



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Természettudományi Kar



2012. november 14.

A 2012. évi Tudományos Diákköri Konferencia kapcsolódik a „Matematikai és fizikai oktatás a természettudományos, a műszaki és az informatikai felsőoktatásban” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához (TÁMOP-4.2.1.A/1-11/1-2011-0064). A konferencia megszervezését továbbá az „Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben” programja támogatja (TÁMOP-4.2.2./B-10/1-2010-2009).



TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|----------------------------------|----|
| NAPIREND | 3 |
| ELMÉLETI FIZIKA SZEKCIÓ | 5 |
| KÍSÉRLETI FIZIKA SZEKCIÓ | 15 |
| KOGNITÍV TUDOMÁNYI SZEKCIÓ..... | 25 |
| MATEMATIKA SZEKCIÓ..... | 33 |
| NUKLEÁRIS TECHNIKA SZEKCIÓ | 43 |
| ORVOSI FIZIKA SZEKCIÓ | 53 |

NAPIREND

Az előadások hossza 15 perc + 10 perc diszkusszió!

A hallgatók előadásai

09⁰⁰ - 12⁴⁵ A szekcióknál megadott helyszíneken
A kezdési időpont szekciónként eltérő lehet!

Bizottsági ülés a szekcióelnökök részvételével

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

Eredményhirdetés

17⁰⁰ F ép. F29 terem

ELMÉLETI FIZIKA SZEKCIÓ

Helyszín: F. ép. III. lph. mfszt. 1.

- Zsúri elnök:** Dr. Újsághy Orsolya
egyetemi docens, BME Elméleti Fizika Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Török János
egyetemi docens, BME Elméleti Fizika Tanszék
- Dr. Pályi András
adjunktus, ELTE Anyagfizikai Tanszék
- Dr. Penc Karlo
fizikus, MTA Wigner FK SZFI Elméleti Szilárdtestfizikai Osztály
- Titkár:** Dr. Kézsmárki István
egyetemi docens, BME Fizika Tanszék

- 09⁰⁰** Gulácsi Balázs, BSc IV. évf.
A Dirac-Kepler probléma az általánosított Dirac egyenletben
Konzulens: Dr. Dóra Balázs, BME Fizika Tanszék
- 09²⁵** Nagyfalusi Balázs, MSc II. évf.
Egy egyszerű kölcsönható kvantummechanikai rendszer vizsgálata
Konzulens: Dr. Udvardi László, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 09⁵⁰** Németh Márton, MSc. III. évf.
Szerkezeti entrópia és komplexitás vizsgálata kvantum-rendszerekben
Konzulens: Dr. Varga Imre, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 10¹⁵** Sárkány Lőrinc, MSc II. évf.
Wigner-kristály elméleti vizsgálata félvezető szén nanocsövekben
Konzulensek: Dr. Szirmai Edina és Dr. Zaránd Gergely, BME Elméleti Fizika Tanszék
- 10⁴⁰** 15 perc szünet
- 10⁵⁵** Szegedy Lóránt, BSc III. évf.
A korrelációs energia számítása nagy rendszerekre lokális közelítésekkel
Konzulens: Dr. Kállay Mihály, BME Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék
- 11²⁰** Thiering Gergő, MSc II. évf.
Nikkel hibák gyémánt nanokristályokban
Konzulens: Dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék
- 11⁴⁵** Vida György József, MSc II. évf.
Effektív spin-modellek ab initio számítások alapján
Konzulens: Dr. Szunyogh László, BME Elméleti Fizika Tanszék

A Dirac-Kepler probléma az általánosított Dirac egyenletben

Gulácsi Balázs, BSc IV. évf.

Konzulens: Dr. Dóra Balázs, BME Fizika Tanszék

Kétdimenziós szén szerkezeteknek, a grafénnek, rendkívüli mechanikus és elektromos tulajdonságai miatt, nagyon sokrétű alkalmazási lehetőségei vannak.[1] Előállításuk során azonban szennyeződések kerülhetnek rács szerkezetükbe, ezért rendkívül fontos megvizsgálni ezeknek a szennyeződéseknek a fizikai tulajdonságokra gyakorolt hatását.

A grafén esetében a töltött szennyeződés hatásának vizsgálata már megtörtént.[2] Mindezt két módszerrel tették: a szoros kötésű modell numerikus vizsgálatával és a kisenergiás lineáris diszperzióra alapozott kétdimenziós Dirac egyenlet megoldásával. A lineáris diszperziós relációt felhasználva, a grafén elektronjait, mint zérus nyugalmi tömegű fermionokat kezelhetjük a kétdimenziós Dirac egyenlet segítségével. Ebben az esetben a töltéssel rendelkező szennyeződés a Dirac egyenletbe helyezett Coulomb potenciállal vehető figyelembe. Így ez a probléma pontosan a Dirac-Kepler problémának felel meg. Az érdekesség az, hogy a kölcsönhatás erősségében jelen van egy kritikus érték, amely a szennyeződés hatásának lényegi megváltozását eredményezi.

Témavezetőm és társszerzői megmutatták [3], hogy egy másik kétdimenziós rács szerkezetben, a T3 (dice-lattice) elnevezésű rácson, amely érdekes tulajdonságokkal (pl. diszperzió nélküli sávval) bír, az egymással nem kölcsönható elektronok viselkedése leírható, egy olyan általánosított Dirac formájú egyenlettel ($H = vF \cdot p$, ahol vF a Fermi sebesség), ahol a spinváltozó $S=1$. Ebben a rendszerben a töltéssel rendelkező szennyeződés hatásának vizsgálata, szintén a Dirac-Kepler problémának felel meg.

A dolgozat célkitűzése az, hogy a [2]-ben végzett számításokat részletesen reprodukáljuk és megismertjük, majd az elsajátított eljáráshoz hasonló technikát alkalmazva, a T3 rendszerbe kerülő szennyeződés hatását megvizsgáljuk. Ennek megfelelően a rendszer kétdimenziós Dirac típusú egyenletét egy töltéssel rendelkező szennyeződés jelenlétében megoldjuk analitikusan. A megoldás alapján megállapíthatjuk, hogy ebben az esetben is megjelenik a kritikus érték. Végül a megoldás birtokában a rendszer fizikai tulajdonságait (állapotsűrűség, töltéseloszlás) vizsgáljuk meg, különös tekintettel a szubkritikus esetre, amikor is a kölcsönhatás erőssége a kritikus értéket nem haladja meg, továbbá megvizsgáljuk mi történik a diszperzió nélküli sávval.

Irodalom:

1. A. H. Castro Neto et al. Rev. Mod. Phys.81, 109 (2009).
2. V. M. Pereira, J. Nilsson, A. H. Castro Neto, Phys. Rev. Lett. 99, 166802 (2007).
3. B. Dóra, J. Kailasvuori, R. Moessner, Phys. Rev. B 84, 195422 (2011).

Egy egyszerű kölcsönható kvantummechanikai rendszer vizsgálata

Nagyfalusi Balázs, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Udvardi László, BME Elméleti Fizika Tanszék

A kölcsönható rendszerek világa az egyik legérdekesebb területe a fizikának. A részecskék közötti kölcsönhatás szerepe még hangsúlyosabb a kvantummechanikában, ahol a több részecskés rendszerek kezelése általában nehéz és analitikus eredményeket csak néhány egyszerűbb modell esetében ismerünk.

Az egyik leggyakrabban vizsgált, analitikusan megoldható probléma a Moshinsky-atom [1]. Ebben a modellben két harmonikus potenciálban mozgó, és egymással is harmonikus kölcsönhatásban levő elektron állapotait vizsgáljuk. A Hooke-atom esetében a két részecske Coulomb-kölcsönhatással hat kölcsön van, amely kezelése mind analitikusan, mind numerikus nehezebb. A kételektronos Hooke-atomnak általános analitikus megoldása nincsen, csak a paraméterek bizonyos tartományára tudjuk a spektrumot és a hullámfüggvényeket zárt alakban megadni [2].

Kidolgoztunk egy módszert, amely alkalmas a kölcsönható potenciálok széles köre esetén a Hooke-atom hullámfüggvényeinek és a sűrűségmátrixainak numerikus meghatározására. Az eljárás, bár numerikus eredményeket ad, de érvényességi köre nincs úgy megszorítva, mint az analitikus megoldásé. A módszer pontosságát a numerikus és az analitikus eredmények összevetésével ellenőriztük. Megvizsgáltuk, hogy a Coulomb-, Yukawa-, és Gauss-típusú kölcsönható potenciálok erőssége hogyan befolyásolja a spektrumot és a hullámfüggvények korreláltságát.

A sajátállapotok összefonódottságát az egyrészecskés redukált sűrűségmátrix segítségével tanulmányoztuk. Megvizsgáltuk a Neumann-, és a Tsallis-entrópia változását a különböző típusú kölcsönhatások esetén a kölcsönhatás erősségének függvényében.

Irodalom:

1. M. Moshinsky, O. Novaro, A. Calles, „The Pseudo-atom: A soluble many body problem” *Journal de Physique*, 51, C4-125 (1970); M. Moshinsky, Y.F. Smirnov, „The Harmonic Oscillator in Modern Physics”, Informa HealthCare, Amsterdam (1996).
2. M. Taut, „Two electrons in an external oscillator potential: Particular analytic solutions of a Coulomb correlation problem”, *Phys. Rev. A*, 48, 3561-3566 (1993)

Szerkezeti entrópia és komplexitás vizsgálata kvantum-rendszerekben

Németh Márton, MSc. III. évf.

Konzulens: Dr. Varga Imre, BME Elméleti Fizika Tanszék

A szerkezeti entrópia egy eloszlás összetettségének fokát kvalitatív módon mérő mennyiség. Kvantum-rendszerekben a valószínűségi sűrűségfüggvény szerkezeti analizisét végezhetjük el, és ezzel új komplexitás-mérő mennyiséget vezethetünk be. Dolgozatomban a szerkezeti entrópiát egyszerű, megoldható kvantummechanikai rendszerekre kiszámítjuk, és összevetjük az eddig elterjedt komplexitás-mérő mennyiségekkel: a Fisher-információval, az LMC-komplexitással és a szórás-jellegű mennyiségekkel. Megmutatjuk a szerkezeti entrópia használatának előnyeit ilyen rendszerek esetén.

Dolgozatom első részében megfogalmazom azon követelményeket, melyet egy komplexitást mérő mennyiségnek ki kell elégítenie, majd az elterjedt mennyiségek definícióját adom meg.

A második részben 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 ritkábban tárgyalt esetre, a két-delta potenciálra, mely a hidrogén-molekulaion legegyszerűbb modellje. A két-delta potenciál érdekessége, hogy segítségével megvizsgálhatjuk, a hullámfüggvény struktúrájának alakulását a delta-potenciálok távolságának függvényében, valamint az egzakt megoldást ismeretében megvizsgálhatjuk a közelítő módszerek helyességét a komplexitás tekintetében.

A továbbiakban a háromdimenziós harmonikus oszcillátor illetve a hidrogén atom állapotait tanulmányozom. Megvizsgálom milyen komplexitás-értékkel jellemezhetők az állapotok mindhárom kvantumszám széles tartományában.

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

A mérőszámokat alkalmazzuk qubitek tanulmányozására is.

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
3. Jun-Hong An, Shun-Jin Wang, Hong-Gang Luo, Physica A 382 753–764, 2007

Wigner-kristály elméleti vizsgálata félvezető szén nanocsövekben

Sárkány Lőrinc, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Szirmai Edina és Dr. Zaránd Gergely, BME Elméleti Fizika Tanszék

A szén nanocsövek felfedezésük óta aktív kutatások tárgyát képezik. Erősen kölcsönható egydimenziós elektrongázként olyan, a Fermi-folyadék elmélettel leírható két- és háromdimenziós elektrongázoktól alapvetően eltérő jelenségeket mutatnak, mint például az alacsony energiás egyrészeszkés gerjesztések hiánya, vagy a spin-töltés szeparáció.

Elektronszerkezetük erősen függ a geometriájuktól: lehetnek fémesek és félvezetők is. A grafénhoz hasonlóan a Brillouin-zóna K és K' pontjai, az ún. Dirac-kúpok körül lineáris diszperziót mutatnak. Ugyanakkor gyengén dópolt, félvezető nanocsövekben a K és K' pontok nem megengedett állapot, ezért a vezetési elektronok (lyukak) egy jól definiált hullámszámmal mozognak a nanocső kerülete mentén, az egyik vagy másik irányba. Ez a spin mellett egy új, kizárólag a nanocső-struktúra következtében megjelenő szabadsági fokot jelent az elektronoknak, melyet izospinnek nevezünk. Világszerte intenzív kutatások folynak, hogy ezen sajátságot a spintronika és a kvantumszámítógépek területén kamatoztassák.

Nemrég kísérletileg is sikerült kimutatni, hogy alacsony elektronsűrűség esetén a hosszú hatótávolságú Coulomb-kölcsönhatás következtében a nanocső elektronjai lokalizálódnak, és Wigner-kristályba rendeződnek. Hígítva az elektrongázt több új kvantum fázisátalakulást figyeltek meg (különböző spin és izospin rendeződések).

Dolgozatomban egy általam kidolgozott, a Wigner-kristályt leíró részletes, mikroszkopikus modellt ismertetek, melyben figyelembe vesszük az elektronok spin és izospin szabadsági fokát is. A $k \cdot p$ perturbációszámításból adódó hullámfüggvényből a K, K' pontok környékére lokalizált hullámcsomagokat készítünk, és ezekből építjük fel a Fock-teret és egy a Wigner kristályt leíró effektív kölcsönhatást egy variációs számítás segítségével. Miután a spin szektor SU(2), az izospin szektor viszont csak \mathbb{Z}_2 szimmetriával rendelkezik, ez egy összetett kicserélődési kölcsönhatáshoz vezet, mely összecsatolja a szomszédos elektronok izospinjét illetve elektronspinjét. Az egyes csatolási együtthatókat numerikusan határozzuk meg a gáz sűrűségének függvényében. Feltérképezzük mágneses tér jelenlétében, hogy az elektronsűrűség függvényében milyen fázisok, fázisátalakulások lehetségesek T=0 hőmérsékleten.

Irodalom:

1. V.V. Deshpande et al., The one-dimensional Wigner-crystal in carbon nanotubes, Nature Physics **4**, 314 (2008).
2. V.V. Deshpande et al., Electron liquids and solids in one dimension, Nature **464**, 209 (2010)
3. R. Saito, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, Physical Properties of Carbon Nanotubes, Imperial College Press (London), 1998

A korrelációs energia számítása nagy rendszerekre lokális közelítésekkel

Szegedy Lóránt, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Kállay Mihály, BME Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

Nagy molekulák, szupramolekuláris rendszerek, folyadékok és szilárd testek fizikai és kémiai tulajdonságainak pontos ismerete számos tudományterület számára alapvető fontosságú. Ezen rendszerek tulajdonságainak elméleti meghatározásához a Schrödinger-egyenlet közelítő megoldására van szükségünk. Ehhez manapság a legpontosabb eljárás a coupled-cluster (CC) módszer, amellyel az elektronok korrelációs energiáját tetszőleges pontossággal számíthatjuk. A CC elmélet alapfeltevése, hogy a hullámfüggvény felírható egy exponencializált gerjesztő operátor (klaszteroperátor) segítségével, amely a Fermi-vákuumra hat. A klaszteroperátor olyan gerjesztő operátorok összege, amelyek n elektront gerjesztenek betöltött pályáról virtuálisra ($n=1, 2, \dots$). Ha a klaszteroperátorban csak egyszeres és kétszeres gerjesztéseket veszünk figyelembe, akkor az ún. CCSD (CC singles and doubles) módszert kapjuk. A hullámfüggvény paramétereinek meghatározásához szükséges egyenletek egy nemlineáris egyenletrendszert alkotnak, amelynek a megoldását iteratíván kapjuk. Ennek a módszernek a számításigénye a rendszer méretének az ötödik hatványával nő. Egy ennél pontosabb közelítést kapunk, ha a háromszoros gerjesztéseket perturbatíván figyelembe vesszük. Ezt CCSD(T)-nek (CC singles, doubles and perturbative triples) nevezzük. Ennek a számításigénye a rendszer méretének a hetedik hatványával nő.

