pl. rémálomzavar) esetében alkalmazott mérési protokolloknak. Jelen vizsgálat során két éjszakányi poliszomnográfias mérést végeztünk 20 (10 rémálmodó és 10 kontroll) alanyon, akik mindkét éjszakát követően kitöltötték a Groningen alvásminőség skálát. Mind az objektív (poliszomnográfias), mind a szubjektív (kérdőíves önértékelés) adatokban találtunk különbséget az első és a második éjszaka között, továbbá ez a különbség a rémálomzavarosok esetében kifejezettebben jelentkezett. Eredményeink szerint – a korábbi elképzelésekkel ellentétben – kérdőíves méréssel is kimutatható az első éjszaka hatás, amit az objektív és szubjektív változók közötti erős korreláció is alátámaszt. Mindezek alapján javasoljuk a Groningen skála klinikai használatát az otthoni “baseline” alvásminőség meghatározására.

DISZKRÉT MATEMATIKA SEKCIÓ

Helyszín: H ép. III. em. 306.

Zsúri elnök: Dr. Szántai Tamás, egyetemi tanár
BME Matematika Intézet, Differenciálegyenletek Tanszék

Zsúri tagok: Dr. Horváth Miklós, tanszékvezető, egyetemi tanár
BME Matematika Intézet, Analízis Tanszék

Dr. Lángi Zsolt, adjunktus
BME Matematika Intézet, Geometria Tanszék

08³⁰ Lelkes Ádám, BSc III. évf., *Kis nullosztók $M_n(Q)$ nagy gyűrűiben*
Konzulens: Dr. Rónyai Lajos, BME Algebra Tanszék

08⁵⁵ Kolossváry István, MSc III. évf., *Legrövidebb utak hossza élsúlyozott véletlen gráfokban*
Konzulensek: Dr. Simon Károly és Komjáthy Júlia, BME Sztochasztika Tanszék

09²⁰ Papp László, Msc II. évf., *A létra és az n -prizma gráfok optimális murvázási száma*
Konzulens: Dr. Katona Gyula Y., BME Számítástudományi és
Információelméleti Tanszék

09⁴⁵ Magyar András, MSc I. évf., *Null-összegek véges Abel-csoportokban*
Konzulens: Dr. Sándor Csaba, BME Sztochasztika Tanszék

10¹⁰ 15 perc szünet

10²⁵ Csehi Csongor György, MSc I. évf., *Grafikus matroidok összegének grafikussága*
Konzulens: Dr. Recski András, BME Számítástudományi és
Információelméleti Tanszék

10⁵⁰ Zubor Márton, Msc I. évf., *Félcsoportok mátrixreprezentációinak dimenziói*
Konzulens: Dr. Nagy Attila, BME Algebra Tanszék

Kis nullosztók $M_n(Q)$ nagy gyűrűiben

Lelkes Ádám, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Rónyai Lajos, BME Algebra Tanszék

A dolgozat témája a véges dimenziós algebrák reprezentációelméletéből ered. Legyen A egy struktúra-konstansokkal megadott asszociatív algebra egy K algebrai számtest felett, mely izomorf a $M_n(K)$ teljes mátrixalgebrával. Célunk explicite megkonstruálni egy $A \rightarrow M_n(K)$ izomorfizmust. Tekintsük a $K=Q$ esetet. Egy izomorfizmus előállításához találnunk kell egy kis Frobenius-normájú egy rangú elemet egy A -beli Λ maximális orderben, ahol a Frobenius-norma A egy $M_n(R)$ -be való tetszőleges beágyazásából származik (egy A -beli maximális order lényegében nem más, mint $M_n(Z)$ egy reguláris racionális mátrix általi transzformáltja). Továbbá az algoritmus lépésszámának meghatározásához az ilyen egy rangú mátrixok normájára éles felső korlátot kell találnunk.

A probléma vizsgálatához euklideszi terek rácsait használjuk, így kapcsolatot létesítve a rácsok elmélete és az algebrák reprezentációelmélete között. Maga a probléma azon kívül, hogy önmagában is érdekes, több számelméleti és algebrai geometriai nyitott problémához is kapcsolódik, többek között a híres Birch és Swinnerton-Dyer-sejtéshez. Egy új cikkben Ivanyos Gábor, Rónyai Lajos és Josef Schicho megmutatta, hogy Λ -ban lennie kell n -nél kisebb Frobenius-normájú egy rangú mátrixnak. A bizonyítást kissé átalakítva látható, hogy a tétel akkor is igaz, ha n helyett a γn Hermite-konstanst választjuk felső korlátnak. Így természetes a kérdés, hogy ez a korlát éles-e, azaz létezik-e egy reguláris valós P mátrix, amire PAP-1 normájának minimuma a Λ -beli egy rangú A mátrixok körében γn .

Ebben a dolgozatban a téma háttérének ismertetése és a szükséges fogalmak bevezetése után először általános tételket bizonyítunk be az egy rangú mátrixok normaminimumának felső korlátjáról. Konkrétan megmutatjuk, hogy az éles felső korlát az úgynevezett Bergé-Martinet-konstans. Ezután alacsony dimenzióban vizsgáljuk meg a kérdést, ahol ezen konstansok és az ezeket elérő ún. Hermite-, ill. Bergé-Martinet-kritikus rácsok ismertek. Bebizonyítjuk az Hermite-konstans mint felső korlát optimalitását 2, 4, 8 és 24 dimenzióban, és ismertetjük a Bergé-Martinet konstans elérése rácsokat 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 és 24 dimenzióban. A dolgozat végén további érdekes nyitott kérdéseket is felvetünk.

Irodalom:

1. G. Ivanyos, L. Rónyai and J. Schicho, "Splitting full matrix algebras over algebraic number fields", arXiv:1106.6191v2 [math.RA] (2011).
2. P. Q. Nguyen, "Hermite's Constant and Lattice Algorithms, Chapter of the book The LLL Algorithm: Survey and Applications, P. Q. Nguyen and B. Vallée (Eds.), Springer (Series: Information Security and Cryptography) (2009).
3. J. H. Conway and N. J. A. Sloane, "Sphere Packings, Lattices and Groups", 2nd ed. Springer (1993).

Legrövidebb utak hossza élsúlyozott véletlen gráfokban

Kolossváry István, MSc III. évf.

Konzulensek: Dr. Simon Károly és Komjáthy Júlia, BME Sztochasztika Tanszék

Az elmúlt évtizedben felbukkanó nagyméretű hálózatok (pl. internet) tulajdonságainak megismerése fontossá vált. Ezért a véletlen gráfok aktívan kutatott szakterület lett. Sok különböző modell születik ma is, melyek valós hálózatok valamely aspektusát igyekeznek megfogni. Vannak köztük heurisztikákon alapuló modellek, de vannak matematikailag precízek is. Elsőként, még a hatvanas években, Erdős Pál és Rényi Alfréd foglalkozott véletlen gráfokkal. Az ő modelljükben egy n csúcús gráfban minden él egymástól függetlenül p valószínűséggel behúzzunk, ezek az Erdős-Rényi gráfok. A gráf homogén abban az értelemben, hogy minden él azonos eséllyel van jelen. Azonban a valós esetek többségében ez nem teljesül. Ezért természetes általánosítási irány, hogy különböző éleket különböző valószínűséggel húzzunk be.

A Bollobás Béla, S. Janson, O. Riordan [1] szerzőhármas egy nagyon általános inhomogén véletlen gráf modellt vezetett be, mely egyebek mellett az Erdős-Rényi gráfokat speciális esetként tartalmazza. Többek között választ adnak arra, hogy mikor jelenik meg egy óriás komponens a modell által generált gráfban. Ekkor értelmes kérdés az is, hogy az óriás komponensből két véletlenszerűen választott csúc között tipikusan mekkora a gráfelméleti értelemben vett távolság. Ismét természetes általánosítási lehetőség, hogy az élekre rakjunk élsúlyokat, melyek időt vagy valamilyen költséget is reprezentálhatnak. A S. Bhamidi, R. van der Hofstad, G. Hooghiemstra [2] szerzőhármas az Erdős-Rényi gráfokat vizsgálja véletlen, 1 rátájú exponenciális eloszlású élsúlyokkal. Eloszlásbeli konvergenciát bizonyítanak két véletlenszerűen választott csúc közti minimális úthosszra és ezen az úton szereplő élek számára is.

Jelen dolgozat egy folyamatban lévő kutatás eredményeit tükrözi, melynek célja, hogy hasonló tételeket tudjunk bizonyítani a minimális súlyú útra vonatkozóan inhomogén véletlen gráfokban. Vizsgálatainkban az egyes csúcsok egy típusal rendelkeznek egy véges halmazból, és a típusoktól függően különböző valószínűségekkel húzzuk be az éleket a gráfban. A felhasznált módszerek merítenek az említett két cikk gondolataiból, ugyanakkor túl is mutatnak rajtuk. A bizonyítás egy természetes módja, hogy a gráfban elindított kereső bejárást a megfelelő elágazó folyamathoz csatoljuk. Az élsúlyok és a típusok bevezetésével azonban nem elegendő diszkrét időben dolgozni, hanem folytonos idejű többtípusos elágazó folyamatok elméletének [3] alkalmazása szükséges. Ráadásul a típusokkal elvesztjük azt a kellemes tulajdonságot is, hogy az utódok száma független azonos eloszlású valószínűségi változó, ezáltal az egytípusos egyszerű érvelések helyett bonyolultabb technikák szükségesek.

Irodalom:

1. Bollobás B, S. Janson, O. Riordan. (2007). The phase transition in inhomogeneous random graphs. *Random Struct Algor* , 3-122.
2. S. Bhamidi, R. van der Hofstad, G. Hooghiemstra. (2011). First passage percolation on the Erdős-Rényi random graph. *Combinatorics, Probability and Computing* , 20: 683-707 .
3. K.B. Athreya, P.E. Ney. (2004). Branching Processes. *Dover Publications*

A létra és az n-prizma gráfok optimális murvázási száma

Papp László, Msc II. évf.

Konzulens: Dr. Katona Gyula Y., BME Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

Algebrai és számelméleti problémák megoldása során vezették be az úgynevezett kövezési szám fogalmát[1]. Chung fogalmazta meg a problémakört gráfelméleti nyelven[2]. Ezután saját területté nötte ki magát a gráfelméleten belül. A gráfok kövezése tekinthető egy játékként, melyben a gráf csúcsaira köveket teszünk, majd azokat a következő szabály szerint mozgatjuk: Egy csúcsra akkor helyezhetünk fel egy követ, ha valamelyik szomszédjáról leveszünk két követ. Ennek általánosítása [3] a murvázás. Ekkor nem követeljük meg, hogy a két kő amit leveszünk azonos csúcson legyen. Kövek egy kezdeti elosztását megoldhatónak nevezzük ha abból kiindulva murvázási lépések sorozatával bármelyik csúcsra követ tudunk juttatni. A legkisebb megoldható elosztás mérete az optimális murvázási szám.

Dolgozatomban gráfok optimális murvázási számait határozom meg. Kétféle gráfot vizsgállok elsősorban. Ez a két gráf típus a létra és az n-prizma. A létra egy tetszőleges hosszúságú út és a két csúcsú teljes gráf direkt szorzata. Az n-prizma a létrától annyiban tér el, hogy az út helyett kör szerepel a direkt szorzatban. Ezeknek az optimális kövezési számát már korábban meghatározták [4], azonban az optimális murvázási számuk eddig ismeretlen volt.

A létrára vonatkozó eredményeket végtelen leszállással igazolom. A bizonyítás során felhasználok több a területen használatos eszközt, például a kövezési súlyösszeget. A kerékre vonatkozó formulák bizonyítása során a létrákra vonatkozó eredményeimből indulok ki, majd a 2-optimális murvázási számokra való kitéréssel érek célt. Technikai lemmaként meghatározom a körök 2-optimális murvázási számának értékét is. A létra és a kerék optimális murvázási számára tömör, az út, illetve a kör hosszának hárommal vett osztási maradékától függő formulát adok. Végül megmutatom, hogy a Möbius létra és az n-prizma gráfok optimális murvázási száma megegyezik a négy hosszú eset kivételével.

Irodalom:

1. P. Lemke and D. Kleitman, An addition theorem on the integers modulo n , J. Number Theory, 31:-345, .
2. F.R.K. Chung. Pebbling in hypercubes. SIAM J. Discrete Mathematics, 2(4):467–472, 1989.
3. Christopher Belford and Nándor Sieben, Rubbling and optimal rubbling of graphs., Discrete Math. 309:3436–3446.
4. David P. Bunde, Erin W. Chambers, Daniel Cranston, Kevin Milans, Douglas B. West, Pebbling and optimal pebbling in graphs, J. Graph Theory 57 (3) 215_238.

Null-összegek véges Abel-csoportokban

Magyar András, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Sándor Csaba, BME Sztochasztika Tanszék

A kombinatorikus számelmélet egyik alapköve az Erdős-Ginzburg-Ziv-tétel, amely azt mondja ki, hogy $2n-1$ egész számból biztosan kiválasztható n darab úgy, hogy ezek összege osztható n -nel, sőt a $2n-1$ korlát éles is. A tétel megszületése után sok újabb bizonyítás és általánosítás született. Egy általánosítási irány lehet az, hogy az Erdős-Ginzburg-Ziv-tétel eredményét ciklikus csoportokra fogalmazzuk meg, és a tételre támaszkodva a ciklikus csoportokhoz egy $s(\mathbb{Z}_n)$ konstans rendelhetünk, még pedig azt a legkisebb egész számot, mely hosszú \mathbb{Z}_n -beli sorozatból kiválasztható exponens ($\exp(\mathbb{Z}_n)$) darab, melyek összege a csoport 0-elemét adja.

Tetszőleges Abel-csoport esetén hasonlóan defináljuk $s(G)$ -t. Bevezetve továbbá az $\eta(G)$ (legkisebb egész, amely hosszú G -beli sorozat már tartalmaz legfeljebb $\exp(G)$ hosszú 0-összeget) konstans egy egyszerű egyenlőtlenség adódik az előbbi két mennyiség között, mely minden csoportra teljesül. Mai napig nyitott probléma, hogy ténylegesen itt egyenlőség áll-e. Pozitív a válasz azokban az esetekben, amikor a csoport rangja legfeljebb 2, valamint ha a csoport exponense legfeljebb 4. A konstansok egy kézen fekvő általánosítása, hogy tetszőleges k pozitív egész esetén a $k \cdot \exp$, ill. a legfeljebb $k \cdot \exp$ hosszú 0-összegeket vizsgáljuk. Így jutunk el $s_k(G)$ és $\eta_k(G)$ konstansokhoz, melyek $k=1$ esetén persze $s(G)$ -t és $\eta(G)$ -t adják.

A dolgozatban elsőként megmutatjuk, hogy egy olyan egyenlőtlenség áll fenn e két általánosabb konstans között, amely $k=1$ speciális esetben visszaadja $s(G)$ és $\eta(G)$ -re vonatkozó már említett egyenlőtlenséget. Majd ezt követően megmutatjuk, hogy tetszőleges k -ra valójában az egyenlőség teljesül, amennyiben a csoport rangja legfeljebb 2. Továbbá megmutatjuk, hogy ha az exponens legfeljebb 4, akkor egy csoport kivételével a 3 rangú csoportokra is tetszőleges k esetén igaz az egyenlőség. Ezen túl megmutatjuk, hogy tetszőleges G -re, ha k „elég nagy”, akkor szintén igaz az egyenlőség. Végül igazoljuk az egyenlőséget több egyéb csoportnál.

Irodalom:

1. W. Gao & A. Geroldinger, „Zero-sum problems in finite abelian groups: A survey”, *Expositiones Mathematicae* 24, 337-369, (2006).
2. W. Gao, „A note on a zero-sum problem”, *J. Combin. Theory* 95, 387-389, (2002).
3. A. Geroldinger & I. Ruzsa, „Combinatorial Number Theory and Additive Group Theory”, Birkhäuser, (2000).

Grafikus matroidok összegének grafikussága

Csehi Csongor György, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Recski András, BME Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

A matroidelmélet a matematika egy újnak számító ágazata, melyet főként a huszadik század közepétől vizsgálnak. A matroid fogalom tekinthető mind a gráf, mind a mátrix fogalom általánosításának. Főleg a statikában és a villamosságban álják a matroidokat.

A kutatásom háttérében az a sejtés áll, miszerint ha grafikus matroidok összege nem grafikus, akkor nem is bináris. Ha elindulunk a legegyszerűbb eseteken, elsőként láthatjuk, hogy azok az élek, amik legalább az egyik matroidban nem tartoznak egyetlen körhöz sem, az összegben sem tartoznak körhöz. Második megállapítás, hogy az egyik összeadandóban hurokéleknek megfelelő összegbeliek viselkedését a másik összeadandóban betöltött szerepe határozza csak meg. Ezek után azokat az eseteket vesszük sorra, ahol az egyik matroid nagy része hurokél.

Egy speciális esetre kezdte el vizsgálni a problémát Recski András, amikor az egyik összeadandóban két párhuzamos él van, a többi pedig hurok. Ekkor az összeg grafikusságát egyetlen tiltott minorral lehetett jellemezni, amelynek jelenléte esetén az összeg nem is volt bináris. Arra a két esetre, amikor három él van ami nem hurok, azaz amikor van egy három hosszú kör, vagy amikor három párhuzamos él van, meghatároztam, hogy milyen minorok kelljenek ahhoz, hogy az összeg ne legyen grafikus. Hasonló eredmény született, hiszen pontosan ugyanekkor romlott el a bináriság feltétele is.

Tutte tétele szerint egy matroid pontosan akkor bináris, ha nincs benne $U_{4,2}$ minor, ezen felül pedig pontosan akkor grafikus, ha nincsenek benne F_7 , F_7^* , $M^*(K_3,3)$, $M^*(K_5)$ minorok sem. Ez alapján ha belátnánk, hogy az összegben vagy keletkezik $U_{4,2}$, vagy egyik minor sem jön létre, azzal igazolnánk a sejtést. Az általános sejtés változatlanul nyitott, viszont az ezen két esetre adott megoldás elősegíti az összegstruktúra jobb megértését.

Irodalom:

1. L. Lovász and A. Recski, On the sum of matroids, Math. Acad. Sci. Hungar., 24-333, 1973.
2. A. Recski, Matroids – the Engineers' revenge WJ Cook, L Lovasz, J Vygen (szerk.) Research trends in combinatorial optimization, Bonn, Németország, 2008.11.03-2008.11.07. Springer-Verlag, pp. 387-398.
3. A. Recski, On the sum of matroids II, . British Combinatorial Conf. Aberdeen, -520, 1975.
4. A. Recski, Matroid Theory and its Applications in Electric Network Theory and in Statics, Berlin, 1989.

Félcsoportok mátrixrepresentációinak dimenziói

Zubor Márton, Msc I. évf.

Konzulens: Dr. Nagy Attila, BME Algebra Tanszék

A félcsoportelméletben fontos kutatási irány a félcsoportok reprezentációja valamely test feletti mátrixokkal. Dolgozatomban, amely pozitív válaszokat ad az [1] cikkben megfogalmazott problémákra, ilyen reprezentációkkal foglalkoztam egy érdekes szempont szerint, középpontba állítva véges félcsoport hű mátrixreprezentáció szerinti képe által generált részalgebra dimenzióját.

Az [1] cikk definíciója szerint akkor mondjuk, hogy egy k nem-negatív egész szám reprezentálható egy n pozitív egész számmal egy F test felett ha $k \leq n$ és létezik egy n -elemű S félcsoport és megadható S -nek az F feletti $n \times n$ -es mátrixok algebrája multiplikatív struktúrájába olyan γ injektív homomorfizmusa hogy az S γ szerinti képe által generált részalgebra dimenziója $n-k$.