Ezeknek a módszereknek a hátránya tehát a számításigény rohamos növekedése a rendszer méretével. Azonban a számításigény nagymértékben csökkenthető, ha kihasználjuk, hogy az elektronkorreláció hatása a távolság hatodik hatványával csökken és ezért a távoli elektronok korrelációját elhanyagolhatjuk. Az ilyen közelítéseket lokális közelítéseknek nevezzük. A vizsgált rendszer egyes részeit különálló rendszereknek (domének) tekintjük. Ezekre a doménekre külön-külön megoldjuk a CCSD, ill. CCSD(T) egyenleteket az adott doménhez hozzárendelt lokalizált molekulapálya bázisban, és a kapott parciális energiákat összeadva megkapjuk a teljes energia közelítő értékét. Ezzel a technikával jóval kisebb lesz a számításigény, mivel a doménekben a lokalizált bázis mérete jóval kisebb, mint a teljes rendszerben. A számításigény lineárisan fog skálázódni a rendszer méretével.

Célunk egy hatékony lokális CCSD(T) program kifejlesztése volt. A manapság használt programok mindegyikét nagy méretű bázisra optimalizálták és általában atompálya bázisban számolnak. Emiatt szükséges volt egy olyan program megírására, amely molekulapálya bázisban számol és teljesítménye kisméretű bázis esetén optimális. Figyelembe véve egy átlagos domén méretét ez azt jelenti, hogy az elektronok száma legfeljebb 100, a bázisfüggvények száma pedig legfeljebb 300. A programot egy legalább 8GB méretű memóriával rendelkező számítógépre terveztük úgy, hogy a memóriát a lehető leghatékonyabban használjuk fel. Ezt úgy érjük el, hogy a program a futás legelején lefoglalja a teljes használni kívánt memóriát és ezt folytonosan töltjük meg az aktuálisan használt tömbökkel. Az I/O műveletek számát minimalizáltuk, mivel ezek a leglassabbak. A CCSD, ill. CCSD(T) egyenleteket mátrixműveletek formájában programoztuk, amiket nagy hatékonyságú ún. BLAS (Basic Linear Algebra Subprograms) rutinokkal számol ki a program. Az egyenleteket úgy írtuk át, hogy a műveleteket a lehető leghatékonyabban számolhassuk, azaz a legkisebb memória és I/O művelet felhasználásával és a legkevesebb lebegőpontos művelet elvégzésével.

Tesztszámolásokat végeztünk szénhidrogénekre különböző bázisokban mind a hagyományos, mind a lokális CCSD(T) módszerekkel. Ezek alapján az általam írt program hagyományos CCSD számításokra több, mint kétszer gyorsabb, mint a jelenlegi leggyorsabb program. Lokális számolásoknál pedig a futási idő drasztikusan csökken.

Nikkel hibák gyémánt nanokristályokban

Thiering Gergő, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék

TDK dolgozatom motivációja biológiai jelzőrendszerként használható színcentrumok keresése nanogyémántban. Ezen jelzőrendszerek útja optikai úton (pl. fotolumineszcencia) nyomon követhetőek lennének a szerkezeten belül, amennyiben biológiailag inertek ezek a színcentrumok. A szén alapú gyémánt nanokristályok biológiailag kompatibilisnek tűnnek. Ha a belsejükbe egy olyan ponthibát tudnánk létrehozni, amely a látható fény vagy közeli infravörös energiatartományában gerjeszthető, akkor azzal in vivo fluoreszcens biológiai jelzőrendszert alkottunk [1]. Nitrogén-vakancia színcentrum a nanogyémántban már használható erre a célra, amely szobahőmérsékleten nagyon széles spektrumban ad 650-750 nm hullámhossz tartományban jelet. Dolgozatomban más energiákkal gerjeszthető, illetve más színnel fluoreszkáló nanokristályt keresek. Így a nitrogén-vakancia centrumok mellett alternatív megoldást jelentenének, amikor többszínű jelölésre van szükség a biológiai kísérletekben. Alapállapotban paramágneses színcentrumok mágneses térrel is mérhetővé illetve manipulálhatóvá válnának illetve ún. kvantumbitként is felhasználhatóak lennének, emiatt is érdekesek lehetnek ezek az új megoldások [2].

Hibamentes gyémánt nanokristályok már kereskedelemben is kaphatóak. 5 nm átmérőjű gyémánt nanokristályok létrehozhatóak például robbantásos módszerrel, de más módszerek is ismertek [3]. Ezek azonban nem fluoreszkálnak a megkívánt energiatartományban. Ugyanakkor a tömbi gyémántban kísérleti úton kimutattak nikkeltartalmú hibákat [4], amelyek más és más optikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezen hibák mágneses tulajdonságait sűrűségfüggő elmélet segítségével már vizsgálták [5]. Ha hasonló nikkeltartalmú nanokristályokat tudnánk előállítani, akkor biológiailag inert és egyben optikai úton kimutatható színcentrumokat lehetne létrehozni, hasonlóan a nitrogén-vakancia színcentrumhoz. TDK dolgozatomban nikkeltartalmú szennyezőt tartalmazó ponthibák optikai tulajdonságait vizsgáltam meg nanogyémántokban, ahol a kvantumbezártság illetve a felület optikai tulajdonságaira gyakorolt hatását lehetett tanulmányoztam. A gerjesztési spektrumokat időfüggő sűrűségfüggő (TDDFT) elméleten alapuló kóddal határoztam meg.

Az általam vizsgált legnagyobb nanokristályok ~450 szénatomot tartalmaznak, ami ~1,7 nm átmérőhöz tartozik, de a legtöbb vizsgálatot a számológépi korlátok miatt ennél kisebb ~150 szénatomot (~1,1 nm átmérő) tartalmazó modellben végeztem el. A nanokristály felületét hidrogén atomokkal zártam le. A TDDFT módszerrel megkaptam a gerjesztési energiákat illetve az egyes gerjesztések természetét is meg tudtam vizsgálni, azaz mely állapotok vesznek részt a gerjesztésben. A kis nanogyémántokban jól megfigyelhető a kvantumbezártság hatása. Eddigi eredményeim azt mutatják, hogy 400-700 nm hullámhossz tartományban várhatóak gerjesztések a nikkellel szennyezett nanokristályokban, mérettől, illetve a hiba típusától függően, ami egy nagyságrendbe esik a kísérletileg lement tömbi adatokkal is. Számításaim alapján a nikkeltartalmú hiba szerkezetének függvényében valóban létre tudnánk hozni alternatív színű fluoreszcens nanogyémántokat.

Irodalom:

1. E.B. Voura, J.K. Jaiswal, H. Mattoussi, S.M. Simon, Nature Medicine 10, 993-998, 2004
2. F. Jelezko, T. Gaebel, I. Popa, M. Domhan, A. Gruber, J. Wrachtrup, P. R. L. 93, 130501, 2004
3. V.N. Mochalin, O. Shenderova, D. Ho, Y. Gogotsi, Nature Nanotechnology 7,11-23, 2012
4. J. Isoya, H. Kanda, Y. Uchida. Phys. Rev. B, 42:9843-9852, Dec 1990.
5. R. Larico, J. F. Justo, W. V. M. Machado, L. V. C. Assali. Phs. Rev. B, 79:115202, 2009.

Effektív spin-modellek ab initio számítások alapján

Vida György József, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Szunyogh László, BME Elméleti Fizika Tanszék

A mágneses jelenségek gyakorlati felhasználásának egyik kiemelt területe a nagy sűrűségű mágneses adattárolás és a mágneses szenzorok, ahol az egyre kifinomultabb megoldásokhoz elengedhetetlen a felhasznált anyagok mágneses tulajdonságainak mikroszkopikus szinten történő megértése. Számítógépes szimulációkat széles körben alkalmaznak a mágnesség vizsgálatára. A térben és időben nagy skálájú számítások elvégzése ab initio módszerekkel nem reális lehetőség, ezért a legtöbb esetben egy spin-modell felállítására van szükség. A TDK munka keretében egy speciális, de gyakorlati szempontból fontos esetben azt vizsgáljuk, hogyan érdemes a modell paramétereit úgy származtatni, hogy az a rendszer mágneses tulajdonságait minél pontosabban írja le.

A sűrűségfunkcionál elméleten alapuló Korringa–Kohn–Rostoker-módszerrel [1] a FePt rendezett mágneses ötvözetre végzünk elektronszerkezet számításokat. A rendszer sajátossága, hogy a Pt atomok ún. indukált momentumokkal rendelkeznek, vagyis a Pt mágneses momentuma erősen függ a környezet spin-konfigurációjától. Ilyen esetekben a kicserélődési kölcsönhatásra a Liechtenstein és munkatársai által [2] levezett formula nem alkalmazható. Az irodalomban több próbálkozás született arra, hogy a stabil momentumok (Fe) kölcsönhatásaiban az indukált momentumok (Pt) képződési energiáját is figyelembe vegyék [3,4].

Dolgozatomban röviden áttekintem ezeket az elméleti megközelítéseket. A KKR számítások alapján származtatom a spin-modellek megalkotáshoz szükséges fizikai mennyiségeket: Fe–Fe kicserélődési kölcsönhatásokat, Pt momentum képződési energiát és a spin-szuszeptibilitást. Az így kapott spin-modellekkel véges hőmérsékletű spin-dinamika számításokat végeztem és kiszámítottam a vas mágnességének hőmérsékletfüggését és a Curie-hőmérsékletet. A kapott szimulációs eredmények kísérleti adatokkal való összevetéséből próbálunk következtetést levonni az irodalomban javasolt modellek alkalmazhatóságára vonatkozóan.

Irodalom:

1. J. Zabloudil, R. Hammerling, L. Szunyogh, and P. Wienberger, "Electron Scattering in Solid Matter: A Theoretical and Computational Treatise", Springer (2005).
2. A. I. Liechtenstein et al., "Local spin density functional approach to the theory of exchange interactions in ferromagnetic metals and alloys", *Jurn. of Mag. and Mag. Mat.*, Vol. 67, p. 65-74. (1987).
3. O. N. Mryasov. "Magnetic interactions and phase transformations in FeM, M=(Pt,Rh) ordered alloys", *Phase Transitions*, Vol. 78 (1-3):197-208 (2005).
4. M. Lezaic, Ph. Mavropoulos, G. Bihlmayer, and S. Blügel, "Calculation of exchange interactions and local moment corrections at finite temperatures based on the full-potential linearized augmented plane wave method", kézirat (2012).

KÍSÉRLETI FIZIKA SEKCIÓ

Helyszín: F. ép. III. lph. II. em. 13.

Zsúri elnök: Dr. Jánossy András
egyetemi tanár, BME Fizika Tanszék

Zsúri tagok: Dr. Ujhelyi Ferenc
tudományos munkatárs, BME Atomfizika Tanszék
Dr. Horváth Zsolt Endre
fizikus, MTA TTK MFA Nanoszerkezetek Osztály

Titkár: Dr. Erdei Gábor
egyetemi docens, BME Atomfizika Tanszék

09⁰⁰ Czopf Anna, MSc I. évf.,
A KSTAR tokamak nyalábemissziós diagnosztikájában működő leképező rendszer tervezése és tesztelése

Konzulensek: Dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék és
Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék

09²⁵ Fülöp Bálint, MSc I. évf.
InSb nanoszál alapú tranzisztorok készítése és karakterizációja
Konzulens: Dr. Csonka Szabolcs, BME Fizika Tanszék

09⁵⁰ Gubicza Ágnes, Msc II. évf.
Nanométeres skálájú memrisztorok kapcsolási dinamikájának kísérleti vizsgálata
Konzulensek: Dr. Halbritter András és Dr. Csontos Miklós, BME Fizika Tanszék

10¹⁵ Hérics Dalma, MSc I. évf.
Vetítő ernyő vizsgálata mobil 3D kivetítő rendszerhez
Konzulensek: Dr. Koppa Pál és Sarkadi Tamás, BME Atomfizika Tanszék

10⁴⁰ 15 perc szünet

10⁵⁵ Horváth László, BSc IV. évf.
Elektronhőmérséklet mérések elemzése idő-frekvencia analízissel az ASDEX-Upgrade tokamakon
Konzulensek: Dr. Pokol Gergő és Papp Gergely, BME Nukleáris Technika Tanszék
és Dr. Marco Sertoli, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Germany

11²⁰ Jéhn Zoltán, BSc II. évf.
Felület feltérképezése dielektromos anyagi jellemzők alapján
Konzulensek: Dobos Gábor és Dr. Réti Ferenc, BME Atomfizika Tanszék

11⁴⁵ Magyarkuti András, MSc. II. évf.
Páztázó szondás mikroszkóp fejlesztése
Konzulens: Dr. Halbritter András, BME Fizika Tanszék

A KSTAR tokamak nyalábemissziós diagnosztikájában működő leképező rendszer tervezése és tesztelése

Czopf Anna, MSc I. évf.

Konzulensek: Dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék és
Dr. Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék

Jelenleg zajlik a Dél-Koreában (Daejeon) nemrégiben megépült KSTAR tokamak [1] kísérleti eszközökkel történő felszerelése. Az egyik ilyen eszköz egy több detektorral ellátott leképező rendszer, amely a plazma fűtőnyalábjának térbeli fényeloszlását vizsgálja [2]. A műszer két részből áll: az egyik egy periszkóp-szerű optika, amely a fűzés tér egy tartományát képezi le a reaktoron kívülre, a másik pedig egy detektor rendszer, amely a leképezett fényeloszlás alapján vizsgálja a fűtőnyaláb térbeli, időbeli fluktuációit.

A leképező rendszer tervezésénél a legnagyobb kihívást az jelenti, hogy a tokamak belső terének képét egy 150 mm átmérőjű, 2 m hosszú csövön kell kivezetni. Ez indokolja a periszkóp-szerű elrendezést [3]. Az alkalmazott lavinadióda detektorok térbeli mintavételezése alacsony (kb. 10 mm-es tárgyterbeli felbontás), azonban egy nagyobb felbontású képet is ki kell vetíteni egy CCD kamera számára, amit a térbeli kalibrációhoz használunk. A rendszer sarkalatos pontja egy, a beesési szögre rendkívül érzékeny színszűrő, amelyet a detektorok elé kell helyezni, hogy a fűtőnyalábból és a plazma egyéb részeiből érkező sugárzást spektrálisan le tudjuk választani. További követelmény, hogy a tárgyter különböző pontjait pásztázással tudjuk a lavinadióda detektormátrix kisméretű érzékelő felületére leképezni.

Munkám első lépéseként összeállítottam a specifikációt, majd két koncepciót modelleztem le paraxiális közelítésben. Ezek közül a megfelelőbbet kiválasztva felépítettem a valós rendszer vázát és közreműködtem ennek optimalizációjában. Konkrét feladatomban az optikai tulajdonságok vizsgálata volt: képanalízis, a szóródási foltok és a rendszer transzmissziójának elemzése a tervezés különböző fázisaiban, részrendszerenként és a teljes berendezés esetén. A rendszer összeállításában és tesztelésben is részt vettem Dél-Koreában, ahol a beállításhoz szükséges analíziseket végeztem. Végezetül a tesztelési eredményeket kiegészítő optikai szimulációk segítségével ellenőriztem.

TDK dolgozatomban bemutatom a tervezés során végzett munkámat, a végleges optikai rendszert és a tesztelési eredményeket.

Irodalom:

1. G. S. Lee et al., „Design and construction of the KSTAR tokamak”, National Fusion 41 1515 R&D Center, Korea Basic Science Institute, Taejeon, (2001).
2. A. R. Field, D. Dunai, N. J. Conway, S. Zoletnik, J. Sárközi, „Beam emission spectroscopy for density turbulence measurements on the MAST spherical tokamak” Review of Scientific Instruments 80, 073503, (2009).
3. D V Udupa, Sanjiva Kumar, „Optical design of a 10 meter remote viewing periscope using radiation hard glasses”, Spectroscopy Division, Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, (2009).

InSb nanoszál alapú tranzisztorok készítése és karakterizációja

Fülöp Bálint, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Csonka Szabolcs, BME Fizika Tanszék

A III-V félvezetők között az indium-antimonidban a legnagyobb az elektron-mobilitás és a legerősebb spin-pálya kölcsönhatás. Ez a két tulajdonsága a nagyfrekvenciás elektronika és a spintronika egyik legígéretesebb jövőbeli alapanyagává teszi. Újabban vált lehetővé InSb nanoszálak molekuláris epitaxiával történő növesztése, ami megnyitja az utat az InSb nanoszál alapú tranzisztorok felé.

A dolgozat egy három és fél hónapos, 2012 nyári gyakornoki munka eredményeit dolgozza fel, melynek célja Si/SiO₂-szubsztrátra helyezett InSb nanoszálak ohmikus kontaktálása volt. A cél, hogy kiküszöböljük a kontaktusokon fellépő Schottky-hatást. Ezáltal lehetőség nyílik arra, hogy a szálon csupán elektrosztatikus úton (több gate együttes alkalmazásával) lehetséges legyen kvantum pöttyök kialakítása.

Négy felhasznált anyag (Pt, Pd, Ti, Ni) esetében vizsgáltuk a kontakt ellenállások nagyságát és karakterét. Sikerült a kontakt ellenállásokat $\approx 100\Omega$ érték nagyságrendre csökkenteni, ami a kontaktált nanoszál ellenállásának $<5\%$ -a. A kontaktok vizsgálatán felül a szubsztrátot gateként használva a szálak vezetési tulajdonságait elemeztük, ill. megnéztük egy gyors hőkezelési eljárásnak a szálakra és a kontaktusokra gyakorolt hatását is. A mérések során a kontaktusok hatásának vizsgálatán felül sikerült kimutatni az áram terjedésének egyes tulajdonságait a szálaban, illetve a hőkezelés hatását is.

A munka magában foglalta az irodalom feldolgozását, az érintkezésekhez használt anyagok kiválasztását, a minták megtervezését és legyártását, az elkészült minták karakterizációját és végül a mérések kiértékelését. A gyakorlat az észak-franciaországi Lille-ben, az Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) fizikai kutatócsoportjában zajlott Renaud Leturcq vezetésével.

A téma címe angolul: Fabrication and characterisation of InSb nanowire-based field effect transistors

Nanométeres skálájú memrisztorok kapcsolási dinamikájának kísérleti vizsgálata

Gubicza Ágnes, Msc II. évf.

Konzulensek: Dr. Halbritter András és Dr. Csontos Miklós, BME Fizika Tanszék

Összefoglaló néven memrisztorok nevezzük az olyan passzív áramköri elemeket, amelyek ellenállásának értéke függ a rajtuk korábban átfolyt töltés mennyiségétől. Ebből következően feszültség-áram karakterisztikájuk hiszterézist mutat. A jelenség létét elméletben már a hetvenes évek elején megjósolták [1], napjaink érdeklődését a 2008-ban megvalósított titán-oxid nanoszerkezet váltotta ki [2]. A memrezisztív tulajdonságokkal bíró anyagok alkalmazása a számítástechnikában vagy a neurális hálózatok modellezésében nagy előrelépéssel kecsegtet.

A BME Fizika Tanszékének laboratóriumában az elmúlt időszakban Ag₂S nanoszerkezetek kapcsolási jelenségeit vizsgálták [3]. Nanométeres skálájú kontaktusok jól reprodukáló kapcsolást mutattak kis és nagy ellenállású állapotok között pozitív illetve negatív küszöbfeszültség hatására. Andrejev-spektroszkópiával vizsgálták a kialakuló vezetési csatornák számát és transzmisszióját.

Munkám során egy új berendezést fejlesztettem, ami alkalmas a kapcsolások dinamikájának gyors mérésére szobahőmérsékleten. A mintatartóban a tű rögzített, a vizsgálandó minta mozgatása pedig tisztán piezoelektromos mozgatókkal történik. Az így létrehozott kontaktusok stabilitása nagy, ezért az ellenállás-változás rövid és hosszú távú vizsgálatára is alkalmas. A minta és a tű egy zárt térfogatban helyezkedik el, a mérések vákuumban vagy tetszőleges védőgázban végezhetők.

Az elkészült berendezéshez egy mérésvezérlő programot írtam, ami képes a piezoelektromos mozgatókat irányítani, automatikusan kontaktust keresni, a feszültség-áram karakterisztikákat tetszőleges amplitúdóval felvenni, ábrázolni és menteni.

A mérőműszer segítségével különböző módon létrehozott kontaktusokat, és a kapcsolat dinamikáját vizsgáltam.

Irodalom:

1. Chua L.O., „Memristor – the missing circuit element”, IEEE Trans. Circuit Theory, 18, 507-519 (1971).
2. D. B. Strukov, G. S. Snider, D. R. Stewart, R. S. Williams , „The missing memristor found”, Nature, Vol. 453, 80 (2008)
3. A. Geresdi, „Local probing of electronic transport with point contact Andreev reflection measurements”, PhD thesis, BME (2011)

Vetítő ernyő vizsgálata mobil 3D kivetítő rendszerhez

Héricz Dalma, MSc I. évf.

Konzulensek: Dr. Koppa Pál és Sarkadi Tamás, BME Atomfizika Tanszék

A térhatású mozgóképek megjelenítése évtizedek óta igen aktív kutatási téma, amelynek egyszerű megvalósításai már piacon vannak, fejlettebb változataira pedig nagy az igény a legkülönbözőbb alkalmazások részéről [1,2]. Korábbi munkámat folytatva a háromdimenziós megjelenítő rendszerek egy új osztályával foglalkoztam, a szemüveg nélküli, teljes parallaxist nyújtó mobil kivetítő rendszerekkel.

Az általunk javasolt kivetítő rendszer egy kisméretű fejre szerelhető eszköz, mely két nanoprojektorból, egy retroreflektív ernyőből, egy képernyőkövető szenzorból és egy feldolgozó egységből áll. A rendszer működésének lényege, hogy a két kivetítő egy-egy szem közelében helyezkedik el, és így a képernyőről a két szembe a néző és az ernyő relatív pozíciójának megfelelő perspektivikusan helyes képek verődnek vissza. A képernyőkövetésnek köszönhetően a rendszer a fejmozgásból származó képhibákat is korrigálja. A megoldás további előnye az adja, hogy az említett retroreflektív anyagok a fényt jó hatásfokkal, a megvilágítás irányába verik vissza. Így nem szükséges szemüveg használata, mivel az adott projektor képét csak a megfelelő szemmel érzékeljük, illetve a jó hatásfok miatt lehetséges kis teljesítményű projektorok alkalmazása. Ugyanazon retroreflektív ernyőre egyszerre több néző is vetíthet egymástól független tartalmakat, egymást nem zavarva.

Saját kutatómunkám fókuszpontja a retroreflektív ernyő vizsgálata volt. A megfelelő ernyő minősítésére mérési elrendezést építettem, melynek alkalmasnak kell lennie a minták szórásának kisszögű mérésére, illetve statisztikai adatfeldolgozáshoz - belátható időn belül - elegendő mennyiségű mérés elvégzésére a minta különböző pontjain. A retroreflektív anyagok szórási profilját goniofotométeres elrendezéssel vizsgáltam, a minta mozgását X-Y mozgatóval végeztem. A szórási profil alapján kiszámítottam, hogy az ernyőtől bizonyos távolságban mennyi fény jut a néző jobb és bal szemébe az adott projektor által vetített képből. Ezt felhasználva kiszámoltam az egyes ernyőket számszerűen jellemző, a kivetítés minőségét leíró tulajdonságokat: a fénysűrűséget és a két szem közötti áthallást az ernyőtől mért távolság függvényében. Ezek alapján meghatároztam, hogy az elérhető retroreflektív ernyők közül melyik a legalkalmasabb 3D kivetítéshez. Emellett az ernyőt a ZEMAX optikai tervező programmal modelleztem, és a kapott eredményeket összehasonlítottam a méréseimmel, így ellenőrizve a modell helyességét. A modelltől kiindulva a paramétereinek változtatásával megvizsgáltam, hogy lehetséges-e az ernyő tulajdonságait javítani jobb fénysűrűség és alacsonyabb áthallás elérése érdekében. A jövőben célom a fent említett prototípusnál jobb ernyő kísérleti megvalósítása a modell és a számolások alapján.

Irodalom:

1. Stephen A. Benton – Selected Papers on Three-Dimensional Displays (SPIE Press, 2001, ISBN 978-0819438935)
2. Bahram Javidi, Fumio Okano - Three-Dimensional Television, Video, and Display Technologies (Springer, 2002, 978-3642078088)

Elektronhőmérséklet mérések elemzése idő-frekvencia analízissel az ASDEX-Upgrade tokamakon

Horváth László, BSc IV. évf.

Konzulensek: Dr. Pokol Gergő és Papp Gergely, BME Nukleáris Technika Tanszék és Dr. Marco Sertoli, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Germany

A wolfram plazmahatároló elemek használata az ASDEX Upgrade (AUG) tokamakon előtérbe helyezte a plazma közepén megnövekedő szennyező-koncentráció szabályozását. A részlegesen ionizálódott magas rendszámú szennyezők ugyanis, a vonalas sugárzás útján okozott sugárzási veszteségek hatására, a plazma teljesítmény leromláshoz illetve sugárzásos plazma-összeomláshoz vezethetnek. Központi elektron ciklotron rezonancia fűtés (ECRH) segítségével csökkenthető a szennyezők koncentrációja a plazma közepén, de az ezért felelős fizikai mechanizmusok nem ismertek (lásd [1] és az ott felsorolt hivatkozások). Mivel az ECRH használata a $q=1$ felületen belül gyakran erős, szaturált MHD aktivitáshoz vezet, az egyszerű perturbációs szennyezőtranszport-elméletek nem használhatóak a jelenség jellemzésére, így új módszerek kifejlesztése szükséges.

A feladat első lépése a kétdimenziós elektronhőmérséklet profil rekonstrukciója az egydimenziós elektron ciklotron rezonancia emissziós diagnosztika (ECE) jelei alapján, mely rögzített poloidális metszetben, különböző radiális pozíciókban, lokálisan méri az elektronhőmérsékletet. Az elektronhőmérséklet fluktuációjának vizsgálatával a kétdimenziós profil rekonstruálható feltételezve, hogy a módusok forgása az egyensúlyi mágneses felületet követi. A korábban alkalmazott eljárás a rekonstrukcióhoz használt periodikus jelkomponensek paramétereit diszkrét Fourier-transzformáció (DFT) segítségével állította elő.

Munkám során optimalizáltam a korábbi módszert rövid idejű Fourier-transzformáció [2] (STFT) alkalmazásával, mely kiválóan alkalmas különböző harmonikusokból álló oszcilláció időben változó amplitúdójának és fázisának vizsgálatára [3]. Mivel az alkalmazás a harmonikusok amplitúdóinak valós fizikai mértékegységben történő meghatározását követeli meg, az STFT során használt normalizációs faktorok pontos meghatározása vált szükségessé, így az STFT eredményei alapján kiszámolt amplitúdók mértékegysége eV. Az eredmények bizonytalanságának meghatározása érdekében Gauss-féle hibaterjedést vizsgáltam az STFT-re, melynek alkalmazhatósági feltételeit pontosan meghatároztam. Ezek azt mutatták, hogy a vizsgált esetekben magas jelenergia esetén alkalmazható a Gauss fél hibaterjedés. Mivel az elektronhőmérséklet rekonstrukciójához csak azok a jelkomponensek szükségesek, melyek frekvenciáin a jel energiája magas, így az eredmények bizonytalansága pontosan meghatározható.

A korábbi módszerhez képest szignifikánsan jobb egyezést sikerült elérni az ECE jelek rekonstrukciójában, továbbá az eredmények bizonytalanságának meghatározásával sikerült teljessé tenni a kísérleti adatok elemzését.

Irodalom:

1. M. Sertoli et al., "Local effects of ECRH on argon transport in L-mode discharges at ASDEX Upgrade", Plasma Physics and Controlled Fusion, Vol. 53, No. 3, 035024 (2011).
2. S. Mallat, "A Wavelet Tour of Signal Processing", Academic Press, 3rd edition, (2008).
3. G. Pokol, "Stability and Statistical Analysis of Transient Waves in Fusion Plasmas", Thesis for the degree of Licentiate of Engineering, Chalmers (2007).

Felület feltérképezése dielektromos anyagi jellemzők alapján

Jéhn Zoltán, BSc II. évf.

Konzulensek: Dobos Gábor és Dr. Réti Ferenc, BME Atomfizika Tanszék

Ha egy töltött elektróda közelébe dielektrumot helyezünk, az oda helyezett test megváltoztatja az elektromos tér szerkezetét. Ezt a változást egy másik odahelyezett elektródán mérhető feszültség segítségével lehet érzékelni. A TDK munkám, egy ilyen elven alapuló mérőműszert építése volt. Ez alkalmas egy felület feltérképezésére, mind alak mind minőség szempontjából.

Az eszköz egy elektródára váltófeszültséget kapcsol, majd a mérőfejben elhelyezett másik elektródán méri lock-in erősítővel a feszültséget. A mintát egy léptetőmotoros asztal segítségével a mérőfej alatt mozgatva a feszültség változásából következtetni lehet a felület paramétereire és azok eloszlására. A rendszer öt fő egységből áll: a mérőszonda és a hozzá tartozó elektronika, a léptetőmotor vezérelte asztal, a lock-in erősítő, és a központi vezérlő egység. A mérőszonda elektronikája a lock-in erősítő által előállított referencia jelet erősítés után rákapcsolja forráselektrodára, majd a mérőelektródán kicsatolható feszültséget erősíti. Az így erősített jelet a lock-in erősítő méri és a vezérlőegység tárolja. A léptetőmotoros asztalt szintén a központi vezérlő irányítja, amely az asztal pozíciójának függvényében feljegyzi a mért értékeket. A vezérlő ezek után az adatokat USB porton keresztül elküldi a számítógépnek, ahol a mérés után megjelenik a felület képe.

A jelenséget számítógépes szimulációkkal vizsgáltam, és ennek segítségével optimalizáltam a mérőszonda paramétereit. A szondát és a hozzá tartozó elektronikát megépítettem. A vezérlőegységet elkészítettem, felprogramoztam, és egy számítógépes programot írtam az eszköz irányítására, a mérési adatok kiértékelésére.

Az eddigi eredmények szerint az eszköz használható a különböző vezetőképességű felületdarabok megkülönböztetésére (pl. nyomtatott áramkör vezetékvezetésének feltérképezésére akár eltemetett rétegekben is), eltérő dielektromos állandójú felületrészek megkülönböztetésére, valamint homogén anyagú minták alakjának meghatározására.

A szimulációk alapján megállapítottam, hogy fotolitográfias módszerekkel építhető egy olyan mérőfej mátrix, amely lehetővé teszi a minta feltérképezését annak mechanikai mozgatása nélkül. Ennek tervezése és legyártása folyamatban van.

Irodalom:

1. C. Schenk, U. Tietze, Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 2000
2. G.G. Raju, Dielectrics in Electric Fields, Marcel Dekker Inc., New York, 2003

Pásztázó szondás mikroszkóp fejlesztése

Magyarkuti András, MSc. II. évf.

Konzulens: Dr. Halbritter András, BME Fizika Tanszék

A nanofizikai kutatások alapvető vizsgálati módszerei a pásztázó szondás mikroszkópos (Scanning Probe Microscope - SPM) mérések, mára már szerteágazóan sok ilyen módszert fejlesztettek ki. Ezen mérések alapelve, hogy egy szondával, mellyel lokálisan tudunk megmérni valamilyen fizikai mennyiséget végigpásztázunk a minta felületén, így egyfajta térképet készíthetünk a vizsgálandó mennyiség változásáról a mintán. A legelterjedtebb pásztázó szondás mérőrendszerek a pásztázó alagútmikroszkóp (Scanning Tunneling Microscope - STM) és az atomerő mikroszkóp (Atomic Force Microscope – AFM).

Munkám során egy alacsony hőmérsékleten működő, pásztázó szondás mikroszkóp fejlesztésében veszek részt, ami mind STM, mind AFM módban működtethető lesz. Ezzel az eszközzel lehetőség nyílik komplex nanoszerkezetek AFM üzemmódban történő feltérképezésére, majd a vizsgálatok szempontjából érdekes tartományok megtalálása után STM üzemmódban tanulmányozhatók a lokális vezetési tulajdonságok.

A kombinált STM-AFM mikroszkóp szondája egy hangvilla alakú kvarcoszcillátor, melynek egyik ágára van felerősítve a tű. STM módban a minta és a tű közé feszültséget kapcsolva pásztázunk, miközben a tűt a felületre merőleges irányban mozgatjuk úgy, hogy konstans legyen a mért alagútáram. AFM módban a kvarcoszcillátort a rezonanciafrekvenciáján gerjesztjük, a minta atomjai és a tű közötti kölcsönhatásnak köszönhetően a kvarcoszcillátor rezonanciafrekvenciája eltolódik, ezt a frekvenciaeltolódást állandónak tartva pásztázunk végig a felületen [1].

TDK munkám során első lépésként egy szobahőmérsékleten működő prototípus pásztázó alagútmikroszkópot készítettem. A mérés vezérlésére egy nyílt forráskódú pásztázó mikroszkóp vezérlőt, a GXSM [2] programot használom. A jövőben a szobahőmérsékleten működő prototípus tervezése és kivitelezése során gyűjtött tapasztalatokat felhasználva fogjuk elkészíteni az alacsony hőmérsékleten használható berendezést.