A dolgozatom első részében összefoglalt vizsgálatok fő eredményeként sikerült meghatároznom tetszőleges k nem-negatív egész és tetszőleges F test esetén mindazon n pozitív egész számokat, amelyekkel k reprezentálható F felett.

Ezt követően a fenti problémát vizsgáltam, olyan esetekben, amikor a reprezentáció speciális típusú. A dolgozatomban ismertetni fogok néhány eredményt a reguláris reprezentációval kapcsolatban az [1] cikk alapján, illetve megvizsgálom a kérdést abban az esetben ha a reprezentációban szereplő mátrixok diagonálisak. Megvizsgáltam továbbá a null-félcsoport bizonyos reprezentációt. Ezek azért érdekesek mert néhány kivételtől eltekintve egy k nem-negatív egész ugyanazokkal az n pozitív egészekkel reprezentálható ebben az esetben is mint amikor nem volt semmilyen megkötés a reprezentációra. Ezen reprezentációk közül különösen érdekesek melyekben a félcsoport null-elemét nem a nullmátrix reprezentálja.

Irodalom:

1. A. Nagy, Representable Nonnegatív Integers Over a Field (kézirat)

FOLYTONOS MATEMATIKA SZEKCIÓ

Helyszín: H ép. IV. em. 406.

- Zsúri elnök:** Dr. Rónyai Lajos, tanszékvezető, egyetemi tanár
BME Matematika Intézet, Algebra Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Györfi László, intézetigazgató, egyetemi tanár
BME Matematika Intézet, valamint BME Villamosmérnöki Kar,
Számítástudományi és Információelméleti Tanszék
- Dr. Székely Balázs, adjunktus
BME Matematika Intézet, Geometria Tanszék
-
- 09³⁰** Vágó Lajos, MSc II. évf., *A Barabási-féle prioritási modell általánosítása*
Konzulens: Dr. Simon Károly és Komjáthy Júlia, BME Sztochasztika tanszék
- 09⁵⁵** Folly Áron, Msc. I. évf., *Irreverzibilis Markov láncok és elektromos hálózatok*
Konzulens: Dr. Balázs Márton, BME Sztochasztika Tanszék
- 10²⁰** Ivanics Péter, BSc IV. évf., *Harmadrendű Fuchs-féle egyenlet dimenziójának vizsgálata*, Konzulens: Dr. Szabó Szilárd, BME Geometria Tanszék
- 10⁴⁵** Szabó Dávid Zoltán, MSc I. évf., *Osztási módszerek összehasonlítása ismétlődő kártyák esetén*, Konzulens: Dr. Balázs Márton, BME Sztochasztika Tanszék
- 11¹⁰** 15 perc szünet
-
- 11²⁵** Vajna Szabolcs, MSc. II. évf., *Kommunikációs dinamika modellezése*
Konzulens: Dr. Kertész János, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 11⁵⁰** Varga Gabriella, BSc V. évf., *Lur'e típusú rendszerek stabilizálása NMPC módszerrel állapot és vezérlés korlátok mellett*
Konzulens: Dr. Gyurkovics Éva, BME Differenciálegyenletek Tanszék

A Barabási-féle prioritási modell általánosítása

Vágó Lajos, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Simon Károly és Komjáthy Júlia, BME Sztochasztika tanszék

Számos szociális, technológiai és gazdasági jelenség háttérében egyetlen ember cselekedetei állnak, így napjainkban fontossá vált a különböző emberi viselkedések tudományos vizsgálata. Szokványos modellek az emberi cselekvések időbeli eloszlását Poisson-folyamattal közelítik, ez a közelítés azonban nem mindig állja meg a helyét. Valójában vannak olyan folyamatok is, melyeknél rövid időszakok alatt hullámszerűen sok cselekvés történik, és ezeket hosszabb, kisebb intenzitással jellemezhető időszakok kötik össze. Ebből kifolyólag egy adott cselekvés utáni következő cselekvés beérkezési idejének eloszlása gyakran hatványlecsengésű. Ilyen eloszlást követ például az egy ember által kezdeményezett telefonhívások közt eltelt idő is, amit jól jellemez a most következő Barabási modell [1]: minden embernek van egy L hosszú listája, amin az elvégzendő feladatokat tárolja. Az egyes feladatok független azonos eloszlású prioritással érkeznek, diszkrét időközönként. Ugyanakkor, minden egyes időpontban egy feladatot hajtunk végre: p valószínűséggel a prioritás függvényében választott, $1-p$ valószínűséggel pedig egy egyenletesen választott feladatot.

Dolgozatomban a Barabási modell két változatát vizsgálom:

- a) az első esetben p valószínűséggel a legnagyobb prioritású feladatot hajtjuk végre,
- b) a másodikban viszont p valószínűséggel a prioritások arányában választunk feladatot a listáról.

Az utóbbi modellt én vezettem be, az irodalomban eddig nem vizsgálták. Meghatározom stacionárius állapotban a listán bent maradt feladat prioritásának eloszlását numerikusan, illetve szintén stacionárius esetben egy feladat listán töltött várható idejét analitikusan.

Az a) esetben, ha a lista hossza $L=2$, analitikusan számolható a listán bent maradt feladat prioritásának eloszlása [2]. Én erre adok egy új, valószínűség-számítási interpretációt, továbbá a listán töltött várható idő meghatározásával foglalkozom $p=1$ esetben, amikor stacionárius eloszlás nem létezik. Ez az eset egy adott háttéreloszlásból érkező valószínűségi változó sorozat rekordjainak vizsgálatát igényli.

Irodalom:

1. A.-L. Barabási, The origin of bursts and heavy tails in human dynamics, Nature 435, 207 (2005).
2. A. Vázquez, Exact results for the Barabási model of human dynamics, Phys. Rev. Lett. 95, 248701 (2005)

Irreverzibilis Markov láncok és elektromos hálózatok

Folly Áron, Msc. I. évf.

Konzulens: Dr. Balázs Márton, BME Sztochasztika Tanszék

Létezik egy jól ismert, konstans szorzó erejéig egyértelmű megfeleltetés reverzibilis Markov láncok és ellenállás-hálózatok között. Ebben a megfeleltetésben számos fizikai mennyiség (áram, feszültség, effektív ellenállás) és valószínűségszámítási fogalom (stacionárius eloszlás, egy élen való áthaladások várható száma, elérési idő várható értéke) megfeleltethető egymásnak. Ezen eszközök segítségével különböző valószínűségszámítási tételek könnyen és elegánsan bizonyíthatóak.

Ezen dolgozat alapját ennek a megfeleltetésnek az általánosítása adja. Hasonló, lényegében egyértelmű megfeleltetés mutatható irreverzibilis Markov láncok és speciális elektromos hálózatok között. Ezen áramkörök alapegységei ellenállások és feszültségerősítők, a gráf egy élének két ellenállás és a közójük sorba kötött feszültségerősítő felel meg. Felmerül a kérdés, hogy a megadott speciális áramkörök közül melyek származhatnak egy irreverzibilis bolyongásból, erre mutatok egy nem-triviális feltételt, ez a markovitási feltétel. A dolgozat célja a reverzibilis esethez hasonló tételek bizonyítása irreverzibilis Markov láncok esetére.

Áramköreink alapegységeihez olyan transzformációs tulajdonságokat adunk meg, melyek az áramkörben fellépő feszültségek és áramerősségek kiszámítását megkönnyítik. Ez egyben a kapcsolódó Markov lánc bizonyos mennyiségeinek kiszámításában is segít.

Ellenállás-hálózatok esetében az effektív ellenállás meghatározásának fontos eszköze a soros és párhuzamos kapcsolások effektív ellenállására való összefüggés, valamint a csillag és delta kapcsolások helyettesíthetősége. A soros és párhuzamos kapcsolások, illetve a csillag delta kapcsolással való helyettesíthetősége esetében ez az összefüggések általánosíthatóak, a delta csillaggal való helyettesítése azonban csak paraméterekre vonatkozó feltételek teljesülése esetén valósítható meg.

Reverzibilis bolyongások tranzienciája, illetve rekurrenciája vizsgálható a fenti módszerek segítségével, egy szép bizonyítás adható a Pólya-tételre is. Ezen bizonyítások kulcsa azonban Rayleigh monotonitási törvénye, amely a speciális áramkörök esetében nem teljesül (erre mutatok ellenpéldát), így ezek a tételek nem mennek át az általánosításra.

A reverzibilis esetben a commute time és a cover time-ra vonatkozó tételek ismertek. Egyes tételeket, mint például a commute time (egy bolyongás két állapota közötti commute time, a két állapot közötti oda-vissza út várható lépésszáma) és az effektív ellenállás közötti összefüggésre vonatkozót, általánosítva is bizonyítottak.

Irodalom:

1. Peter G. Doyle and J. Laurie Snell, „Random walks and electric networks”, http://arxiv.org/PS_cache/math/pdf/0001/0001057v1.pdf, 2000.
2. Ashok K.Chandra, Prabhakar Raghavan, Walter L. Ruzzo, Roman Smolensky and Prasoona Tiwari, „The electrical resistance of a graph captures its commute and cover times”, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=74CF015EB4DC75CED41C55C80D44DDA6?doi=10.1.1.3.8954&rep=rep1&type=pdf>, 1989.

Harmadrendű Fuchs-féle egyenlet dimenziójának vizsgálata

Ivanics Péter, BSc IV. évf.

Konzulens: Dr. Szabó Szilárd, BME Geometria Tanszék

A dolgozat geometriai motivációja a logaritmusos konnexiók modulusterének koordinátázása egy nyílt halmazon, amely az N dimenziós komplex projektív téren megadott $P=\{t_0, t_1, \dots, t_n\}$ szingularitásokkal és $Q=\{q_1, q_2, \dots, q_N\}$ látszólagos szingularitásokkal jellemzett Fuchs-féle differenciálegyenlet vizsgálatára vezet. Utóbbi egy közönséges, lineáris, racionális együtthatós differenciálegyenlet. A szingularitások száma adott a modulustér által, míg a látszólagos szingularitások számát a modulustér fibrumának dimenziója adja, amely végső soron a koordinátázáshoz szükséges. A differenciálegyenlet rendjét szintén a modulustér határozza meg.