Irodalom:

1. Hélène le Sueur: Cryogenic AFM-STM for mesoscopic physics, Thesis (2007).
2. P. Zahl, T. Wagner, R. Möller and A. Klust: Open source scanning probe microscopy control software package Gxsm, J. Vac. Sci. Technol. B 28 (2010).

KOGNITÍV TUDOMÁNYI SZEKCIÓ

Helyszín: T. ép. V. em. 515.

- Zsúri elnök:** Dr. Kovács Gyula
egyetemi tanár, BME Kognitív Tudományi Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Németh Dezső
habil. egyetemi docens, ELTE Klinikai és Addiktológia Tanszék
- Dr. Krajcsi Attila
egyetemi docens, ELTE Kognitív Pszichológiai Tanszék
- Titkár:** Dr. Zimmer Márta
adjunktus, BME Kognitív Tudományi Tanszék

- 09⁰⁰** Gyüre Tamás, MA I. évf. és Németh Renáta MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet
Kognitív szekvenciatanulás, illetve annak összefüggései a mediotemporalis lebeny szerkezetével szkizofréniában
Konzulensek: Dr. Zimmer Márta, BME Kognitív Tudományi Tanszék
Prof. Dr. Kéri Szabolcs, SZTE ÁOK Élettani Intézet, Országos Pszichiátriai Központ, Bp. Dr. Kelemen Oguz, Bács-Kiskun megyei Kórház, Pszichiátriai Központ, Kecskemét
- 09²⁵** Szászi Barnabás Imre, MA II. évf.
Tesztelési hatás stresszhelyzetben
Konzulens: Keresztes Attila, BME Kognitív Tudományi Tanszék
- 09⁵⁰** Szombathy Péter, MSc II. évf. és Hajdu Botond, MSc II. évf.
Vizuális ingerek hatása mozgó hangforrások észlelésére
Konzulensek: Dr. Böhm Tamás, MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet és BME VIK Távközlési és Médiainformatikai Tanszék;
Dr. Babarczy Anna, BME Kognitív Tudományi Tanszék
- 10¹⁵** Szöllősi Izabella, MSc II. évf.
A cerebellum szerepe a kognitív és nyelvi funkciókban
Konzulensek: Dr. Mészáros Éva OORI Hemiplegia Rehabilitációs Osztály, MTA Nyelvtudományi Intézete és Dr. Lukács Ágnes MTA-BME Kognitív Tudományi Kutatócsoport, BME Kognitív Tudományi Tanszék
- 10⁴⁰** Takács Szilvia, MA II. évf.
Kisgyermek és felnőttek hiteles szövegemlékezete
Konzulensek: Dr. Király Ildikó, ELTE PPK Kognitív Pszichológia Tanszék,
Keresztes Attila, BME Kognitív Tudományi Tanszék

Kognitív szekvenciatanulás, illetve annak összefüggései a mediotemporalis lebeny szerkezetével szkizofréniában

Gyüre Tamás, MA I. évf. és Németh Renáta MTA TTK
Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet

Konzulensek: Dr. Zimmer Márta, BME Kognitív Tudományi Tanszék
Prof. Dr. Kéri Szabolcs, SZTE ÁOK Élettani Intézet, Országos Pszichiátriai Központ, Bp.
Dr. Kelemen Oguz, Bács-Kiskun megyei Kórház, Pszichiátriai Központ, Kecskemét

Elméleti háttér: A kognitív károsodás a szkizofréniában leginkább tartós vonása, amely szoros összefüggésben áll a funkcionális kimenetellel, éppen ezért az elmúlt években a klinikai kutatások középpontjába került. A deficit jellege, illetve kapcsolata az agyi szerkezeti eltérésekkel azonban még nem tisztázott teljes mértékben. Jelen vizsgálatunkban a procedurális és a kontextusfüggő tanulási folyamatokat vizsgáltuk szkizofrén páciensek esetében, illetve azok kapcsolatát a hippocampus és az entorhinalis kéreg térfogatával, egy állatkísérletes modell alapján kifejlesztett asszociációs teszttel.

Módszerek: Vizsgálatunk első részében 31, klinikailag kompenzált szkizofrén páciens és 26, nemben, korban és iskolázottságban megfelelő egészséges kontrollszemély vett részt. A procedurális és a kontextusfüggő tanulási folyamatokat a „Kilroy” számítógépes teszt felhasználásával vizsgáltuk, amelynek során egy animált karaktert kellett négy szobából kivezetni. Minden szobában három különböző színű ajtó volt, amelyekből csak egy volt nyitva. A nyitott ajtót kellett megtanulni próba-válasz asszociációk útján. A vizsgálat második részében 22 szkizofrén páciens, valamint 22, nemben, korban és iskolázottsági fokban illesztett kontroll személy vett részt. Az agyi struktúrák volumetriás mérésénél Philips Achieva 3T MRI-t használtunk. Az adatokat FreeSurfer szoftverrel értékeltük.

Eredmények: 1. vizsgálat: A „Kilroy”-teszt egyes alrészein (gyakorlási, illetve próba fázis) a szkizofrén betegek szignifikánsan több hibát produkáltak, mint a hozzájuk illesztett kontroll személyek. 2. vizsgálat: A „Kilroy” feladat procedurális fázisában kizárólag a harmadik asszociatív lépésnél mutattak szignifikánsan több hibát a betegek. A kontextusfüggő fázisban jelentős károsodás volt megfigyelhető. A hippocampus térfogata negatív korrelációt mutatott a kontextusfüggő fázis hibáival, míg az entorhinalis kéreg esetében ilyen összefüggés nem volt. A hippocampus esetében szignifikáns volumencsökkenés volt tapasztalható a szkizofrén betegeknél, míg az entorhinalis kéreg és a neocortex nem mutatott hasonló eltérést.

Következtetés: A viselkedésfiziológiai alapon tervezett tesztek alkalmasak a klinikai kognitív deficit kimutatására szkizofréniában. A kontextusfüggő asszociatív tanulás zavara továbbá specifikus összefüggést mutat a hippocampus térfogatával szkizofréniában, amely összhangban van az állatkísérletes fiziológiai modellekkel. Mindez felveti a klasszikus neuropszichológiai vizsgálóeljárások kiegészítését, amely hozzájárulhat a megfelelő klinikai kezelés kialakításához, valamint a terápiás folyamat monitorozásához.

Kulcsszavak: szkizofréniában, neurokogníció, procedurális- és kontextusfüggő tanulás, „Kilroy” – teszt, hippocampus, entorhinalis kéreg

Tesztelési hatás stresszhelyzetben

Szászi Barnabás Imre, MA II. évf.

Konzulens: Keresztes Attila, BME Kongitív Tudományi Tanszék

A számunkra fontos és sorsdöntő pillanatokban, amikor a legnagyobb jelentőséggel bír a kívánt emlékek előhívása, a helyzetből fakadóan stresszt élünk át. Így szinte sohasem fordul elő az emlékezeti előhívás legkritikusabb momentumai során, hogy emlékeinket nyugodt állapotban hívjuk elő: legyen az vizsga, állásinterjú, előadás vagy akár egy súlyos következménnyel járó beszélgetés, a kérdés ugyanaz marad. Hogyan tudjuk ezekben a helyzetekben maximalizálni a szükséges emléknymok előhívásának a számát? A jelen kutatás arra lett tervezve, hogy meghatározza a kezdeti tanulás feltételeinek hatását a tanult információ megtartására és transzferjére stresszes helyzetben.

Számos kísérletben bebizonyosodott, hogy a teszt alapú tanulás jobb megtartást eredményez egy korábban tanult anyagon egy azonos időtartamú újratanuláshoz képest (tesztelési hatás, Roediger és Karpicke, 2006), de kérdés, hogy ez vajon így van-e a társas nyomás által kikényszerített stresszhelyzetekben is. Tehát felmerül, hogy a tesztelési hatás hatékony tanulási módszer-e akkor is, ha az emlékeinket stresszes szituációban kell előhívunk.

Ennek tesztelése érdekében vizsgálatunkban a kísérleti személyeinket stresszes és kontroll csoportokba soroltuk. Mindkét csoport 30 szuahéli-magyar szópárt tanult meg sima újratanulással (15-öt), és teszteléses módszerrel (15-öt). Egy héttel később a Trier Szociális Stressz Tesztet (TSST, Kirschbaum, Pirke és Hellhammer, 1993) használva a kísérleti személyek felét stresszes állapotba hoztuk, a másik csoport pedig a TSST feladataival megegyező, - hasonló kognitív erőfeszítést igénylő de a stressztokozó faktorokat mellőző – feladatokat oldott meg. Ezután történt mindkét kondíciónál az egy héttel korábban tanult szópárok tesztelése. Elemzésünk során azt vizsgáltuk, hogy szignifikánsan befolyásolja-e az előhívott szavak számát a kontroll illetve a stresszes feltételben a tanulási módszer.

Irodalom:

1. Roediger, H. L., III és Karpicke, J. D. (2006). The power of testing memory: basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 181–210.
2. Kirschbaum, C., Pirke, K.-M. és Hellhammer, D.H.(1993). The ‘Trier Social Stress Test’: a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology* 28, 76—81.

Vizuális ingerek hatása mozgó hangforrások észlelésére

Szombathy Péter, MSc II. évf. és Hajdu Botond, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Böhm Tamás, MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet és BME VIK Távközlési és Médiainformatikai Tanszék;
Dr. Babarczy Anna, BME Kognitív Tudományi Tanszék

Mindennapi életünk egy meghatározó észlelési folyamata a környezetünkben lévő tárgyak egymástól való elkülönítése (ld. akár az utcai közlekedést vagy a szakirodalomban gyakran hivatkozott koktélparti-jelenséget). Az ennek háttérében álló kognitív mechanizmusok egyelőre csak részben feltártak. A tárgyak megkülönböztetését elsősorban látási és hallási folyamatok biztosítják, melyek (visszacsatolásokon keresztül) egymást segítve működhetnek.

Kísérletünkkel azt vizsgáltuk, vajon a hangforrások mozgásával együtt érkező vizuális ingerek képesek-e befolyásolni a hangok észlelését. A kísérlet résztvevői egy virtuális térbe kerültek. Speciális fülhallgatók segítségével műfejes felvétellel rögzített, a hallgató körül mozgó illetve álló szinuszos hangforrások által keltett hangsorokat hallottak; eközben a látóterük nagy részét kitöltő kijelzőn a hanggal szinkronban pulzáló gömbök voltak láthatóak, melyek a hangforrásoknak megfelelően – vagy éppen azoktól eltérően – mozogtak a térben, az észlelő nézőpontjából.

A kísérletben résztvevők elsődleges feladata annak visszajelzése volt, hogy az általuk hallott két szinuszos, alternáló hangsort mikor hallják egyetlen hangforrásból származó dallamnak (integrált szerveződés), és mikor érzélik őket két külön hangforrásként (szegregált szerveződés). A választ korábbi vizsgálatok alapján a hangforrások egymáshoz viszonyított elhelyezkedése jelentősen befolyásolhatja. Jelen kísérlet célja azonban annak kiderítése volt, hogy vajon a hallott téri mozgásnak megfelelően – vagy attól eltérően – mozgó vizuális inger hatással van-e a hangok integrált illetve szegregált észlelésére.

Kezdeti eredményeink azt mutatták, hogy a mozgó tárgyak hang alapján történő szétválasztását a hozzájuk kapcsolható téri vizuális ingerek nem befolyásolják. Ez egybevágh más kísérleti elrendezésben kapott korábbi eredményekkel [1] és információkkal szolgálhat a halló- és a látórendszer által alkalmazott téri reprezentációkról.

Irodalom:

1. C. Spence and J. Driver, “Audiovisual links in exogenous overt spatial orienting”, *Perception & Psychophysics*, Vol. 59, 1-22 (1997).

A cerebellum szerepe a kognitív és nyelvi funkciókban

Szöllősi Izabella, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Mészáros Éva OORI Hemiplegia Rehabilitációs Osztály, MTA Nyelvtudományi Intézete és Dr. Lukács Ágnes MTA-BME Kognitív Tudományi Kutatócsoport, BME Kognitív Tudományi Tanszék

I. Célkitűzés

A kisagy nyelvi rendszerben illetve kognitív funkciókban játszott szerepe napjainkban egyre inkább előtérbe kerül. Sérülése esetén a morfoszintaktikai hibák mellett a hallás utáni megértési, fonológiai illetve szemantikus fluencia feladatokban megmutatkozó alacsony teljesítményt, illetve agrammatikus formák megjelenését említik a leggyakrabban. Számos szerző kognitív és nyelvi deficitek együttes előfordulásáról számol be. A vizsgálatok célja a cerebellum szerepének feltárása a kognitív folyamatokban a nyelvi rendszer néhány aspektusán keresztül egy kizárólag cerebelláris sérülést mutató beteg kapcsán.

II: Módszer

A 78 éves nőbeteggel felvettük az afáziadiagnózisban általánosan használt nyelvi tesztek (WAB, Token). Különböző célzott próbák mellett, kognitív képességeket mérő és általunk szerkesztett eljárásokat (és azok eredményeit) alkalmaztunk:

1. Lexikalitás döntési feladat késleltetett utánmondásba ágyazva.
2. Szómagyarázat.
3. Betű- és szófluencia feladat.

A vizsgálatokat rögzítettük, azok elemzését az átírt változaton végeztük.

III. Eredmények

A késleltetett és késleltetés nélküli utánmondás feladatnál és a szómagyarázatnál nagy arányban fordulnak elő verbális perszeverációk, melyek motoros és szemantikus típusra oszthatók. Nyelvi diszfunkcióként értelmeztük a szemantikai perszeverációt - melynek során a beteg a mondat egyik szavának szemantikai jegyét kiemelve azt több válaszon keresztül perszeverálta - illetve az agrammatikus nyelvi formákat.

Az egyik lényeges eredményünk, hogy a szemantikai perszeveráció és az agrammatikus kifejezések a késleltetés nélküli ismétlés esetén alacsonyabb arányban jelentek meg, mint késleltetéskor. A másik fontos megfigyelésünk, hogy páciens a betűfluencia feladatban sokkal rosszabbul teljesített, mint a szófluencia feladatokban.

IV. Következtetések

A szemantikai perszeverációk, illetve az agrammatikus mondatszerkezetek megjelenéséből a munkamemóriát fokozottabban igénybevevő feladatok esetén arra következtethetünk, hogy feltehetően nem a nyelvi rendszer primer sérülése okozza a fenti zavarokat. Ez a feltételezésünk egybeesik azokkal az elméletekkel, melyek a rövidtávú memória sérülésével magyarázzák az expresszív beszéd nyelvi oldalának károsodását a cerebellum meghatározott területeinek károsodása esetén.

A fonológiai fluencia sérülése a kortikális frontális régiók diszfunkciójára utal, amely a cerebro-cerebelláris körök érintettsége következtében jöhet létre.

A fentiek figyelembevételével feltételezhetjük, hogy a morfoszintaktikai és a lexikai folyamatokban a kisagy a reguláló funkciója révén vesz részt. Így annak sérülése különböző típusú másodlagos nyelvi zavarokhoz vezethet.

Kisgyermek és felnőttek hiteles szövegemlékezete

Takács Szilvia, MA II. évf.

Konzulensek: Dr. Király Ildikó, ELTE PPK Kognitív Pszichológia Tanszék,
Keresztes Attila, BME Kognitív Tudományi Tanszék

A gyerekek az első preverbális kommunikációs aktustól kezdve hosszú utat tesznek meg, mire egy olvasott szöveg dekontextualizált, kivonatolt visszaadására képessé válnak. A nyelvhasználat alapelemét jelenti a történetemlékezethez szükséges narratív struktúra megértésének és ezzel együtt a hatékony epizodikus- autobiografikus memória kialakulásának (Király, 2002). A szülők és nevelők természetes pedagógiai érzékkel segítik elő ezt a folyamatot. Óvodáskorú gyerekek esetében a versek, mesék, mondókák hatékony eszközt jelentik a tanításnak.

Vizsgálatunkban arra voltunk kíváncsiak, hogy bizonyos feltételek teljesülése mellett a gyerekek megcáfolják-e azt a legtöbb kutatás által leírt jelenséget, mely szerint hosszútávú emlékezeti kapacitásuk és megbízhatóságuk elnyújtott fejlődési görbét mutat.