A fellépő Fuchs-féle differenciálegyenlet együtthatói megadott rendű polinomok hányadosaiként jelentkeznek. A feladat: a P, Q halmazoknak, a szingularitások sajátértékeinek és egyéb paramétereknek a függvényében eldönteni, hogy meghatározhatóak-e egyértelműen a differenciálegyenlet együtthatói, avagy nem. Korábban már a másodrendű eset általános tárgyalása tetszőleges véges számosságú P és Q halmazra megtörtént pozitív válasszal.

Jelen munkában a harmadrendű esetet tárgyaljuk először általános n -re, majd a számítások nehézsége miatt választ a kérdésre – egyelőre – csak $n=2$ és $n=3$ esetben tudunk adni. Az együtthatókra vonatkozó egyenleteket Frobenius-módszerrel állítjuk elő a differenciálegyenletből, majd az így nyert lineáris egyenletrendszer rangját vizsgáljuk. Az $n=2$ esetben ez egy 15×15 -ös, míg az $n=3$ esetben egy 39×39 -es mátrixhoz vezet, melyek determinánsát konfluens Vandermonde-mátrixok segítségével tudjuk kiszámolni. A magasabb n értékű és a magasabb rendű esetek további vizsgálódás tárgyát képezik. Az általános esetet a [3] vizsgálja más módszerekkel.

Irodalom:

1. Sz. Szabó, „The dimension of the space of Garnier equations with fixed locus of apparent singularities”, manuscript (2011).
2. M. van der Put and M. F. Singer, „Galois Theory of Linear Differential Equations”, Springer-Verlag, 157-185 (2003).
3. B. Dubrovin and M. Mazzocco, „Canonical structure and symmetries of the Schlesinger equations”, Communications in Mathematical Physics, 271 (2), 289-373 (2007).

Osztási módszerek összehasonlítása ismétlődő kártyák esetén

Szabó Dávid Zoltán, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Balázs Márton, BME Sztochasztika Tanszék

A dolgozatban kártyaosztási módszereket hasonlítottunk össze, Conger és Howald eredményeit általánosítottuk. Ők három ismert osztási módszert hasonlítottak össze 52 kártya, 4 játékos és csupa különböző típusú kártya esetére, a játékosok által kapott kártyák szerint. A munkánk fő általánosítása, hogy ezen osztási módszereket összehasonlítottuk olyan esetekre, amikor a pakli tetszőleges különböző típusú kártyát tartalmazhat, melyeket csak a típusuk alapján különböztetünk meg egymástól, emellett a pakliban levő kártyák száma, a kezdeti pakli és a játékosok száma is tetszőleges lehet.

Modellünkben a kezdeti paklin egy a -keverést hajtottunk végre, majd a kártyákat kiosztottuk a játékosoknak. Az a -keverés lényege, hogy a paklit a multinomiális eloszlást követve a darab különböző részre szétszedjük, majd a különböző részeket egy időben összefésüljük úgy, hogy bármelyik különböző összefésülésnek ugyanannyi a valószínűsége. A keverés után a kártyákat egy előre meghatározott osztási módszer alapján kiosztjuk a játékosoknak. A munkában azt vizsgáltuk meg, hogy egy olyan modellben, ahol ismétlődő kártyák is előfordulhatnak, a különböző osztási módszerek milyen gyorsan véletlenszerűsítik a játékosok által kapott kártyákat egy a -keverés után. A kérdés megválaszolásához a variációs távolságot használtuk, melyet Conger és Howald eredményének segítségével sorba fejtettünk, és a sorfejtés főtagjának együtthatóját vizsgáltuk meg a különböző osztási módszereknél. A dolgozatban beláttunk egy általános formulát, mely tetszőleges osztási módszerre megadja a főtag együtthatóját, tetszőleges pakliméret, a paklin belül tetszőleges különböző számú kártyatípus, és tetszőleges számú játékos esetére. A formula részeredményeinek segítségével bebizonyítottuk, hogy tetszőleges kezdeti pakli mellett, három, a gyakorlatban használt, közismert osztási módszernél a főtag együtthatói között s -szeres különbségek vannak, ahol s jelöli a játékosok által kapott kártyák számát. Ezzel egyúttal beláttuk azt is, hogy a hatékonyabb módszerre való áttéréssel $\log_2 s$ darab a -keverést tudunk megspórolni nagy a esetén, ahol már a sorfejtés főtagjának az együtthatója a domináns. A munka végén néhány speciális esetre kiszámoltuk az együttható értékeket a három osztási módszer esetén.

Kommunikációs dinamika modellezése

Vajna Szabolcs, MSc. II. évf.

Konzulens: Dr. Kertész János, BME Elméleti Fizika Tanszék

Napjainkban hozzáférhetővé váltak olyan elektronikus adatbázisok [1], amelyek részletes adatokat tartalmaznak az emberi telefonálási és email-küldési szokásokról. Ezek vizsgálata egyrészt új utat nyitott a szociális hálózat vizsgálata előtt, másrészt lehetővé tette az emberi viselkedés statisztikus vizsgálatát. Az első érdekes megfigyelés az említett témakörben, hogy az emberi cselekvések (pl. telefonhívások indítása, emailek írása, könyvtári kölcsönzések) közt eltelt idő (inter-event time) eloszlása hatványfüggvényeszerű viselkedést mutat [2]. A hatványeloszlás következménye, hogy minden (legalábbis széles) skálán megfigyelhetők inaktív és kiemelten aktív periódusok, az ún. 'burst'-ok. A telefonálási szokásokat leíró egyéb statisztikus jellemzőkben is megfigyelhetők széles eloszlások (pl. az autokorrelációs függvény). A kutatócsoport a rendelkezésre álló adatbázist már részletesen tanulmányozta [2-3]. Munkám fő célja találni olyan egyszemélyes telefonálási modellt, ami reprodukálni tudja a kutatócsoport által mért mennyiségeket és mintázatokat. Ennek során több modellt is részletesen vizsgáltam, végeztem analitikus számításokat és numerikus szimulációkat is.

Először prioritás alapján rendezett dinamikus listára épülő modellt tanulmányoztam. A modell sztochasztikus, és konstrukciója olyan, hogy elvileg bármilyen cselekvéseket tartalmazhat a lista (bennünket ezek közül csak a telefonálás érdekel). Numerikus számításaim eredményei szerint a modell képes produkálni hatványlecsengésű autokorrelációs függvényt és 'inter-event time' eloszlást. Megmutattam, hogy ha feltételezzük, hogy az egyik hatványlecsengést mutat, abból következik, hogy a másik is, valamint az exponensek eleget tesznek egy skálatörvénynek. Ez utóbbi eredményem modellek szélesebb körére is kiterjeszthető (független 'inter-event time' eloszlású folyamatokra). Megmutatták [3], hogy hatványeszerű 'inter-event time' eloszlásokat eredményezhet inhomogén, kaszkád Poisson folyamat is. Megvizsgáltam, hogy az eredeti, modellezéshez túl bonyolult konstrukció egyszerűsített változata képes-e reprodukálni az adatbázisban talált mintázatokat.

Egy megfelelő egyszemélyes modell megtalálása után további vizsgálatok tárgyát képezi a hálózat résztvevői között létrejövő kölcsönhatások beillesztése a modellbe és ezek következményeinek tanulmányozása.

Irodalom:

1. Aiello W, Chung F & Lu L (2000) Proceedings of the 32nd ACM Symposium on the Theory of Computing (ACM, New York), pp. 171–180.
2. J.-P. Onnela, et al. Structure and tie strengths in mobile communication networks, PNAS 104,7332-7336 (2007), <http://lanl.arxiv.org/abs/physics/0610104>
3. Jo, H-H., et al. Circadian pattern and burstiness in human communication activity. arXiv:1101.0377 (2011).
4. Barabási A.-L. The origin of bursts and heavy tails in human dynamics. Nature 435 207-211 (2005).
5. Malmgren, R.D. et al. A Poissonian explanation for heavy tails in e-mail communication. Proc. Natl. Acad. Sci. 105, 18153-18158 (2008).

Lur'e típusú rendszerek stabilizálása NMPC módszerrel állapot és vezérlés korlátok mellett

Varga Gabriella, BSc V. évf.

Konzulens: Dr. Gyurkovics Éva, BME Differenciálegyenletek Tanszék

A csúszó időhorizont módszer (nonlinear model predictive control, NMPC) az utóbbi 15-20 évben alakult ki, és ma is kutatások tárgya. NMPC segítségével nemlineáris irányítási rendszerek állapot és vezérlés korlátokkal is stabilizálhatóak, ami sok ipari irányításelméleti problémát magában foglal (pl. robot kar mozgatása).

NMPC alapötlete: egy végtelen időintervallumon vett optimalizálási feladat helyett véges időintervallumokon vett optimalizálási feladatok egy sorozatát tekintjük. Mára számos NMPC alapú módszert fejlesztettek ki, melyek garantálják a stabilitást. Ezen módszerek egyik hátránya, hogy az optimalizálási probléma nem biztos, hogy konvex lesz, és így szükséges számítása ráfordítás igen nagy lehet. Az utóbbi időben a vizsgálatok egy jelentős része arra irányul, hogy speciális feladatosztályok esetén hatékony algoritmusokat dolgozzanak ki. Az [1] cikkben folytonos idejű Lur'e típusú rendszerek esetén alkalmazható módszert javasoltak. Megmutatták, hogy egy változó „trial and error” típusú rögzítésével a feladat lineáris mátrix-egyenlőtlenségek (LMIs) megoldására vezethető vissza.

A [2] eredményeit felhasználva, a dolgozatban olyan megoldást keresünk, melynek segítségével ez a változó is mindig szabad lesz, de továbbra is LMI-k segítségével megoldható. Ezen új módszer helyességét bizonyítom. Megvizsgálom, hogy milyen hatással van a vizsgált rendszerre, milyen módon befolyásolja a stabilizáció sebességét, és a célfüggvény értékét. Ezen vizsgálatok numerikus szimulálásához a MATLAB LMI Lab eszköztárát használom.