A kísérletben átlag 4,5 éves korú ($\pm 0,3$) gyermek és szülei vettek részt. Az édesanyák Mosonyi Aliz *Retekorrú király* című meséjét olvasták fel 10 egymást követő estén gyermekeiknek egy 4 értelmes, 4 értelmetlen szót tartalmazó listával egyetemben. A 11. napon mind a gyermekeket, mind a szülőket a szöveg és a szavak minél pontosabb felidézésére kértük (eközben a könyv illusztrációit nézhették, illetve elakadás esetén egy-két szóval segítettük az előhívást). A tesztekéről videofelvételt készítettünk, és azt elemeztük.

Eredményeink szerint a gyerekek könnyedén, a helyes szavak számát tekintve a szülőknél jóval pontosabban tudták felidézni a mesét. Egy-egy kulcsszó elegendő volt, hogy folyékonyan, a szöveg szerkezeti-nyelvi sajátosságait szem előtt tartva végigmondják a történetet. Az anyukáknak ezzel szemben a cue-k nem jelentettek akkora segítséget, és inkább a tartalom összefoglalására fókuszáltak. Mivel a szólistában nem volt különbség a két csoport között, a figyelmi és motivációs eltéréseken alapuló magyarázatot ki tudjuk zárni. Mindez igazodik a Rubin (1995) által vázolt elméleti keretbe, mely szerint a mnemotechnikai elemként is szolgáló ritmus és rím korlátozza a lehetséges szavak körét a felidézés során. Ez a pozitív kényszerítő erő az óvodások kisebb mentális lexikonjával kiegészülve merevebb, de a felnőttekénél pontosabb előhívást tesz lehetővé, és az olvasni még nem tudó gyerekek számára egy hiteles belső emlékezeti tár kialakításának lehetőségét adja meg.

Irodalom

1. KIRÁLY I. (2002) Az emlékezet fejlődése kisgyermekkorban – Utánzás és eseményemlékezet, Gondolat Kiadó, Budapest
2. RUBIN, D. C. (1995) Memory in oral tradition The cognitive psychology of epic, ballads and counting-out rhymes, New York – Oxford, Oxford University Press

MATEMATIKA SZEKCIÓ

Helyszín: H. ép. IV. em. 46.

- Zsúri elnök:** Dr. Simon Károly
egyetemi tanár, BME Sztochasztika Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Horváth Erzsébet
egyetemi docens, BME Algebra Tanszék
Dr. G. Horváth Ákosné
tudományos főmunkatárs, BME Analízis Tanszék
Dr. Lángi Zsolt
adjunktus, BME Geometria Tanszék
- Titkár:** Dr. Hujter Mihály
egyetemi docens, BME Differenciálegyenletek Tanszék
-
- 10⁰⁰** Homoki Tibor, MSc I. évf.
Inverz feladatok gráfokon
Konzulens: Dr. Horváth Miklós, BME Analízis Tanszék
- 10²⁵** Lovas Attila, MSc I. évf.
Határozatlansági relációk származtatása az állapotér geometriájából
Konzulens: Dr. Andai Attila, BME Analízis Tanszék
- 10⁵⁰** Pallagi János, MSc V. évf.
Ekvidisztáns felületek és Dirichlet-Voronoi cellák $S^2 \times R$ és $H^2 \times R$ geometriákban
Konzulens: Dr. Szirmai Jenő, BME Geometria Tanszék
- 11¹⁵** Vincze Erika, MSc II. évf.
Normagráfok Galois-gyűrűk felett
Konzulens: Dr. Rónyai Lajos, BME Algebra Tanszék
- 11⁴⁰** 15 perc szünet
- 11⁵⁵** Virosztek Dániel, MSc II. évf.
Általános irányú Pauli csatorna tomográfiája
Konzulensek: Dr. Hagos Katalin, MTA SZTAKI Folyamatirányítási Kutatócsoport és Ruppert László, BME Analízis Tanszék
- 12²⁰** Kovács István, BSc III. évf.
Többszörös fedések zárt sokszögekkel
Konzulens: Dr. Tóth Géza, MTA Rényi Intézet és BME Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

Inverz feladatok gráfokon

Homoki Tibor, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Horváth Miklós, BME Analízis Tanszék

Az inverz spektrálmélet a lineáris differenciáloperátorok egy klasszikus, de ma is aktívan kutatott területe. A deriválás, integrálás fogalmainak átfogalmazása gráfokra jól ismert, ezért adódott a lehetőség, hogy megvizsgáljuk a folytonos elmélet diszkrét, súlyozott gráfokra átirított változatát. A TDK dolgozatban ilyen kérdésekkel foglalkozunk.

Első új eredményünk, azaz a diszkrét Ambarzumian tétel azt mondja, hogy ha a gráf Laplace operátorát egy potenciállal kibővítjük, az így kapott diszkrét Schrödinger operátorról eldönthető a Neumann-peremfeltétellel kapott sajátértékei alapján, hogy nulla-e a potenciálfüggvény. Ilyen folytonos eredmény csak a legfeljebb 3 dimenziós esetben ismert, míg az itt bizonyított diszkrét eset nagyobb dimenziós folytonos feladat diszkrétizációjából is származhat. Megvizsgáljuk az ezzel kapcsolatos stabilitási kérdést is: olyan állításokat igazolunk, hogy ha a sajátértékek közel vannak a nulla potenciál sajátértékeihez, akkor a potenciál közelítőleg nulla. Az analóg stabilitási tétel a folytonos operátorokra nem ismert. Megjegyezzük, hogy a bizonyításban kihasználjuk az első Neumann-sajátérték extrémális tulajdonságát, ezért az már nem igaz, hogy ha két tetszőleges potenciál sajátértékei egymáshoz közel vannak, akkor a két potenciál eltérése is kicsi.

A TDK dolgozat másik része olyan eredményeket tárgyal, hogy az egyváltozós Schrödinger operátor a sajátértékek milyen halmazából rekonstruálható. Itt is sok klasszikus eredmény diszkrét változatát sikerült megmutatni, többek között a Weyl-Titchmarsh féle m -függvény diszkrét változatának bevezetése bizonyult hatékonynak. Az utolsónak tárgyalt részben a Sturm-Liouville operátorok elméletében alapvető operátor-transzformációs módszer diszkrét változatát alkottuk meg, mellyel a folytonos eset mintájára több érdekes unicitás tételt igazoltunk.

Határozatlansági relációk származtatása az állapotér geometriájából

Lovas Attila, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Andai Attila, BME Analízis Tanszék

A Heisenberg-féle határozatlansági reláció naív olvasata szerint két fizikai mennyiséget nem lehet egyszerre tetszőleges pontossággal mérni. Ennek (pontosabban a Schrödinger által élesített változatának) a matematikai megfelelője, hogy a két mennyiség kovarianciamátrixának a determinánsára adható egy alsó becslés. Ezt Robertson még 1934-ben több fizikai mennyiségre általánosította. Fél évszázaddal később már alkalmazás közelébe került Robertson-eredménye. A kvantumszámítógép fizikai megvalósíthatósága a határozatlansági relációk kutatásának egyik fő mozgatórugója lett. Az utóbbi évtizedben kiderült, hogy az egyenlőtlenségben szereplő alsó becslés nagymértékben javítható bizonyos operátormonoton függvények segítségével (Gibilisco, Imperato, Isola: A volume inequality for quantum Fisher information and the uncertainty principle, 2007.). A dolgozatban a Gibilisco által adott becslésnél egy élesebb becslést adunk, továbbá megmutatjuk, hogy mind a fizikai mennyiségek kovarianciamátrixa, mind az általunk megadott alsó korlát természetes módon származtatható az állapotér geometriájából. A geometriai kapcsolat lényege abban áll, hogy az állapotéren a kvantum Fisher-információk (Riemann-metrikák) bizonyos operátormonoton függvényekkel indexelhetők, és a kovariancia mátrix determinánsa illetve az általunk adott alsó becslés az állapotér egy pontja feletti érintőtéren lévő vektorok belső szorzatával van kapcsolatban. Vagyis a határozatlansági reláció mindkét oldalán az állapotér geometriáját meghatározó Riemann-metrika szerepel, az egyenlőtlenség arra vezethető vissza, hogy különböző metrikákat tekintünk.

Irodalom:

1. Attila Andai, „Uncertainty principle with quantum Fisher information”, arXiv:mathph/0707.1147v1, 2007.
2. P. Gibilisco, D. Imperato and T. Isola, „A volume inequality for quantum Fisher information and the uncertainty principle”, arXiv:math-ph/0706.0791v1, 2007.
3. P. Gibilisco, D. Imperato and T. Isola, „Uncertainty principle and quantum Fisher information II”, arXiv:math-ph/0701062v3, 2007.
4. D. Petz., „Geometry of canonical correlation on the state space of quantum system.”, J.Math.Phys., 35, 780-795 (1994).
5. F. Hiai, D. Petz and G. Toth, „Curvature in the geometry of canonical correlation.”, Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica, 32, 235-249 (1996).

Ekvidisztáns felületek és Dirichlet-Voronoi cellák $S^2 \times \mathbb{R}$ és $H^2 \times \mathbb{R}$ geometriákban

Pallagi János, MSc V. évf.

Konzulens: Dr. Szirmai Jenő, BME Geometria Tanszék

A nyolc homogén maximális Riemann geometriák közül tekintsük az $S^2 \times \mathbb{R}$ és $H^2 \times \mathbb{R}$ tereket. Ezek a szférikus sík és a hiperbolikus sík, valamint a valós számegyenes direkt szorzataként állnak elő. A két geometria vizsgálatához a jól ismert – a dolgozatban bemutatásra kerülő – projektív gömbmodellt használom. Az irodalomban megjelölt első kettő cikk alapján definiálom a szükséges fogalmakat: távolság, geodetikus, geodetikus gömb.

A dolgozat célja az állandó görbületű geometriákban már ismert tércsoportok és hozzá tartozó alaptartományok vizsgálata e két geometriában. Mindezek motivációja, hogy az euklideszi térhez hasonlóan a nem-euklideszi kristálycsoportok illetve ezek alaptartományainak vizsgálata fontos anyagszerkezeti kérdéseket oldhat meg. Ehhez az adott tércsoporthoz tartozó alaptartományokat célszerű megismerni. Az alaptartományok egy speciális osztályát, a Dirichlet-Voronoi cellákat definiálom ezen terekben. $S^2 \times \mathbb{R}$ térben bevezetem a tetszőleges két ponthoz tartozó ekvidisztáns felület fogalmát az euklideszi biszektor (felező merőleges sík) analógiájára.

A modellben megadható az ekvidisztáns felületek implicit egyenlete. Tárgyalom a számolás során felmerülő inverz problémát, mely abból adódik, hogy a geodetikus görbék paraméteres egyenletrendszerét egy pontból indítva ismerjük. Emiatt egy tetszőleges modell pontba vezető geodetikus paramétereinek meghatározásához meg kell oldani egy nem algebrai egyenletrendszert. Ismertetem a probléma megoldását, majd általánosítom két tetszőleges pontra, mivel ez szükséges az ekvidisztáns felület egyenletének meghatározásához. Itt felhasználjuk a tér izometriáit, melyeket a modell bevezetésénél ismeretetek. A megkapott egyenletet tovább egyszerűsíttem a modell tulajdonságainak segítségével.

Ezt követően kerül sor a $H^2 \times \mathbb{R}$ geometria ide vonatkozó számolásaira és eredményeire, mely a modellbeli különbségek ismertetése után teljes összhangba kerül az $S^2 \times \mathbb{R}$ -ben látottakkal.

Az ekvidisztáns felületek egyenletének segítségével mindkét térben láthatóvá válnak a Dirichlet-Voronoi cellák adott tércsoporthoz tartozóan. A dolgozatot szemléletessé tevő ábrák – geodetikus, gömb, ekvidisztáns felület, Dirichlet-Voronoi cella, adott tércsoporthoz tartozó lokálisan optimális gömbkitöltés – Wolfram Mathematica szoftverrel készültek, a vizualizáláshoz használt módszereket is prezentálom és mellékelem.

Irodalom:

1. E. Molnár, „The projective interpretation of the eight 3-dimensional homogeneous geometries”, *Beiträge zur Algebra und Geometrie (Contributions to Algebra and Geometry)* Vol. **38**, No. 2, 261-288 (1997)
2. J. Szirmai, „Geodesic ball packings in $S^2 \times \mathbb{R}$ space for generalized Coxeter space groups”, *Beiträge zur Algebra und Geometrie (Contributions to Algebra and Geometry)* Vol. **52**, No. 2, 413 – 430 (2011)
3. J. Pallagi - B. Schultz - J. Szirmai, „Visualization of geodesic curves, spheres and equidistant surfaces in $S^2 \times \mathbb{R}$ space”, *KoG (Scientific and professional journal of Croatian Society for Geometry and Graphics)* **14**, 35-40 (2010)

Normagráfok Galois-gyűrűk felett

Vincze Erika, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Rónyai Lajos, BME Algebra Tanszék

A Galois-gyűrűk a véges testek érdekes általánosításai:

A modulo m egészek \mathbb{Z}_m gyűrűjéből kaphatók egyszerű algebrai bővítéssel, ahol $m > 1$ prímszám. Prím m esetében éppen a véges testek adódnak.

Az általános Galois-gyűrűk szerkezete bonyolultabb a véges testekénél, például nem triviális nilpotens elemek is vannak.

Az utóbbi időben több érdekes, a véges testekre alapozott, diszkrét matematikai konstrukciót sikerült Galois-gyűrűkre támaszkodva általánosítani. Például a hibajavító kódok területén több ilyen konstrukció látott napvilágot.

A jelen munka célja is egy ilyen általánosítás megfogalmazása és vizsgálata.

Alon, Rónyai és Szabó[1] véges testek felett definiálták a projektív normagráfokat, amelyek több gráfelméleti extrémális probléma kapcsán bizonyultak hasznosnak. Ezt a konstrukciót általánosítjuk oly módon, hogy az eredetiben szereplő véges testbővítés helyett egy Galois-gyűrű Galois-bővítését, és a megfelelő normaleképezést használjuk.

Szabó[1] eredményét általánosítva megmutatjuk, hogy ezen gráfok M adjacenciamátrixának spektruma kifejezhető (általánosított) Gauss-összegek segítségével. Itt természetesen Galois-gyűrűk feletti Gauss-összegek lépnek fel.

Ezekről a tudomány mai állása szerint jóval kevesebb ismert, mint a véges testek feletti klasszikus Gauss-összegekről. Ennek megfelelően részeredményeket tudunk bizonyítani M sajátértékeinek nagyságáról.

Itt elsősorban a legkisebbnek tekinthető új esettel foglalkozunk, amikor az alapgyűrű \mathbb{Z}_4 .

Irodalom:

1. Szabó Tibor, „On the spectrum of projective norm-graphs”, Information Processing Letters, 86 no. 2. (2003) 71-74.
2. Zhe-Xian Wan, “Lectures on Finite Fields and Galois Rings”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., (2003) 297-333.
3. Yunchang Oh and Heung-Joon Oh, „Gauss Sums over Galois Rings of Characteristic 4”, Kangweon-Kyungki Math. Jour. 9 (2001), No. 1, pp. 1–7.
4. Philippe Langevin and Patrick Solé, „Gauss Sums over Quasi-Frobenius Rings”, Fq5, pp 329--341 (2001)

Általános irányú Pauli csatorna tomográfiája

Virosztek Dániel, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Hangos Katalin, MTA SZTAKI Folyamatirányítási Kutatócsoport és
Ruppert László, BME Analízis Tanszék

A kvantum jelenségek pontos leírása olyan matematikai feladat, amely gyakorlati jelentőséggel is bír: modern technológiák széles körében alkalmazandóak kvantum jelenségek, az alkalmazás pedig megköveteli ezek pontos ismeretét.

Többféle fizikai jelenség leírására is alkalmas fogalom a kvantum csatorna, amely a rendszer állapotterén ható nyomtartó, teljesen pozitív leképezés. A kvantum csatornák egy tág osztályát alkotják a Pauli csatornák. Az n -szintű rendszerre definiált Pauli csatornák [1] szoros kapcsolatban állnak bizonyos lineáris tereken ható kontrakciókkal.

A Pauli csatornák tomográfiájának bőséges irodalma van, azonban a téma nehézsége miatt a dolgozatok általában speciális esetekkel foglalkoznak. A direkt tomográfiás eljárások legfontosabb jellemzője, hogy az ismert input állapotok és a mérések által becsült output állapotok (az output állapot az input állapot csatorna általi képe) összehasonlítása adja a csatornára vonatkozó információt. A kvantummechanikában a mérés nem determinisztikus, így az eljárás a csatorna paramétereinek egy becsülését adja.

Ebben a dolgozatban a kétszintű (kvantum bit) rendszerre koncentrálva ismertetjük az ismeretlen irányú Pauli csatornát becsülő direkt tomográfiás eljárások egy családját. A csatornabecslés hatékonyságát három mennyiséggel mérjük: a csatorna kontrakcióparamétereinek, szögparamétereinek illetve csatornamátrixának (Hilbert-Schmidt normában mért) átlagos négyzetes hibájával.

Az optimális csatornabecslési eljárás megtalálása és az optimalitás bizonyítása különböző célfüggvények esetén különböző matematikai módszereket igényel. Analitikus eszközökkel bizonyítjuk, hogy a csatornamátrix becsülésének bizonytalansága alulról becsülhető a csatornaparaméterek egy kezelhető függvényével, s a minimum felvétetik. A másik két célfüggvény esetében különböző becslések linearizálása szükséges, s az így kapott becslésekről mondunk ki és bizonyítunk tételeket. A becslési eljárás jellegéből fakad, hogy a paraméterbecslések a megfelelő bázispontú Taylor-polinomjukkal jól közelíthetők, ezzel együtt az analitikus eredményeket Monte-Carlo szimulációval ellenőrizzük.

Az egyik bizonyítás külön érdekessége, hogy ismert irányú Pauli csatornákra vonatkozó eredmények [2] egy újszerű (Fisher-információ maximalizálása helyett a varianciát minimalizáló) igazolásához is vezet.

Adódik a kérdés, hogy a kvantum bit rendszerrel kapcsolatos fogalmak és technikák miként általánosíthatók. Első lépésként definiáljuk az általános irányú Pauli csatornát véges dimenziós kvantum rendszerre és vizsgáljuk az ismertetett csatornabecslési eljárás kiterjesztésének lehetőségeit n -szintű rendszerre.

Irodalom:

1. D. Petz and H. Ohno. Generalizations of Pauli channels. *Acta Math. Hungar.*, 124:165–177, 2009.
2. L. Ruppert, D. Virosztek, and K. M. Hangos. Optimal parameter estimation of Pauli channels. *J. Phys. A: Math. Theor.*, 45:265305, 2012.

Többszörös fedések zárt sokszögekkel

Kovács István, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Tóth Géza, MTA Rényi Intézet és
BME Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

A sík sokszoros fedéseinek vizsgálatát 50 éve Fejes Tóth László és Harold Davenport kezdeményezték. Egy síkbeli halmazokból álló H halmazrendszert k -szoros fedésnek nevezünk, ha a sík minden pontját legalább k halmaz tartalmazza. A legtöbbet vizsgált eset az, amikor H elemei egy adott S halmaz eltoltjai.

Tegyük fel, hogy a S halmaz eltoltjaival k -szorosán lefedtük a síkot, vagyis az eltoltakból álló H halmazrendszer egy k -szoros fedés. Igaz, hogy ha k elég nagy, akkor a fedés felbontható két (vagy több) fedésre? Pontosabban, léteznek-e olyan páronként diszjunkt S_1, S_2, \dots, S_n részrendszerek, amelyek mindegyike fedés?

Ez az egyszerű kérdés meglepően nehéz és mély problémákhoz vezet, amelyek nagy része máig megoldatlan. A kérdésnek, elméleti jelentősége és érdekessége mellett fontos gyakorlati alkalmazása is van, a szenzor-rendszerek ütemezésénél. Ezért ezzel a kérdéskörrel sokan foglalkoztak az utóbbi időben, különböző módszereket bevetve.

Egy síkbeli S halmazt fedés-felbonthatónak hívunk, ha létezik olyan $k = k(S)$ szám, hogy a sík tetszőleges k -szoros fedése S eltoltjaival felbomlik két fedésre. 1980-ban Pach János vetette fel, hogy határozzuk meg a fedés-felbontható halmazokat. Sejtése szerint minden konvex halmaz fedés-felbontható. 1986-ban bebizonyította, hogy minden nyílt, konvex, középpontosan szimmetrikus sokszög fedés-felbontható. 1987-ben Peter Manival bebizonyították, hogy a nyílt egységkör is fedés-felbontható, bár ezt máig nem publikálták. 20 évvel később Tardos Gábor és Tóth Géza nyílt háromszögekre, Pálvölgyi Dömötör és Tóth Géza pedig minden nyílt konvex sokszögre belátták hogy fedés-felbonthatók. Ugyanakkor Pach, Tardos és Tóth 2007-es eredménye alapján a konkáv négyszögek nem fedés-felbonthatók, Pálvölgyi 2010-ben ezt általánosítva konkáv sokszögek egy tag osztályáról mutatta meg, hogy nem fedés-felbonthatók. Ezeknek az eredményeknek számos további általánosítása, javítása született.

Az összes eddigi pozitív eredmény kizárólag nyílt sokszögekre (illetve körlapra) érvényes, zártakra csak akkor működnek a bizonyítások, ha feltesszük, hogy a fedés lokálisan véges, vagyis a sík minden pontja véges sokszor van lefedve. Meglepő, hogy éppen a végtelenszer fedett pontok okozzák a nehézséget, hiszen úgy is gondolhatjuk, hogy éppen ezeknél van a legtöbb szabadságunk a fedés felbontására.

A dolgozat fő eredménye, hogy bebizonyítjuk, hogy a zárt, konvex, középpontosan szimmetrikus sokszögek is fedés-felbonthatóak.

A fedés-felbonthatóság tulajdonságnak sok egyéb változata van, például a sík fedése helyett vizsgálhatjuk (és felbonthatjuk) tetszőleges halmaz fedéseit is. Ezenkívül szorítkozhatunk csak véges sok illetve megszámlálható sok fedő halmazra, vagy megengedhetünk akármilyen sokat. A dolgozatban megvizsgáljuk a különböző változatok közti összefüggéseket, és bebizonyítjuk, hogy a nyílt és a zárt, konvex, középpontosan szimmetrikus sokszögek mindegyik változatban fedés-felbonthatóak, sőt a végtelenszeres fedések két, szintén végtelenszeres fedésre is felbonthatóak.

Irodalom:

1. M. Gibson and K. Varadarajan: Decomposing Coverings and the Planar Sensor Cover Problem, arXiv:0905.1093v1, also in: FOCS09 Proceedings.
2. J. Pach: Decomposition of multiple packing and covering, *Diskrete Geometrie*, 2. Kolloq. Math. Inst. Univ. Salzburg, 169-178, 1980.
3. J. Pach: Covering the plane with convex polygons, *Discrete and Computational Geometry* **1** (1986), 73-81.
4. D. Pálvölgyi: Indecomposable coverings with concave polygons, *Discrete and Computational Geometry* **44** (2010), 577-588.
5. D. Pálvölgyi and G. Tóth: Convex polygons are cover-decomposable, *Discrete and Computational Geometry* **43** (2010), 483-496.

NUKLEÁRIS TECHNIKA SZEKCIÓ

Helyszín: R. ép. IV. em. 438.

- Zsúri elnök:** Dr. Szatmáry Zoltán
professor emeritus, BME Atomenergetika Tanszék
- Zsúri tagok:** Dr. Balázs László
adjunktus, ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék
- Dr. Hős Csaba
egyetemi docens, BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék
- Dr. Nemes Imre
osztályvezető, Paksi Atomerőmű Zrt. Reaktorfizika Osztály
- Titkár:** Dr. Fehér Sándor
egyetemi docens, BME Nukleáris Technika Tanszék

09⁰⁰ Babcsány Boglárka, BSc IV. évf. és Kovács Arnold, BSc IV. évf.
Az Oktatóreaktor fűtőelem-pálcája körüli szubcsatornában kialakuló természetes áramlás vizsgálata PIV és LIF mérés technikával
Konzulensek: Dr. Aszódi Attila, BME Nukleáris Technikai Intézet és Yamaji Bogdán, BME Atomenergetika Tanszék

09²⁵ Bucz Gábor, MSc V. évf.
A remanens-hő reaktor-tranziensek során történő változásának számítására szolgáló modell fejlesztése
Konzulens: Dr. Fehér Sándor, BME Nukleáris Technika Tanszék

09⁵⁰ Halász Máté Gergely, MSc I. évf.
Másodlagos aktinidák transzmutációjának vizsgálata gázhűtésű gyorsreaktorokat tartalmazó nukleáris üzemanyag-ciklusban
Konzulens: Szieberth Máté, BME Atomenergetika tanszék

10¹⁵ Kéri Annamária, MSc I. évf.
Mikroszkopikus röntgenfluoreszcencia és többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása nagyaktivitású radioaktív hulladék-tároló befogadó kőzetének vizsgálatában
Konzulensek: Dr. Osán János, MTA EK Környezetfizikai Laboratórium és Dr. Zagvyai Péter, BME Nukleáris Technika Tanszék

10⁴⁰ 15 perc szünet

10⁵⁵ Laczák Lili Eszter, MSc II. évf.
Repülőgép ütközése vasbeton szerkezettel
Konzulensek: Dr. Károlyi György, BME Atomenergetika Tanszék és Dr. Dunai László, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

11²⁰ Radócz Gábor, MSc II. évf.
Monte Carlo szimulációra alapozott eljárás és szoftver kidolgozása radioaktív izotópok kvantitatív meghatározására
Konzulensek: Dr. Szalóki Imre, BME Atomenergetika Tanszék és Dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék

11⁴⁵ Tiborcz Livia, BSc IV. évf.
Négyszögácsba rendezett pálcakötegben kialakuló turbulens áramlás vizsgálata
Konzulens: Dr. Tóth Sándor, BME Nukleáris Technika Tanszék

Az Oktatóreaktor fűtőelem-pálcája körüli szubcsatornában kialakuló természetes áramlás vizsgálata PIV és LIF mérés technikával

Babcsány Boglárka, BSc IV. évf. és Kovács Arnold, BSc IV. évf.

Konzulensek: Dr. Aszódi Attila, BME Nukleáris Technikai Intézet és
Yamaji Bogdán, BME Atomenergetika Tanszék

A dolgozatunkban a BME NTI Oktatóreaktor egy fűtőelem-pálcájának elektromosan fűtött modelljét vizsgáljuk. A mérés Particle Image Velocimetry (PIV) és Laser Induced Fluorescence (LIF) mérés technikával történik. A PIV technikával kétdimenziós sebességteret tudunk meghatározni, a LIF alkalmazásával pedig kétdimenziós hőmérsékletteret kapunk a mérés eredményeként. A hőmérsékletter ismeretében lehetőség nyílik a konvektív hőátadási tényező meghatározására, ezáltal vizsgálható a pálca hossza mentén változó vastagságú hidraulikai és termikus határréteg hatása a hőátadás folyamatára.

A mérésorozat Szijártó Rita 2011-ben végzett mérésén alapul [1.], de a mérési összeállítást továbbfejlesztettük és az alkalmazott módszert jelentősen finomítottuk, hogy jobb felbontású hőmérséklet- és sebességtereket kaphassunk, ami főleg a kritikus, fűtőelem-pálca közvetlen közelében található mérési tartományban okoz jelentős felbontás-növekedést, valamint a hőátadási tényező számításának hibáját is nagymértékben csökkenti.

A 70 cm hosszú fűtőelem-pálcát természetes konvekció segítségével hűtjük egy vízzel teli tartályban. A méréseket a pálca alsó végétől felfelé haladva 4 cm-enként végezzük el, a pálca melletti tartományról CCD kamera segítségével készítjük el a képeket. A mérésorozat keretében a fűtőelem-pálca modell teljes hosszát végigmérjük, beleértve az 50 cm hosszúságú fűtött szakasz alatti és feletti inaktív részeket. Ez alapján a pálca teljes hossza mentén meghatározható a hőmérséklet- és a sebességmező. A hőmérsékletteret a fűtőelem-pálca fala és a szubcsatornában áramló közeg hőmérsékletének meghatározására használjuk, ezek segítségével a hőátadási tényező számítható, a pálca lineáris hőteljesítményének ismeretében. Szintén a hőmérsékletmező segítségével határozható meg a termikus határréteg vastagsága is. A sebességteret a hidraulikai határréteg vastagságának megállapításához használjuk fel.

A méréseket széles hőmérséklet-tartományban elvégezzük, így összefüggés határozható meg a hőátadási tényező szubcsatornabeli közeghőmérséklettől való függésére is. A mérés nagyon nagy pontosságot és odafigyelést követel, melyet az eredmény is tükröz: e mérés technikák segítségével rendkívüli felbontásban határozhatjuk meg a kétdimenziós hőmérséklet- és sebességteret.

Irodalom:

1. Szijártó R., Yamaji B., Aszódi A.: New studies of the natural convection around the fuel rod model of the BME training reactor with PIV/LIF technique. In: 21st Symposium of AER on VVER Reactor Physics and Reactor Safety. Dresden, Németország, 2011.09.19-2011. Dresden: pp. 711-725. (ISBN: 978-963-372-646-4)

A remanens-hő reaktor-tranziensek során történő változásának számítására szolgáló modell fejlesztése

Bucz Gábor, MSc V. évf.

Konzulens: Dr. Fehér Sándor, BME Nukleáris Technika Tanszék

Atomerőművi reaktorok esetében a reaktor pillanatnyi teljesítményét általában az ex-core neutrondetektorok jelére alapozva határozzák meg. Mivel az ex-core detektorok a reaktorból (többnyire az aktív zóna külső régióiból) származó neutronok fluxusával arányos jelet adnak, az így meghatározott teljesítményt kalibrálni kell a reaktor tényleges – kalorikus – teljesítményéhez. Utóbbit a reaktor hűtőközeg-áramának és a hűtőközeg felmelegedésének mérésével lehet pontosan meghatározni. A hűtőközeg-felmelegedés mérése azonban csak stabil reaktorállapot esetén ad használható teljesítmény-értéket. Teljesítményváltozással járó tranzienseket követően a hűtőközeg hurkonként történő mérésénél csak több perces átmeneti állapot után áll be az új teljesítményszintnek megfelelő érték a rendszer termohidraulikai tulajdonságai, valamint a hőmérsékletmérések jellemzői miatt.

Ahhoz, hogy a reaktor termikus teljesítményét az ex-core neutrondetektorok jele alapján tranziensek során is megbízhatóan lehessen meghatározni, egy olyan összetett számítási modellre van szükség, amely a neutron-fluxus térbeli eloszlásának és a remanens hőtermelésnek a tranziens alatti időbeli változását is követni tudja. A hasadási termékek és a transzuránok radioaktív bomlásából adódó remanens hőteljesítmény számítása azért fontos, mert a reaktor teljes teljesítményéhez való hozzájárulása egyensúlyi állapotban megközelíti a 8%-ot, tranziensek esetén pedig arányaiban ezt jelentősen meghaladhatja.

A TDK munka egy olyan számítási modell kifejlesztésére irányult, amely a remanens hőtermelés mértékét a vonatkozó magfizikai adatok alapján, a hasadási termékek és transzuránok keletkezésének, bomlásának és neutronbefogásos transzmutálódásának figyelembevételével pontosan számítani tudja. A tranziens során megváltozó remanens hőteljesítmény számításához az alábbi alakú differenciálegyenletekből álló rendszert kell megoldani:

$$\frac{dN_i}{dt} = (-\lambda_i - \sigma_i^a \cdot \phi) \cdot N_i + \sum_{j=0}^n (\lambda_{j \rightarrow i} + \sigma_{j \rightarrow i}^f \cdot \phi) N_j,$$

ahol N_i a vizsgált izotóp magsűrűsége, λ_i a bomlási állandója, σ_i^a az abszorpciós hatáskeresztmetszete, $\lambda_{j \rightarrow i}$ annak a bomlásállandója, hogy j -ből i indexű anyag lesz, $\sigma_{j \rightarrow i}^f$ annak a hatáskeresztmetszete, hogy j -ből i indexű anyag lesz, Φ a fluxus. Ennek az egyenletrendszernek a numerikus megoldásához a MATLAB programot használtam. A dolgozatban a számítási modellt és annak néhány tranziensre való alkalmazását mutatom be.

Másodlagos aktinidák transzmutációjának vizsgálata gázhűtésű gyorsreaktorokat tartalmazó nukleáris üzemanyag-ciklusban

Halász Máté Gergely, MSc I. évf.

Konzulens: Szieberth Máté, BME Atomenergetika tanszék

A gázhűtésű gyorsreaktor (Gas-Cooled Fast Reactor, GFR) egyike a negyedik generációs atomreaktorok perspektivikus típusainak. Kemény neutronspektruma miatt ez a reaktortípus különösen alkalmas az üzemanyag-tenyésztésre – ezáltal a nukleáris üzemanyag magasabb hatásfokú felhasználására –, valamint a másodlagos aktinidák transzmutációjára. A GFR 2400 MWth teljesítményű koncepciója, illetve egy 70 MWth teljesítményű demonstrációs reaktor (ALLEGRO) fejlesztése jelenleg is folyik az EURATOM által finanszírozott GoFastR projekt keretein belül.