Irodalom:

1. F. Allgöwer et al., „Predictive Control for Lure Systems Subject to Constraints Using LMIs”, Proc. ECC'09, Budapest (2009).
2. Gyurkovics É. és Takács T., „Application of matrix multipliers in case of conic uncertainty sets”, Proc. ECC'09, Budapest (2009).

NUKLEÁRIS TECHNIKA SZEKCIÓ

Helyszín: R ép. IV. em. 438.

(megközelíthető a D ép. felől)

Zsúri elnök: Dr. Gál Kinga, tudományos főmunkatárs
MTA KFKI, Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet,
Plazmafizikai Főosztály

Zsúri tagok: Dr. Makai Mihály, egyetemi tanár
BME Nukleáris Technika Intézet, Nukleáris Technika Tanszék
Dr. Pór Gábor, egyetemi docens
BME Nukleáris Technika Intézet, Nukleáris Technika Tanszék

09⁰⁰ Balogh Csaba István, MSc II. évf., *Az ISP-33 kísérlet modellezése az APROS kóddal*
Konzulens: Csige András, BME Nukleáris Technika Tanszék

09²⁵ Csépany Gergely L., MSc II. évf., *Tokamakokban keletkező elfutó elektronok kinetikus szimulációja*
Konzulensek: Dr. Pokol Gergő és Papp Gergely, BME Nukleáris Technikai Intézet

09⁵⁰ Guszejnov Dávid, MSc I. évf., *Gyors lehűlés által okozott tranziens áramok tokamak plazmákban*, Konzulensek: Dr. Fülöp Tünde, Chalmers University of Technology és Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technikai Intézet

10¹⁵ Horváth László, BSc III. évf., *Tranziens plazmahullámok által okozott gyorsion-veszteségek kvantitatív jellemzése*
Konzulens: Dr. Pokol Gergő és Papp Gergely, BME Nukleáris Technika Tanszék

10⁴⁰ 15 perc szünet

10⁵⁵ Kómár Anna, MSc I. évf., *Elfutó elektronok és fűtő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban*, Konzulensek: Dr. Fülöp Tünde, Chalmers University of Technology és Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technikai Intézet

11²⁰ Lazányi Nóra, MSc II. évf., *ELM-ekhez kapcsolódó gyors ion veszteségek az ASDEX Upgrade tokamakon*, Konzulensek: Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék és Maunel García-Muñoz, Max Planck Institut für Plasmaphysik, Garching

Az ISP-33 kísérlet modellezése az APROS kóddal

Balogh Csaba István, MSc II. évf.

Konzulens: Csige András, BME Nukleáris Technika Tanszék

A nukleáris létesítmények biztonságának fontos kérdéseivel foglalkozik az OECD/NEA/CSNI által megfogalmazott International Standard Problem (ISP). Különös figyelmet fordítva a könnyűvízes reaktorok hűtőközeg vesztéses üzemvarainak és tranzienseinek termohidraulikai viselkedésére. Az ISP-33 alapja egy természetes cirkulációs kísérlet a PACTEL berendezésben különböző hűtőközeg mennyiségek mellett.

A PACTEL (PARalell Channel TEst Loop) a kereskedelmi PWR-ek főberendezéseit és a primer hurkait modellezi, feltételezett kis és közepes LOCA, természetes cirkuláció és különböző tranziensek esetén. A PACTEL referencia reaktora a jelenleg Finnországban, Loviisában üzemelő 6 hurkos VVER-440 típusú könnyűvízes reaktor.

Az ISP-33 fő célja a hozzá hasonló kísérletekkel együtt, hogy tanulmányozzák a természetes cirkulációt VVER atomerőművekben egy- és kétfázisú áramlás esetén. Ebben a kísérletben a zónában megtermelt hőt a hűtőközeg szállítja a gőzfejlesztőkbe. A gőzfejlesztők szekunder jellemzőit névleges értéken tartva, miközben a primerköri hűtővíz mennyiségét lépésenként csökkentik, a következő folyamatok zajlanak le:

- Egyfázisú természetes cirkuláció.
- Kétfázisú természetes cirkuláció folyamatos folyadék áramlással.
- Természetes cirkuláció, reflux-condenser-üzem.
- A szárazon maradt zóna hűtése részben túlhevített gőzzel.

A leürülési periódusok a stabil periódusokkal összehasonlítva nagyon rövidek. Ez azért van, hogy a különböző természetes cirkulációs folyamatok tisztán azonosíthatóak legyenek a kísérlet folyamán. A kísérlet lefolytatása után utólagosan több szimulációt készítettek. A dolgozat célja egy hasonló utólagos számítás elvégzése az APROS termohidraulikai rendszerkód segítségével.

Irodalom:

1. Jari Tuunanen, Jyrki Kouhia, Heikki Purhonen, vesa Riikonen, Markku Puustinen, R. Scott Semken, Harri Partanen, Ilkka Saure, Hannu Pylkkö: General description of the PACTEL test facility, Espoo, 1998.
2. H. Purhonen, J. Kouhia, H. Holmström: ISP 33, PACTEL natural circulation stepwise coolant inventory reduction experiment Comparison Report, Volume I & II, 1994.
3. APROS Nuclear with Containment model Documentatio, VTT, 2008.

Tokamakokban keletkező elfutó elektronok kinetikus szimulációja

Csépány Gergely L., MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Pokol Gergő és Papp Gergely, BME Nukleáris Technikai Intézet

A fúziós plazmafizika modern, nagyméretű berendezéseinek, a tokamakoknak egy komoly problémája a diszrupció során jelentkező elfutó elektronok előrejelzése, kezelése. Az elfutó elektronok a toroidális elektromos tér hatására relativisztikus sebességre felgyorsuló részecskék, melyek számottevő energiát hordoznak és károsíthatják a vákuumkamra falát. Ezen részecskék árama meghatározó mértékben módosítja az őket keltő elektromos teret. Az elfutó elektronok önkonzisztens modellezésére korábban az ARENA kódot fejlesztették ki, amely igen jó egyezést mutatott az elméleti modellekkel [1, 2]. A kód fejlesztése azonban mintegy 7 éve abbamaradt, az eredeti változat nem futásidő optimalizált, és hiányoznak belőle a pontos fizikai előrejelzéshez szükséges, azóta felfedezett effektusok.

A munkám első részében ezt a kódot újítottam fel, melynek része volt, hogy az eredeti Fortran 77 nyelvről Fortran 90-re írtam át, valamint a nyelv lehetőségeitől függően gyorsítottam a kódon. A kód átírása során számos, külső könyvtárakból származó lineáris algebra rutint cseréltem ki optimalizált változatokra, illetve megszabadultam sok, nehezen átlátható globális változótól és helyettük a Fortran 90 moduljait vezettem be. A felhasználhatóságon úgy javítottam, hogy a ki- és bemeneti adatokat fizikailag releváns adatstruktúrákba szerveztem és ezeket egy központi adatbázisban tároltam el. A kód nagymértékű változása és az új numerikus módszerek beépítése miatt alapvető követelmény a kód verifikációja.

A kód verifikációja három fő mozzanatból áll: 1) A Monte Carlo magnak külső tér hiánya esetén tartania kell a részecskék Maxwell-eloszlását, 2) az elsődleges (Dreicer) elfutó elektronok keletkezési mechanizmusnak és 3) a másodlagos (lavina) keletkezésnek – a megfelelő határesetben – egyeznie kell az elméleti számításokkal. A verifikációs eredményekre egy példa, hogy a Maxwell-eloszlás megtartását sikerült elérnem az új kóddal: a külső elektromos tér kikapcsolása esetén több, mint 100 elfutó elektron ütközési ideig megtartotta a Monte Carlo mag az elektronok kezdeti Maxwell-eloszlását.

A projekttel részt veszünk az EFDA Integrált Tokamak Modellezési munkacsoportban, melynek célja a jelenleg létező fúziós plazmafizikai kódok egyesítése. Ehhez rendelkezésre áll a Kepler nevű munkafolyamat-szervező keretprogram, amely képes a megfelelően felkészített kódok közötti kommunikációt és adatmozgatást kezelni, így igen összetett problémák szimulációja is megoldható. A kód fejlesztése során szem előtt tartottam az integrációt ebbe a rendszerbe és úgy alakítottam ki a modulokat, hogy ez lehetségesse váljon.

Irodalom:

1. L.-G. Eriksson and P. Helander, "Simulation of runaway electrons during tokamak disruptions," Computer Physics Communications, vol. 154, no. 3, pp. 175-196, Aug. 2003.
2. L.-G. Eriksson, P. Helander, F. Andersson, D. Anderson, and M. Lisak, "Current Dynamics during Disruptions in Large Tokamaks," Physical Review Letters, vol. 92, no. 20, pp. 1-4, May. 2004.

Gyors lehűlés által okozott tranziens áramok tokamak plazmákban

Guszejnov Dávid, MSc I. évf.

Konzulensek: Dr. Fülöp Tünde, Chalmers University of Technology és
Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technikai Intézet

A fúziós berendezések teljesítménye és ezáltal jövőbeli alkalmazhatóságuk nagy mértékben függ a plazmaszéli transzporttól és stabilitástól. Kísérleti és elméleti eredmények is azt igazolják, hogy igen szoros kapcsolat van a plazmaszél stabilitása és a lokális plazmaáram között. Tokamakok esetében az elektromos tér által keltett ún. ohmikus áram mellett jelentős mértékben keletkezik áram a Pfirsch-Schlüter és bootstrap effektusok által is [1].

A jövőbeli fúziós energiatermelés egyik legnagyobb akadályát a H-módban inherens módon jelenlevő, nagy sűrűséggradiens által keltett plazmaszéli módusok (ELM). Ezek igen komoly hőterhelésnek teszik ki a plazmahatároló elemeket, ami egy reaktor méretű berendezésnél súlyos károkat okozhat. Mivel ezen instabilitásokat nem lehet elkerülni, így igyekeznek az ELM-ek méretét csökkenteni, oly módon, hogy növelik a gyakoriságukat. Kísérleti eredmények alapján kisméretű lövedékek, ún. pelletek belövése képes ELM-eket kelteni, így ideálisak azok frekvenciájának szabályzására [2].