Az üzemanyag-tenyésztés és a másodlagos aktinidák transzmutációjának vizsgálatához olyan, részletes számítási modellek szükségesek, amelyek figyelembe veszik a nukleáris üzemanyag-ciklus legfontosabb létesítményeit, ezek működését, valamint a közöttük lévő anyagáramokat. Az üzemanyag-ciklus modellezésének legnagyobb nehézsége, hogy a reaktorokból kikerülő kiégett üzemanyag összetételét csak összetett, időigényes kiégésszámításokkal lehet meghatározni, ezért egyszerűbb modelleket szoktak alkalmazni, jellemzően a kiégés függvényében megadott egycsoportos hatáskeresztmetszetek felhasználásával. Az ilyen modellek alkalmazhatósága azonban az izotóp-összetétel jelentős mértékű megváltozása miatt kérdéses egy üzemanyag-tenyésztést és másodlagos aktinida visszatáplálást is feltételező üzemanyag-ciklusban.

A dolgozat egy Bsc. szakdolgozat („Gázhűtésű gyorsreaktorokat tartalmazó nukleáris üzemanyag-ciklus matematikai modelljének fejlesztése”) keretein belül létrehozott, közelítő kiégésszámítás továbbfejlesztésével, valamint egy realiztikusabb üzemanyag-ciklus modell vizsgálatával foglalkozik.

A közelítő kiégés modell továbbfejlesztéséhez rendelkezésre álltak a GFR2400 reaktorra a SCALE kódrendszerrel végzett, a teljes zóna modelljét figyelembe vevő transzportszámítások eredményei. Az egyes magátalakulásokat leíró egycsoportos hatáskeresztmetszeteket a zónaszámításban szereplő külső és belső régióban kapott reakciósebességek homogenizációjával állítottam elő. A kapott hatáskeresztmetszetekre, a keff-re, valamint a külső és belső régióban kialakuló neutronfluxus arányára a szakdolgozatomban ismertetett regressziós módszer segítségével az izotóp-összetétel függvényében illesztést végeztem.

A továbbfejlesztett kiégésszámítási módszer segítségével egy realiztikusabb, LWR-eket és GFR-eket, valamint átmeneti tárolókat és reprocesszáló üzemet is tartalmazó üzemanyag-ciklus modellt állítottam fel. Az új modell képes követni a három töltettel üzemelő GFR-ek reaktivitásának változását, melyet figyelembe vesz a betöltések során. A részletes elemzések során különböző számú reaktort, és különböző másodlagos aktinida visszatáplálást feltételező stratégiák mellett vizsgáltam az üzemanyag-hasznosítási hatásfokot és a másodlagos aktinidák transzmutációját.

A kapott eredmények alátámasztják, hogy a gázhűtésű gyorsreaktorok képesek a másodlagos aktinidák transzmutációjára és jelentős mértékben képesek elhasítani az LWR-ekben keletkező másodlagos aktinidákat is. Bebizonyosodott az is, hogy GFR-ek segítségével a természetes urán jobb hatásfokkal hasznosítható, mint egy tisztán LWR-eket tartalmazó nyitott üzemanyag-ciklusban. A jelen munka keretein belül létrehozott kiégés modell a gázhűtésű gyorsreaktorokra fókuszál, de a számítási módszer más reaktortípusokra is alkalmazható.

Mikroszkopikus röntgenfluoreszcencia és többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása nagyaktivitású radioaktív hulladék-tároló befogadó kőzetének vizsgálatában

Kéri Annamária, MSc I. évf.

Konzulensek: Dr. Osán János, MTA EK Környezetfizikai Laboratórium
Dr. Zagyvai Péter, BME Nukleáris Technika Tanszék

A nagy aktivitású radioaktív hulladékok végleges tárolásának egy nemzetközileg elfogadott, de ténylegesen még sehol meg nem valósított formája a mélységi elhelyezés. Magyarországon a keletkezett nagy aktivitású radioaktív hulladékok tárolásának egyik lehetséges helye a Nyugat-Mecsekben található Bodai Agyagkő Formáció (korábbi nevén Bodai Aleurolit Formáció). Dolgozatomban a kiégett fűtőelemekből származó izotópokat reprezentáló ionok (Cs^+ , Ni^{2+} , Nd^{3+} és UO_2^{2+}) ásványi fázisokon történő megkötődését tanulmányoztam. Ehhez az MTA Energiatudományi Kutatóközpont Környezetfizikai Laboratóriumának munkatársai által elvégzett, szinkrotronsugárzáson alapuló mikro-röntgenfluoreszcens mérések eredményeit használtam.

A mérési eredményekből korábban nagyszámú elemeloszlás térkép és szórási diagram készült, melyek segítségével a kőzet számos ásványi fázisát azonosítani lehetett, valamint ezek ionmegkötő képességéről is információt kaptunk. Az UO_2^{2+} ionnal kezelt minták esetében tapasztalt eltérő jelenségeket azonban nem sikerült maradéktalanul tisztázni pusztán ezen módszerek alkalmazásával, ami felvetette más, többváltozós statisztikai módszer alkalmazásának szükségességét.

Kétféle többváltozós statisztikai módszerrel érdemes a keletkezett adatmátrixot megvizsgálni. Ezek közül az egyik a klaszter analízis, mely az elemek röntgenintenzitása által meghatározott többdimenziós térben az egyes pixelek hasonlóságai alapján csoportosítja a területeket. A másik a pozitív mátrix faktorizáció, mely során az adatmátrixban dimenzió csökkentést végrehajtva új, kevesebb változót tartalmazó, könnyebben kezelhető mátrix keletkezik.

A többváltozós statisztikai módszerekkel végzett kiértékelés eredményeképp azonosítani lehetett, hogy a különböző reprezentáns ionok mely elemek környezetében mekkora koncentrációban fordulnak elő, így módon a reprezentáns ionok ásványi fázisokon történő megkötődéséről kaptunk információt. Az UO_2^{2+} ionnal kezelt minták esetében sikerült azonosítani a jelentős uránmegkötő képességgel rendelkező másodlagos ásványi fázisokat.

Irodalom:

1. Konrád Gy., Sebe K., Halász A., Babinszki E., „Sedimentology of a Permian playa lake: the Boda Claystone Formation”, *Geologos, Hungary*, Vol. 1, pp. 27-41 (2010).
2. P. Paatero, „Least squares formulation of robust non-negative factor analysis”, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Vol. 37, pp. 23-35 (1997).
3. B. Vekemans et al., „Automated Segmentation of I-XRF Image Sets”, *X-ray Spectrometry*, Vol. 26, 333-346 (1997).

Repülőgép ütközése vasbeton szerkezettel

Laczák Lili Eszter, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Károlyi György, BME Atomenergetika Tanszék és
Dr. Dunai László, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A repülőgépek mérnöki létesítményekbe történő becsapódásának vizsgálata 2001. szeptember 11. óta kiemelt jelentőséget kapott, mivel a terrorveszély megnövekedésével korábban csak érintőlegesen vizsgált hatások potenciális veszélyforrássá váltak. A terrortámadások előtt csak viszonylag kevés kutatás vizsgálta, hogy milyen jelenségek játszódnak le akkor, amikor egy nagy tömegű (utasszállító) gép nagy sebességgel ütközik nagy vastagságú vasbeton falba, mint amilyen egy atomreaktor külső határoló fala, napjainkban azonban ennek a jelenségnek a vizsgálata kulcsfontosságú új műtárgyak, létesítmények tervezésekor, illetve régiak felújításakor, biztonsági felülvizsgálatakor.

Jelen TDK dolgozat repülőgép (deformálódó lövedék) nagy vastagságú vasbeton falnak (merev céltárgynak) történő ütközését, és ennek globális hatásait vizsgálja. A dolgozat első felében áttekintjük a témával kapcsolatos kutatásokat, eredményeket, amelyek megfelelő háttérrel nyújthatnak a dolgozat második felét képező önálló vizsgálatoknak. Az eddigi kutatások nagy része modellezés tekintetében Jorge D. Riera brazil építőmérnöknek az 1960-as években kidolgozott alapmodelljét követi. A Riera-féle modell a szakirodalom által elfogadott, számos kísérlettel alátámasztott feltételezéseket tartalmaz, pontos alkalmazása azonban nem minden esetben tisztázott.

A TDK dolgozat második felében a Riera-modell által mutatott jelenségek bemutatására, valamint analitikus eredményeinek egy saját numerikus analízis eredményeivel való összevetésére kerül sor. A numerikus modell az ANSYS végelemes program explicit dinamikus analíziseket végrehajtó moduljának segítségével készült (LS-DYNA). Az LS-DYNA elsősorban rövid idő alatt lejátszódó, nagy deformációval járó dinamikai feladatok, nagy deformációkat tartalmazó, többszörösen nemlineáris kvázi-statisztikus feladatok illetve kontakt vagy ütközési feladatok megoldására alkalmas.

A vizsgálatok elsősorban a repülőgép viselkedésének elemzésére terjednek ki, ugyanakkor cél annak áttekintése is, hogy milyen mértékben konzervatív feltételezés a céltárgyat merevnek tekinteni. Az analitikus és numerikus vizsgálatok során tapasztalt eltérések okainak feltérképezésével (a repülőben az ütközés során végigfutó lökéshullámok, valamint a jellemző paraméterek szerepe és összehangoltsága) szintén foglalkozunk.

Irodalom:

1. Q.M. Li, S.R. Reid, H.M. Wen, A.R. Telford: [Local impact effects of hard missiles on concrete targets](#). International Journal of Impact Engineering 32 (2005) 224-284.
2. Jorge D. Riera: [On the stress analysis of structures subjected to aircraft impact forces](#). Nuclear Engineering and Design 8 (1968) 415-426.
3. J.P. Wolf, K.M. Bucher, P.E. Skrikerud: [Response of equipment to aircraft impact](#). Nuclear Engineering and Design 47 (1978) 169-193.
4. G. Forasassi, R. Lofrano: Preliminary analysis of an aircraft impact. CIRTEN-UNIPI RL 1059/2010, Pisa, July 2010., http://www.ricercadisistema.it:8080/site/binaries/content/assets/enea-sola-lettura/pregresso/2010/Nuovo_Nucleare_da_Fissione/, 33.+lp2-025-1059-cirten-unipi_rl.pdf

5. D.M. Cotsovos, M.N. Pavlović: [Numerical investigation of concrete subjected to high rates of uniaxial tensile loading](#). International Journal of Impact Engineering 35 (2008) 319-335.
6. Balázs L György: Építőanyagok I., Segédlet a BME Építőmérnöki Kar hallgatói részére, HEFOP/2004/3.3.1/0001.01.
7. Paksi Atomerőmű Zrt. honlapja: <http://atomeromu.hu/>

Monte Carlo szimulációra alapozott eljárás és szoftver kidolgozása radioaktív izotópok kvantitatív meghatározására

Radócz Gábor, MSc II. évf.

Konzulensek: Dr. Szalóki Imre, BME Atomenergetika Tanszék és
Dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék

A nukleáris spektroszkópiai módszerek (α , β , γ - spektroszkópia), az általuk nyújtott nagy érzékenység és alacsony kimutatási határ következtében széleskörűen alkalmazott analitikai eljárások a radioaktív anyagok mennyiségének meghatározásához. A nukleáris laboratóriumi gyakorlatban a kvantitatív analízishez elengedhetetlen a detektorok hely- és energiafüggő detektálási hatásfokának ismerete. A hatásfok meghatározására, a változatos mérési körülményekre való tekintettel, széles energiatartományban és nagyszámú geometriában van szükség, amely költséges és időigényes feladat.

A nukleáris iparban gyakran előforduló mérési feladat, a különféle radioaktív hulladékok szállítására, tárolására alkalmazott tartályokban lévő anyagok radioizotópjai fajlagos aktivitásának meghatározása gamma-spektroszkópiával. Ezekben az esetekben, a mérendő mintával megegyező tulajdonságú (méret, halmazállapot, geometria, elemi összetétel stb.) kalibráló forrás elkészítése gyakran kivitelezhetetlen feladat, ezért a legtöbbször egyszerűbb megoldást kínál a detektor hatásfokfüggvényének Monte Carlo alapú szimulációval történő meghatározása az adott mérési összeállításra. A szimulált gamma-spektrumból meghatározható a szükséges hatásfokfüggvény, amely segítségével kiszámítható a mért, valódi minta izotópjainak aktivitása, illetve fajlagos aktivitása.

A mérendő minta izotóp-összetételének szimulációs modellel történő kvantitatív meghatározása tovább egyszerűsíthető azokban az esetekben is, amikor a minta geometriája nagy pontossággal ismert. Ekkor lehetőség nyílik az ismeretlen minta radioaktív izotópjai aktivitásának közvetlen meghatározására is.

A fejlesztés alatt lévő módszernek az az alapja, hogy a mért gamma-spektrumban található csúcsok és a szimulált gamma-spektrumban található csúcsok területeinek számszerű összevetésével az egyes radioizotópok aktivitása egy alkalmasan választott, konvergens iterációval, azaz az MC szimuláció rekurzív ismétlésével kiszámítható. A módszer széleskörű alkalmazhatóságához igazoltuk, hogy az MCNP-vel végzett szimuláció bonyolultabb geometriával rendelkező minták esetén is képes a mért gammaspektrumok valóságghú számítására. Rámutatunk a kifejlesztés alatt álló iterációs algoritmus megvalósíthatóságára, amellyel szemben elvárás, hogy tetszőleges összetételű és geometriai alakkal rendelkező minta esetén is konvergens legyen és a végeredmény a valódi izotóp-összetételt eredményezze a megadott hibahatáron belül.

A TDK dolgozatomban a módszer alapjául szolgáló MC alapú szimuláció bonyolult geometriájú és összetételű minták izotópjai aktivitásának meghatározásával kapcsolatban végzett vizsgálatokat mutatom be. Az eddigi eredmények alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az izotóp-összetétel MC szimulációval történő meghatározása lehetővé teszi az inverz Monte Carlo szimulációs eljárás és az erre épített szoftver megvalósítását.

Irodalom:

1. Gordon Gilmore, Practical Gamma-ray Spectrometry, Ed. John Wiley & Sons Ltd., 2008
2. I. Szalóki, J. Osán, Chul-Un Ro, R. Van Grieken, Quantitative characterization of individual aerosol particles by thin-window electron probe microanalysis combined with iterative simulation, Spectrochimica Acta Part B, 55, 1017-1030, 2000.

Négyszögácsba rendezett pálcakötegben kialakuló turbulens áramlás vizsgálata

Tiborcz Livia, BSc IV. évf.

Konzulens: Dr. Tóth Sándor, BME Nukleáris Technika Tanszék

A nukleáris energetikában a folyamatos fejlesztések a gazdaságosabb és a biztonságosabb üzem elérésére törekednek. A fejlesztéseket megalapozó elemzések közül a fűtőelem-köteg hűtésére használt közeg áramlási jellemzőinek és hőmérséklet-eloszlásának meghatározása mindig is nagy jelentőséggel bírt. Az utóbbi időben a CFD (Computational Fluid Dynamics) kódokat egyre szélesebb körben alkalmazzák az említett területen is. Az egyik alkalmazás a fűtőelem-pálcák rögzítésére használt távtartórácsok áramlási folyamatokra gyakorolt hatásának vizsgálata.

Egy OECD NEA (Organization for Economic Co-operation and Development, Nuclear Energy Agency) által szervezett nemzetközi kutatás keretei között a résztvevők két különböző geometriájú távtartórács áramlásra gyakorolt hatását vizsgálták CFD kódokkal. A számítási eredményeket a MATIS-H (Measurement and Analysis of Turbulent Mixing in Subchannels-Horizontal) berendezésen végzett mérések eredményével hasonlították össze.

A pontos CFD számítások érdekében fontos a megfelelő belépő peremfeltételek megadása. Munkám során a MATIS-H berendezés szabad pálcakötegének modelljét építtem meg az ANSYS CFX kódban, hogy a távtartórács számításokhoz szükséges belépő peremfeltételeket meghatározzam. A vizsgált geometria egy 1,3-as rácsosztás/pálcaátmérő viszonytal jellemzett, négyszögácsba rendezett 5x5-ös szabad pálcaköteg.