A plazmába lőtt pelletek igen gyors lokális lehűlést illetve sűrűségnövekedést okoznak, ami tranziens áramot indukál. Munkám során megvizsgáltam az ELM ritmusszabályzására használt pelletek által keltett tranziens áramok nagyságát és ezek lehetséges hatását a stabilitásra. Ehhez modelleztem az elektromos tér diffúzióját egy közelítő, hengeres konfigurációban. Feltettem továbbá, hogy a paraméterek a fluxusfelületeken kiegyenlítődnek, ezáltal a probléma egydimenzióssá vált, továbbá mivel a Pfirsch-Schlüter áramok fluxusfelületeken vett átlaga zérus, így ezektől eltekintettem. A pelletbelövés során a plazma hőmérséklet- és sűrűségprofiljaiban igen nagy gradiensek keletkeznek, így a bootstrap áramot [3] alapján származtattam.

Irodalom:

1. J. Wesson, Tokamaks, Chapter 4, Clarendon Press Oxford (1997)
2. P.T. Lang et al.: ELM pace making and mitigation by pellet injection in ASDEX Upgrade, Nuclear Fusion 44 (2004)
3. P. J. Catto, G. K. M. Landreman, I. Pusztai, A unified treatment of kinetic effects in a tokamak pedestal, Plasma Phys. Control. Fusion 53 054004 (2011)

Tranziens plazmahullámok által okozott gyorsionveszteségek kvantitatív jellemzése

Horváth László, BSc III. évf.

Konzulensek: Dr. Pokol Gergő és Papp Gergely, BME Nukleáris Technika Tanszék

Mágneses összetartású fúziós plazmákban az energia egyensúly szempontjából fontos, hogy a külső fűtés és a magreakciók által keltett gyorsionok a plazmában adják le energiájukat. Ezen ionok elvesztése drasztikusan lecsökkenti a fűtési teljesítményt, továbbá súlyosan károsíthatja a berendezés falát. A negatív hatások szükségessé teszik a jelenség vizsgálatát és megértését. Korábban az ASDEX Upgrade (AUG) tokamakon kvalitatívan vizsgálták a plazmahullámok és a gyorsionveszteségek közti kapcsolatot [1]. Munkám során ezt az összefüggést kvantitatívan elemeztem, melyhez STFT (Short Time Fourier Transform – Rövid Idejű Fourier Transzformáció) alapú átviteli függvényt alkalmaztam.

A hagyományosan definiált átviteli függvény stacioner, szélessávú jelek esetén az átlagolások számának növekedésével gyorsan tart a várható értékéhez. Az általam vizsgált fizikai probléma viszont keskeny sávú, tranziens jelek feldolgozását kívánta meg. Ezen jelek feldolgozására kiválóan alkalmasak a rövid idejű Fourier transzformáción alapuló módszerek, mivel egyszerre nyújtanak információt a jelenségek idő- és frekvencia térbeni viselkedéséről. Keskeny sávú jelek esetén azonban az átviteli függvény könnyen kimutathat csatolást az azonos frekvenciájú hullámok között abban az esetben is, ha nincs köztük lineáris kapcsolat. Az eredmény értelmezését tovább nehezítette, hogy a tranziens események miatt csak kevés átlagolásra volt lehetőségem. A problémák kiküszöbölése érdekében analitikusan kiszámoltam az átviteli függvényt egy általam alkotott additív jelmodellre. Az eredményekből következtetni tudtam arra, hogy valós jelre számított átviteli függvény értéke milyen tényleges csatolást jelent.

A kidolgozott eljárást IDL nyelven implementáltam és a németországi ASDEX Upgrade (AUG) tokamak mérési eredményeire alkalmaztam. A jelek kinyerésének megkönnyítése érdekében az általam írt rutint további idő-frekvencia felbontáson alapuló programokkal együtt integráltam az AUG legtöbb diagnosztikájának jelét beolvasni- és elemezni képes MTR rendszerbe. Az integrációval együtt az említett rutinokat egy közös grafikus felülettel is elláttam, mely az integrációval karöltve lehetővé teszi más – az AUG-on dolgozó – szakemberek számára a programcsomag használatát. A kidolgozott módszer segítségével különböző típusú és módusszámú plazmahullámok gyorsion szóró képességét határoztam meg.

Irodalom:

1. M. García-Muñoz et al.: Fast-Ion Losses due to High-Frequency MHD Perturbations in the ASDEX Upgrade Tokamak. Physical Review Letters, 100(5):055005 (2008).

Elfutó elektronok és fűtülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban

Kómár Anna, MSc I. évf.

Konzulensek: Dr. Fülöp Tünde, Chalmers University of Technology és
Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technikai Intézet

A plazmákban fellépő elektromos térnek létezik egy olyan kritikus értéke, ami felett a nagy energiájú elektronokat gyorsító erő meghaladja a rájuk ható súrlódási erőt, ún. elfutó elektronok jönnek létre [1]. A tokamak plazmában keletkező elfutó elektron-nyaláb bizonyos esetekben nagy energiájú (20-100 keV [2]) és igen nagy áramerősségű (1 MA [1]) is lehet, így jelentős kárt okozhat a berendezésben.

Jelen dolgozatban a korábbi eredményeimből kiindulva [3], ultrarelativisztikus helyett már relativisztikus elfutó elektronpopuláció plazmahullámokkal való kölcsönhatását vizsgáltam. Az így kapott összetettebb formulákról beláttam, hogy határesetben az ultrarelativisztikus esetben érvényes formulákat adják, valamint megvizsgáltam a korábbi közelítés jogosságát is.

Ezen túl, analitikus megfontolások alapján beláttam, hogy a korábban elemzett plazmahullámok közül [3] elfutó elektron-hullám kölcsönhatás csupán a fűtülő hullámmal lehetséges. Ezek az eredmények igen általánosak, diszrupciók során fellépő nagy elektromos terekre és a fűrészfog-összeomlásokor keletkező elfutó elektronok esetén releváns kritikus közeli elektromos terek esetén is érvényesek.

Numerikus vizsgálatok során megállapítottam, hogy a kölcsönhatást jellemző növekedési ráta maximuma a korábban vizsgált nagyfrekvenciás tartomány [3] érvényességi határa alatt van, mind diszrupciók, mind fűrészfog-összeomlások esetén. Ezután egy alacsonyabb frekvenciatartományon érvényes közelítéssel folytattam munkámat. Arra jutottam, hogy a leginstabilabb hullám mindkét esetben egy, a mágneses térre közel merőlegesen terjedő, magnetoszonikus-fűtülő hullám. Az általam vizsgált két esetben különbözik a leginstabilabb hullám frekvenciája: diszrupciók esetén közel egy nagyságrenddel nagyobb hullámszámmal terjed, mint kritikus közeli tér esetén.

Mivel diszrupciók esetén már ismert a stabilitási határ [4], végül leszűkítettem vizsgálatomat a közel kritikus elektromos térben keletkező elfutó elektronokra. Ahhoz, hogy megállapítsam, az elfutó elektronok ebben az esetben valóban keltenek-e egy magnetoszonikus-fűtülő hullámot, a leginstabilabb hullámra kapott növekedési ráta és a csillapítási ráták összevetésével meghatároztam egy stabilitási határt.

Irodalom:

1. P. Helander et al., „Runaway acceleration during magnetic reconnection in tokamaks”, Plasma Physics and Controlled Fusion, Vol. 44, B247-B262 (2002).
2. P. V. Savrukhin, „Generation of Suprathermal Electrons during Magnetic Reconnection at the Sawtooth Crash and Disruption Instability in the T-10 Tokamak”, Physical Review Letters, Vol. 86, No. 14, 3036-3039 (2001)
3. Kómár A., „Plazmahullámok destabilizálása tokamakokban elfutó elektronok által közel kritikus elektromos tér esetén”, BSc Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, TTK (2011).
4. T. Fülöp, H. M. Smith and G. Pokol, „Magnetic field threshold for runaway generation in tokamak disruptions”, Physics of Plasmas, Vol. 16, 022502 (2009).

ELM-ekhez kapcsolódó gyors ion veszteségek az ASDEX Upgrade tokamakon

Lazányi Nóra, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék és Maunel García-Muñoz, Max Planck Institut für Plasmaphysik, Garching

A fúziós plazmafizikai berendezésekben lévő gyors ionok több forrásból származhatnak: egyrészt a Maxwell-eloszlásnak is van nagy energiás tartománya, de a különböző plazmafűtések (NBI, ECRH, ICRH) is gyors részecskéket hoznak létre, továbbá a jövőben a fúziós energiatermelés alapjául szolgáló D-T reakcióban is 3,5 MeV energiájú alfa-részecskék keletkeznek, így mindenképpen fontos feladat a gyors ionok tanulmányozása.

A németországi ASDEX Upgrade tokamak többféle gyors ionokra érzékeny detektorral rendelkezik. A FILD detektorral (Fast Ion Loss Detector) [1] a plazmából kiszóródott gyors ionok detektálhatók energia, és repülési irány szerinti felbontásban. A FIDA (Fast Ion D-Alpha) [2] detektor pedig a gyors deuteronok Balmer-alfa -sugárzását méri, amiből a gyors ionok eloszlására következtethetünk.

A FILD detektor alapja egy szcintillációs lemez, melynek megfigyelésére CCD kamerát, és fotoelektron-sokszorozókat (PMT: photomultiplier tube) is használnak. A FILD detektorral végzett eddigi elemzések azt mutatják, hogy a PMT-k időjeléből számított spektrumban felismerhetők a különböző plazmahullámok, ami lehetővé teszi a gyors részecskéket kiszóró plazmahullámok azonosítását.

Dolgozatomban az ún. plazmaszéli módusok (ELM: Edge Localized Mode) és a gyors ion veszteségek kapcsolatát vizsgáltam. A FILD detektor segítségével azonosítható, hogy milyen módusok szórják ki gyors ionokat az ELM-ek körül. Az eddigi tapasztalatok szerint, a különböző típusú ELM-ek hozzájárulása a gyors ion veszteségekhez igen eltérő.

Továbbá vizsgáltam a gyors ionok hatását a plazma szélének az ún. pedesztálnak a hatására, megpróbálom megbecsülni, hogy mekkora gyors ion populáció szükséges a plazma szélén a stabilitásának módosítására. Ezt realiztikus gyors ion sűrűség profilok mesterséges módosításával vizsgáltam.

Irodalom:

1. Maunel García-Muñoz et al., „Scintillator based detector for fast-ion losses induced by magnetohydrodynamic instabilities in the ASDEX Upgrade tokamak”. Review of Scientific Instruments, 80(5):053503, 2009.
2. B. Geiger et al. „Fast-ion d-alpha measurements at ASDEX Upgrade”. Plasma Physics and Controlled Fusion, 53:065010, 2011

ORVOSI FIZIKA SZEKCIÓ

Helyszín: R ép. II. em. 213.
(megközelíthető a D ép. felől)

- Zsúri elnök:** Dr. Sáfrány Géza, főigazgató
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és
Sugáregészségügyi Kutató Intézet
- Zsúri tagok:** Dr. Bükki Tamás, tanácsadó
Mediso Kft.
Dr. Fehér Sándor, tanszékvezető-helyettes
BME Nukleáris Technika Intézet, Nukleáris Technika Tanszék
- 09⁰⁰** Deli Gábor, BSc IV. évf. és Bencsik Barbara, BSc III. évf., *Szövetek átvilágítása a közeli infravörös tartományban*
Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék
- 09²⁵** Dian Eszter, MSc. I. évf., *A spektrumfelkeményedés hatása a transzmissziós röntgen képalkotásban*, Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék
- 09⁵⁰** Koch Zita, BSc IV. évf., *Kis dózisteljesítményű permanens implantációs prosztata brachyterápia dozimetriai elemzése*
Konzulens: Dr. Pesznyák Csilla, BME Nukleáris Technika Tanszék,
Dr. Fröhlich Georgina és Dr. Major Tibor, Országos Onkológiai Intézet
- 10¹⁵** Lajos Máté, MSc I. évf., *Pozícióérzékeny detektor képalkotásának vizsgálata*
Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék
- 10⁴⁰** 15 perc szünet
- 10⁵⁵** Kurucz Máté, BSc III. évf., *Orvosdiagnosztikai optikai mérőegység kalibrációs szoftverének kifejlesztése*, Konzulens: Dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék
- 11²⁰** Papp Ildikó, Msc. I. évf., *CT-berendezések nyílt forráskódú szimulációs szoftverei – alkalmazhatóság az oktatásban és kutatásban*
Konzulens: Dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék

Szövetek átvilágítása a közeli infravörös tartományban

Deli Gábor, BSc IV. évf. és Bencsik Barbara, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék

A közeli infravörös spektroszkópia (near-infrared spectroscopy - NIRS) kiválóan alkalmas orvosi képalkotásra, többek között igen hatékony módszer csecsemők agyműködésének vizsgálatára. Ebben a hullámhossz-tartományban (800 nm - 2500 nm) a biológiai szövetek "átlátszóbbak", mint a látható tartományban, ezért is látunk piros színű fényt a kezünk egyik oldalán, amikor a túloldalról erős, fehér színű lámpával megvilágítjuk. A funkcionális képalkotás alapját pedig az oxigenált és deoxigenált hemoglobin eltérő optikai tulajdonságai adják. Ha ismerjük ezen molekulák abszorpciós és szórási koefficienseit, akkor a mért intenzitás-csökkenésből következtethetünk a hemoglobin oxigénezettségére, ebből pedig az agyi aktivitásra.

Munkám során készítettem egy Monte Carlo szimulációt a fényterjedésre, annak érdekében, hogy jobban értelmezhessek majd a kognitív folyamatok során készült felvételeket. Első lépésben egy vízfantomot vizsgáltunk, hogy megtudjuk, mekkora az az optimális LED-teljesítmény, amely használható jelet biztosít a detektor számára, ugyanakkor a csecsemőre egyáltalán nem veszélyes. Ezen kívül a méréssel szeretnénk validálni az elkészített szimulációkat is. A használt műszer fejlesztését a Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika tanszék végezte. Egy infravörös LED szolgál fényforrásként, és egy fotodiódával mérjük a jelet alkalmas pontokban. USB porton keresztül egy adatgyűjtő kártya segítségével tudjuk vezérelni az eszközt, illetve leolvasni a mért értékeket.

A mérési és a szimulációs technika kidolgozásával a Kognitív Tudományi Tanszékkel közös kísérleti munkát tervezünk.

Irodalom:

1. Judit Gervain, Jacques Mehler, Janet F. Werker, Charles A. Nelson, Gergely Csibra, Sarah Lloyd-Fox, Mohinish Shukla, Richard N. Aslin, „Near-infrared spectroscopy: A report from the McDonnell infant methodology consortium”, *Developmental Cognitive Neuroscience*, Vol. 1, Issue 1, 22-46 (2011).

A spektrumfelkeményedés hatása a transzmissziós röntgen képalkotásban

Dian Eszter, MSc. I. évf.

Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék

Az orvosi képalkotó eszközök egyre nagyobb szerepet kapnak a modern diagnosztikában. Ezen eszközök fejlesztéséhez és minőségbiztosításához szükséges olyan ún. humánfantomok alkalmazása, melyek kontraszt, felbontás, elnyelt dózis vagy egyéb tényező szempontjából korrekten modellezik a vizsgálandó emberi vagy állati testet. Mivel az orvosi gyakorlatban többnyire röntgensövet használnak forrásnak, felvetődött néhány olcsó és könnyen elkészíthető alacsony monoenergiás sugárzásra készített kontraszt-fantom vizsgálata során ezen fantomok alacsony energiájú röntgensugárzásra való alkalmazhatóságának kérdése.

Jelen dolgozat tárgya tehát ezen monoenergetikus ^{241}Am gamma-sugárforráshoz készített poliészter-gyanta és gipsz fantomok alacsony energiás röntgensugárzásra való alkalmazhatóságának vizsgálata. A fantomok gyengítését és kontrasztját határoztuk meg mérésrel és számítással ^{241}Am forrás 59,54 keV-os gamma energiájára. A mérést a BME Tanreaktorban végeztük egy Gamma Művek gyártmányú szcintillációs detektorral. A mérés kiértékeléséhez a Canberra cég által fejlesztett Genie 2000 programot használtuk. A fantomok röntgensugárzással szembeni gyengítését és kontrasztját elméleti számításokkal valamint mcnp szimulációkkal határoztuk meg. Mind az elméleti számításokat, mind a szimulációt elvégeztük mért és szimulált röntgenspektrumokra egyaránt.

A spektrum-mérést a Mediso Kft-nél végeztük alacsony energiás, PXS5-925EA típusú röntgen csővel. Az mcnp szimulációk során felhasználtuk a mért röntgenspektrumokat, valamint a szimulációk érintették röntgen-forrás szimulációját is. A szimulációval kapott spektrumot összevetettünk a valós kisállat CT berendezés mért forrás-spektrumával. A fantomok röntgensugárzásra való alkalmazhatóságának vizsgálatakor a monoenergetikus forrásra és a röntgenforrásra mért és szimulált gyengítéseket és kontrasztokat vetettük össze.

Irodalom:

1. J. K. Shultis - R. E. Faw: An mcnp primer Dept. of Mechanical and Nuclear Engineering Kansas State University, Manhattan
2. http://www.thermoscientific.com/ecom/servlet/productsdetail_11152_L10381_93022_11962669_-1

Kis dózisteljesítményű permanens implantációs prosztata brachyterápia dozimetriai elemzése

Koch Zita, BSc IV. évf.

Konzulensek: Dr. Pesznyák Csilla, BME Nukleáris Technika Tanszék,
Dr. Fröhlich Georgina és Dr. Major Tibor, Országos Onkológiai Intézet

Az Országos Onkológiai Intézetben 2008 óta végeznek permanens brachyterápiás prosztata kezeléseket, eddig közel 70 beteg kezelése történt meg. Dolgozatom célja megvizsgálni a beültetett sugárforrások (seed-ek) helyzetváltozásának hatását a dóziseloszlásra.

A sugárterápiában két kezelési módszert különböztetünk meg: teleterápiát (külső besugárzás) és brachyterápiát (szövetközi besugárzás). A brachyterápia alkalmazásakor a zárt izotópokat a beteg testébe juttatják, testüregbe, vagy közvetlenül a szövetbe. Ennek a módszernek az előnye, hogy így nagy dózis szolgáltatható ki a daganatos szövetre, miközben az ép szövetek és a védendő szervek kis dózisterhelést kapnak. A beavatkozás hátránya, hogy invazív, és a dóziseloszlás kevésbé homogén, mint teleterápia esetében.

Prosztatakezeléseknél kétfajta brachyterápiát használnak: kis dózisteljesítményű (Low Dose Rate, LDR, <2 Gy/h) és nagy dózisteljesítményű (High Dose Rate, HDR, >12 Gy/h) tüzeléseket.

A dolgozatban a kis dózisteljesítményű permanens implantátummal (I-125) történő kezelések dóziseloszlásának változását vizsgálom. A betegekről a kezelés után 1 nappal és 4 héttel CT felvétel készül, ezek alapján határoztam meg a céltérfogat dózisének változását a seed-ek elmozdulásának hatására. Ennek azért van jelentősége, mert 4 hét alatt a beteg a teljes leadott dózis közel 50%-át megkapja ($T_{1/2}$, I-125=59 nap), és ha ez alatt a dóziseloszlás változása jelentős, akkor az a védendő szervek károsodását okozhatja. Munkám során két független tervezőrendszert használtam: Philips-Pinnacle és Nucletron-SPOT PRO. A cél megvalósítása a következő feladatok elvégzését tette szükségessé:

- A forrásbeültetés után 1 nappal és 4 héttel később készült CT-képekészleteket fúzionáltam a csontos struktúrára.
- Az egyes CT-képekészleteken lokalizáltam a seed-eket a tervezőrendszer által meghatározott koordinátarendszerben, párosítottam az azonos seed-eket az 1 napos és a 4 hetes felvételeken, és meghatároztam elmozdulásukat.
- A 4 hetes CT-képekészletre utótervet készítettem, dóziseloszlását összehasonlítottam az 1 napos CT-képekészletre készült terv dóziseloszlásával.

Irodalom:

1. Major T. A brachyterápia fizikai és dozimetriai alapjai. In: Németh Gy. (szerk.), Sugárterápia. Springer Tudományos Kiadó Kft, Budapest, 2001: 37-48.
2. Gerbaulet A. et al The GEC ESTRO Handbook of Brachytherapy. ESTRO, Brüsszel, 2002.
3. Fröhlich G. Metszetképalkotó eljárásokon alapuló intersticiális konformális prosztata és emlő brachyterápia dozimetriai elemzése, doktori értekezés SE, 2010.

Pozícióérzékeny detektor képalkotásának vizsgálata

Lajos Máté, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék

A Nukleáris Technikai Intézetben található pozícióérzékeny szcintillációs detektor lehetővé teszi, hogy kétdimenziós átvilágítási képet készítsünk urántartalmú mintákról. A detektorban egy szcintillációs kristály érzékeli a bejövő gamma-fotonokat, és a foton az energiájával arányos számú elektront gerjeszt a kristály vezetési sávjába. Ezek legerjesztődésekor látható fény keletkezik, ami a kristályhoz kapcsolódó fotoelektron-sokszorozó katódjából a fotoelektromos effektus miatt elektronokat lök ki. A katód és az anód között ezeket az elektronokat dinódákon megsokszorozzuk. A mért elektromos jel arányos lesz a bejövő gamma-foton energiájával.

A detektorban a szcintillációs kristályokat négyzet alakban rendezték el. Egyszerre több kristály mér, ez lehetővé teszi a helyzetérzékelést. A képalkotást különböző energiájú forrásokkal átvilágított próbatesteken teszteltem. Amikor a gamma-foton áthalad az anyagon, a Beer-Lambert törvény szerint gyengül az intenzitása. Ez az intenzitásgyengülés függ a bejövő gamma-foton energiájától, és a próbatest anyagi minőségétől (sűrűségétől). Ennek ismeretében választottam ki a próbatesteket és a sugárforrásokat. Az átvilágítási képek kiértékelésénél az adta a nehézséget, hogy a detektor által alkotott képen nehezen különíthetőek el az egyes kristályok által érzékelt beütések, így csorbul a helyzetérzékelés.

Céltűzésem az volt, hogy meghatározzam a detektor érzékeny felületét, vagyis a kapott beütésekhez egy síkkoordinátát rendeljek a detektor felületén. Ehhez kezdetben próbatest nélküli méréseket végeztem. A szcintillációs kristály anyaga lutécium-ittrium-ortoszilikát (LYSO), ami maga egy radioaktív anyag. Ennek a sugárzását felhasználva határoztam meg a detektor egyes érzékeny felületeit. Ezen kívül vizsgáltam azt is, hogy milyen hatással van a képalkotásra, ha más energiájú gamma-fotonokat detektálunk; ekkor ugyanis változik a detektor érzékeny felülete.

Munkám eredménye alkalmassá teszi a detektort, hogy vele adott átsugárzó fotonenergián különböző testek kétdimenziós átvilágítási képét vizsgáljuk, ezzel feltérképezve a sűrűségeloszlásukat. A sűrűség ismeretében a testek anyagára tudunk következtetni.

Orvosdiagnosztikai optikai mérőegység kalibrációs szoftverének kifejlesztése

Kurucz Máté, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék

A vizelet paramétereiből az orvostudomány sok következtetést tud levonni a páciens egészségügyi állapotára vonatkozólag [1]. Az Atomfizika Tsz. ipari partnere többek között ilyen paraméterek mérésére szolgáló labor-automatákat gyárt. Az Atomfizika Tsz. kifejlesztett egy optikai mérőegységet, amely a szokásos kémiai tesztek mellett méri a minta fizikai paramétereit: a vizelet törésmutatóját (fajsúlyát), fényszórását (zavarosságát) és spektrális transzmisszióját (színét) is, melyek mind szükségesek a pontos diagnózis felállításához.

TDK dolgozatomban a minta színének meghatározására szolgáló algoritmust terveztem és valósítottam meg. Színek azt a spektrális élményt nevezzük, amelyet az emberből vált ki a színes fény, és a célom ennek a meghatározása volt (a diagnosztizálás az orvosra marad). Erre a célra megfelelő mérőszámok a CIE (Commission internationale de l'éclairage, azaz Nemzetközi Megvilágítási Bizottság) 1931-ben definiált (X, Y, Z) színösszetevő értékei, illetve az ebből származtatott (x, y) színkoordináták [2][3]. Az optikai mérőegység a szín megállapításához 4 különböző hullámhosszúságú LED-del megméri a vizelet transzmisszióját. A feladatom tehát az volt, hogy írjak egy algoritmust, ami a négy transzmisszióból meghatározza a minta színkoordinátáit. Az algoritmusban van 12 szabad paraméter, amely mérőegység specifikus. Ezek meghatározása során kalibrációs színminták LED-transzmisszióját mértem meg. Minél több színű folyadékra végeztem el a vizsgálatot, a 12 paraméter értéke annál pontosabb lett. A kalibrációs színminták valódi színkoordinátáit a spektrális transzmisszió értékeiből határoztam meg (spektrométer segítségével) és a CIE szabványban definiált három színmegfeleltető függvényből.

Az optimalizációt végző algoritmusom a legkisebb négyzetek elve alapján csökkentette a mért és valós színkoordináták közötti különbséget, a rendszert jellemző 12 paraméter változtatásával. Erre a Matlab honlapjáról letölthető „LMFsolve.m” nevű fájl használtam [4]. Létrehoztam ezen kívül a programhoz egy grafikus felhasználói felületet, amely a fent leírt eljárást bármely mérőműszerre megismétli, ha az adatokat betáplálták.

Végül a Zemax segítségével elvégeztem egy hiba tűrésanalízist. Azt vizsgáltam, hogy a LED-ek vízszintes pozíciójának és a mérőhenger vastagságának pontatlansága mennyire befolyásolja a végeredmény hibáját.

Irodalom:

1. http://www.poc.roche.com/en_US/pdf/UA_Poster.pdf
2. <http://www.cie.co.at/main/freepubs.html>
3. Jenkins Francis. A.: Optika Budapest 1998, 21.fejezet: Színtan
4. <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/16063-lmfsolve-m-levenberg-marquardt-fletcher-algorithm-for-nonlinear-least-squares-problems>

CT-berendezések nyílt forráskódú szimulációs szoftverei – alkalmazhatóság az oktatásban és kutatásban

Papp Ildikó, Msc. I. évf.

Konzulens: Dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék

A TDK munka a BME Nukleáris Technikai Intézeténél sok éve folyó orvosi fizika kutatásokhoz, illetve a második éve folyó orvosi fizika MSc oktatáshoz kapcsolódik. Az NTI szoros kapcsolatokat ápol az orvosi diagnosztikai eszközök terén kiemelkedő fejlesztéseket végző Mediso Kft-vel, illetve oktatási-kutatási kapcsolataink vannak a GE Healthcare Magyarországgal is. A röntgen-, illetve CT-diagnosztikai kurzusok gyakorlatainak egy részét az említett cégeknél végzik el a hallgatók.

Jelenleg a CT-diagnosztika oktatásában nem használunk szimulációs szoftvert. Azonban ingyenesen hozzáférhető a nyílt forráskódú CTSim nevű szoftver. A TDK munka során először megvizsgáljuk, hogy az említett program milyen módon integrálható az oktatásba. Ez a feladat két részből tevődik össze. Egyrészt körüljárjuk, hogy a CTSim szoftver alkalmas-e arra, hogy a) előadásba építve bizonyos jelenségeket bemutassunk vele, illetve b) laborgyakorlat formájában a hallgatók maguk használják és mérési feladatokat oldjanak meg segítségével. Ennek érdekében leírást készítek a szoftver pontos működéséről (fizikai elvek, matematikai háttér, input leírás etc.), valamint mérési útmutatót írok egy, a hallgatók által gyakorlaton elvégezhető mérésről.

A CTSim csak monoenergiás röntgen-forrást tud kezelni. A valóságban azonban a CT-berendezésekbe épített röntgen-csövek folytonos energiaspektrummal rendelkeznek, hiszen a keletkező sugárzás egy része Bremsstrahlung-ból származik. Felmerül a kérdés, hogy egy ilyen – viszonylag egyszerű – szoftver mennyire képes visszaadni valós CT mérések eredményeit, valamint, hogy hogyan lehetne jobb eredményeket elérni e téren. A TDK munka második részében a Mediso Kft-nél található humán CT-berendezésen méréseket végzek három fantom segítségével, majd ugyanezekre nézve szimulációkat végzek a CTSim programmal. Az összehasonlítás után megvizsgálom annak lehetőségét, hogy hogyan lehetne a különböző monoenergiás képekből – a röntgenső MCNP-vel szimulált röntgen-spektrumát figyelembe véve – közelíteni a valóságban mérhető (polienergiás forrással létrehozott) képeket.

Irodalom:

1. Rodney A. Brooks and Giovanni di Chiro, „Beam Hardening in X-ray Reconstructive Tomography”, Physics in Medicine and Biology Vol 21., No. 3., 390-398 (1976)
2. Zhengrong Liang, Jinghan Ye and Donald P. Harrington: „An analytical approach to quantitative reconstruction of non-uniform attenuated brain SPECT” , Physics in Medicine and Biology Vol 39., 2023-2041 (1994)