A teljes szabad pálcaköteg modell megépítése előtt annak egy szubsatornáján hálófüggetlenség-vizsgálatot végeztem, hogy meghatározzam az optimális felbontást. Az optimális hálósűrűséggel létrehoztam a teljes geometria CFD modelljét. A belépő peremfeltételek meghatározását több turbulenciamodellel (SST, BSL és SSG Reynolds-feszültség) végeztem el, hogy vizsgáljam a számítási eredmények arra való érzékenységét, és kiválasszam a problémát legjobban leíró modellt. Az eredmények validálását a MATIS-H berendezésen lézer doppler anemométerrel végzett mérések eredményei alapján végeztem el.

Irodalom:

1. OECD/NEA—MATIS-H benchmark: Final benchmark specifications, 2011.
2. H.K. Versteeg, W. Malalasekera: An Introduction to Computational Fluid Dynamics, The Finite Volume Method, Prentice Hall, 2007.

ORVOSI FIZIKA SZEKCIÓ

Helyszín: R. ép. II. em. 213.

- Zsúri elnök:** Dr. Bükki Tamás
kutató fizikus, Mediso Kft.
- Zsúri tagok:** Dr. Szalóki Imre
egyetemi docens, BME Atomenergetika Tanszék
Dr. Varjas Géza
részlegvezető, Országos Onkológiai Intézet Sugárterápiás Osztály
- Titkár:** Dr. Légrády Dávid
egyetemi docens, BME Nukleáris technika Tanszék
-
- 09⁰⁰** Bencsik Barbara, BSc IV. évf.
IMRT tervek szegmensszám függése fej-nyak tumoros betegek esetében
Konzulensek: Dr. Pesznyák Csilla, BME Nukleáris Technika Tanszék
Dr. Major Tibor és Stelczer Gábor, Országos Onkológiai Intézet
- 09²⁵** Kettinger Ádám Ottó, MSc I. évf.
PET detektor modulok vizsgálata optikai gerjesztéssel
Konzulens: Dr. Lőrincz Emőke és Játékos Balázs, BME Atomfizika Tanszék
- 09⁵⁰** Meszlényi Regina Júlia, MSc I. évf.
A szonoelasztográfiás módszerek fejlődési irányai – a kvázisztatikus elasztográfia alkalmazási lehetőségei
Konzulens: Dr. Dóczy Rita, BME Atomenergetika Tanszék
- 10¹⁵** Papp Ildikó, MSc II. évf.
Sugárterápiás kezelések szórt sugárterhelésének vizsgálata Monte Carlo szimulációkkal
Konzulens: Dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék
- 10⁴⁰** 15 perc szünet
- 10⁵⁵** Surányi Olivér, BSc III. évf.
Tomográfiás képrekonstrukció ortogonális polinomok szerinti sorfejtéssel
Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék
- 11²⁰** Szekér Péter, BSc III. évf.
Foszfor spektroszkópia a humán alkalmazásai 3 Teslán
Konzulensek: Dr. Kozák Lajos Rudolf, MR Kutatóközpont, Semmelweis Egyetem
Dávid Szabolcs, Richter Gedeon Nyrt., Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék
- 11⁴⁵** Tolnai Gábor, BSc III. évf.
GPU alapú PET rekonstrukciós kód továbbfejlesztése: szórás, pozitronvándorlás, konvergencia-gyorsítás
Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék

IMRT tervek szegmensszám függése fej-nyak tumoros betegek esetében

Bencsik Barbara, BSc IV. évf.

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

Napjainkban legelterjedtebb a konformális terápia, mely segítségével a dóziseloszlást a háromdimenziós célterület alakjára lehet illeszteni amellet, hogy az ép szövetek sugárterhelése minimális maradjon. A klinikai gyakorlatban minőségi változást jelent a konformális besugárzás-tervezéshez képest az intenzitás modulált besugárzás-tervezés (IMRT). Az IMRT során több mezőből történik a besugárzás, de ezen mezők intenzitás eloszlása nem egyenletes. Optimalizáló eljárások segítségével tetszőleges számú szegmens (al-mező) hozható létre, melyek biztosítják a kívánt dóziseloszlást. Ehhez inverz tervezési módszert használnak.

Az Országos Onkológiai Intézetben a fej-nyak daganatos betegek sugárterápiás terveit 2012 januárjától inverz tervezéssel készítik. A munkám célja, hogy öt fej-nyaki daganatos beteg esetén elemezzem a besugárzási terv minőségének szegmens számtól való függését.

A besugárzási terveket a Philips Pinnacle3 v8.0m tervezőrendszerrel készítettem. Az IMRT tervek alapbeállításánál 7 mezőt alkalmaztam, egyenletes szögelosztással. Minden egyes betegnél a protokollban meghatározott dózismegszorításokat alkalmaztam a célterületre, a gerincvelőre, jobb és bal oldali parotiszra, valamint a szájüregre. Elkészítettem a nemzetközi előírásoknak megfelelő tervet és ezt követően csak a szegmens számot változtattam optimalizálás előtt. A tervezést elvégeztem 7, 14, 20, 30, 40, 50, 60 és 70 szegmensre és meghatároztam a konformitási és homogenitási indexet a célterületre és vizsgáltam védendő szervek dózisterhelésének változását a szegmens számának függvényében.

A cél megvalósítása a következő feladatok elvégzését tette szükségessé:

1. Öt különböző fej-nyak tumoros beteg intenzitás modulált sugárterápiás tervének elkészítése nyolc különböző szegmensszámmal.
2. Dózis-térfogat hisztogram elemzése és dozimetriai paraméterek kigyűjtése a céltérfogatról és védendő szervekről.
3. A szegmens szám hatásának vizsgálata a homogenitás és konformitás indexek segítségével.
4. A minimális szegmensszám és optimális szegmensszám meghatározása a dózisparaméterek függvényében.

Irodalom:

1. Pesznyák Csilla, Teleterápiás besugárzástervezés napjainkban, Orvosi Képzés Tankönyv, <http://oftankonyv.reak.bme.hu/tiki-index.php?page=Tank%C3%B6nyv%20Fizikusoknak>
2. Major Tibor, Intenzitás modulált sugárterápia, Orvosi Képzés Tankönyv, <http://oftankonyv.reak.bme.hu/tiki-index.php?page=Tank%C3%B6nyv%20Fizikusoknak>
3. Stelczer Gábor, Különböző technikákkal készült sugárterápiás tervek dozimetriai elemzése és másodlagos ellenőrzése parciális emlőbesugárzás esetében, diplomam., 2012.
4. Report No. 83, ICRU, Journal of the ICRU volume 10 No1, 2010.
5. L. Feuvret, G. Noël, J.-J. Mazon, P. Bey; Conformity Index: A review, Radiation Oncology Biology Physics, vol. 64, no.2, 2006.

PET detektor modulok vizsgálata optikai gerjesztéssel

Kettinger Ádám Ottó, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Lőrincz Emőke és Játékos Balázs, BME Atomfizika Tanszék

Az orvosi képalkotás területén az utóbbi időben egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik a pozitron-emissziós tomográfia (PET) és a mágneses rezonancia képalkotás (MRI) kombinálása iránt. Egy MRI-kompatibilis PET detektor modulnak azonban még erős mágneses térre is közel érzéketlennek kell lennie, ezért a megszokott fotoelektron-sokszorozó (PMT) ilyen eszközben nem használható. Ennek kiváltására az egyik legígéretesebb jelölt a szilícium fotoelektron-sokszorozó (SiPM) [1]. A hagyományos PMT-vel ellentétben ezek pixelezett eszközök, így lehetővé válik a PET modulban szokásosan alkalmazott kristálytűk helyett folytonos kristálytömbök használata [2].

A PET detektor modulokat általában gamma-fotonokkal vizsgálják, ebben az esetben a kristályban lezajló szcintilláció mélysége nem meghatározott, véletlen. A [3]-ban olvasható mérési eredmények azonban azt mutatják, hogy az általam vizsgált, és PET modulokban is gyakran alkalmazott, cériummal dópolt lutécium-yttrium-ortoszilikát (LYSO) kristálynak UV gerjesztésre adott lumineszcens válasza mind időbeli lefutásában, mind spektrumában közel azonos a gamma-foton hatására bekövetkező szcintillációval, ezért a kristály optikai módszerrel is vizsgálható. Ez számtalan előnnyel bír a nukleáris gerjesztéshez képest, így például a gerjesztő fény megfelelő helyre fókuszálásával a DOI meghatározott, és jól beállítható; illetve nincs szükség nagy aktivitású gamma-forrásra.

Munkám során a modulokat 365 nm hullámhosszú LED fényforrás és SensL által gyártott SiPM detektor segítségével vizsgáltam a [2]-ben látható mérési elrendezésben. Első lépésben meghatároztam a mérési elrendezésnek a különböző beállításokra való érzékenységet, ezzel a későbbi mérések hibáját becsülni tudtam. Ezután a különböző geometriájú és borítású modulokat hasonlítottam össze. Vizsgáltam a gerjesztés helye és a DOI függvényében a kilépő fény mért súlypontjának helyzetét, ez ugyanis döntő szempont a folytonos kristálytömbök alkalmazhatóságában, valamint az összefonyszámot a gerjesztés helye és a DOI függvényében, ami a PET-készülék energiafelbontásában játszik lényeges szerepet. Az elrendezést számítógéppel is modelleztem, és a szimulációból kapott eredményeket összevettem a mért értékekkel.

A munkám során megállapítottam, hogy az összes mért fotonszám és a súlypont torzítása kis mértékben függ a kristály oldalára helyezett borítástól és a DOI-tól. Fontos eredmény, hogy a kilépő összes fotonszám több mint kétszeresére is emelkedhet, ha a kristály szemközti oldalai nem függőlegesek, hanem befelé, egymás felé döntöttek, így az energiafelbontás jelentősen javítható; ugyanakkor ez a konstrukció jelentősen növeli a súlyponti torzítását is. Ezek az eredmények hozzájárulhatnak az új típusú PET modulok optimalizálásához.

Irodalom:

1. Habib Zaidi „Recent developments and future trend sin nuclear medicine instrumentation”, Z. Med. Phys., Vol. 16, 5-17 (2006)
2. B. Játékos, Z. Kolozsi, E. Lőrincz, F. Ujhelyi, A. Barócsi, G. Erdei “Characterization of MRI-compatible PET detector modules by optical excitation of the scintillator material”, SPIE proceedings 8439.
3. R. Mao, L. Zhang, Ren-Yuan Zhu „Emission Spectra of LSO and LYSO Crystals excited by UV Light, X-Ray and γ -ray”, IEEE Trans. on Nuclear Science, Vol. 55, No. 3, (2008).

A szonoelasztográfiás módszerek fejlődési irányai – a kvázisztatikus elasztográfia alkalmazási lehetőségei

Meszlényi Regina Júlia, MSc I. évf.

Konzulens: Dr. Dóczi Rita, BME Atomenergetika Tanszék

Elasztográfiának nevezünk minden olyan képalkotási eljárást, amely az anyag elasztikus tulajdonságait térképezi fel. Ezen belül azok a módszerek, melyek a képet ultrahang segítségével hozzák létre, a szonoelasztográfiás módszerek. Általánosan ismert tény, hogy a beteg szövetek rugalmas tulajdonságai jelentős eltérést mutatnak az egészséges szövetekéhez képest, ezért ezek az új képalkotási módszerek széleskörűen alkalmazhatók az orvosi diagnosztikában.

Az emberi szövetek különféle elasztikus jellemzői közül a kompressziómodulus közel azonos, míg a nyírási és a Young-modulus nagy mértékben változik a különböző lágyszövetek esetén. Emiatt a szonoelasztográfiás módszerekkel ez utóbbi rugalmassági együtthatók egyikét mérik az emberi szervezetben.

Ez a kutatási terület dinamikusan fejlődik, az utóbbi években számos különböző szonoelasztográfiás képalkotási eljárást dolgoztak ki világszerte. Az egyes módszerek számításigénye, felbontása és így lehetséges felhasználási területei jelentősen eltérnek egymástól; némelyik eljárás már elterjedt az orvosi gyakorlatban, sőt Magyarországon is elérhető.

A TDK dolgozatom keretein belül szeretném bemutatni a szonoelasztográfia legfőbb fejlesztési irányait, valamint az egyik legsokrétűbben használható módszer a kvázisztatikus elasztográfia kivitelezéséhez általam megírt Matlab programot, és annak alkalmazási lehetőségeit Field II program segítségével szimulált humán fantomokon.

Irodalom:

1. J. Ophir et al, „Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues”, Ultrasonic imaging, Vol. 13, pp. 111-134, (1991)
2. Peter N. T. Wells és Hai-Dong Liang, „Medical ultrasound: imaging of soft tissue strain and elasticity”, Journal of the Royal Society Interface, Vol. 2011 8 (64), pp. 1521-1549, (2011)

Sugárterápiás kezelések szórt sugárterhelésének vizsgálata Monte Carlo szimulációkkal

Papp Ildikó, MSc II. évf.

Konzulens: Dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék

Az utóbbi évtizedek során a tumorterápiában jelentős szerepet kapnak a sugárterápiás modalitások. A sugárterápia célja, hogy minél szelektívebben pusztítsa el a tumoros sejtsoportokat, miközben az ép szövetek dózisterhelése a lehető legkisebb legyen.

A terápia tervezés során elkülöníthetünk normál és védendő szöveteket. A védendő szövetek (például egy fej-nyaki tumor esetén a gerincvelő) esetén a fizikus komoly dóziselőírásokat vesz figyelembe, míg a normál szövetek (például a fenti esetben a bőr) elkerülhetetlenül a nyaláb útjába kerülnek. Természetesen dóziselőírások ebben az esetben is léteznek, azonban a szórt terek révén olyan szöveteket is ér viszonylag nagy dózis, amelyek nem a direkt nyaláb útjába esnek.

Ezek miatt rendkívül fontossá válik, hogy a teleterápiás nyalábokra minél pontosabban meg lehessen adni a dózisprofil. Ugyan a nyalábot egyre precízebben képesek a céltérfogatra állítani, az egészséges szöveteket mindig éri ionizáló sugárzás, amely azok tartós, esetenként irreverzibilis károsodásához vezethet.

A dolgozatban vizsgálom a sugárterápiában használt lineáris gyorsító, mint terápiás forrás által létrehozott dózisteret és annak szórását mezőn kívül Monte Carlo szimulációk segítségével. Ezek előnye, hogy a dóziseloszlást pontosabban modellezhetjük általuk, mint a kórházi gyakorlatban használt tervezőrendszerek („Treatment Planning System” – TPS) segítségével.

A TDK-munkában modellezem a lineáris gyorsítófejből kilépő spektrumot, majd a terápiás fotonnyalábok szórt terét vizsgálom különböző paraméterek (például a mezőméret, fotonenergiák, etc.) változtatása mellett vízfantomon. A szimulációkat az MCNP (Monte Carlo N-Particle Transport Code) transzport kód segítségével készítem el.

A dolgozatban vizsgálom továbbá a szórt dózisteret abban az esetben is, ha a nyaláb olyan szervet ér el, melynek anyagi összetétele különbözik az általános légyszövet-fantométól (például a tüdő, szív és máj esetében).

Irodalom:

1. Monte Carlo dose calculations for a 6-MV photon beam in a thorax phantom, Alireza Farajollahi, Asghar Mesbahi, Radiation Medicine, 2006, 24:269–276, DOI 10.1007/s11604-005-1493-5
2. Radiation Oncology Physics: A handbook for teachers and students E.B. Podgorsak, International Atomic Energy Agency, Bécs, 2005
3. Advantages of multiple algorithm support in treatment planning system for external beam dose calculations, Kirloskar Theratronics Pvt. Limited, Mumbai, India, Journal of Cancer Research and Therapeutics, 2005, DOI: 10.4103/0973-1482.16085
4. Monte Carlo treatment planning for photon and electron beams, N. Reynaert, S.C. van der Marck, D.R. Schaart, W. Van der Zee, C. Van Vliet-Vroegindeweyj, M. Tomsej, J. Jansen, B. Heijmen, M. Coghe, C. De Wagter, 30 May 2006, Radiation Physics and Chemistry 76 (2007) 643–686

Tomográfiás képrekonstrukció ortogonális polinomok szerinti sorfejtéssel

Surányi Olivér, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék

A tomográfiás képalkotás matematikáját az úgynevezett Radon-transzformációval formalizálhatjuk. Az így kapott függvény ábrázolását szinogramnak nevezzük. A képrekonstrukció célja a transzformáció inverzének kiszámítása. A direkt inverziós formula numerikus alkalmazása viszont nem lehetséges, mivel a benne szereplő integrál Riemann-értelemben nem végezhető el. A Fourier-transzformáció segítségével ezt a nehézséget megoldhatjuk, így kaphatjuk meg a gyakorlatban mind a mai napig alkalmazott szűrt visszavetítést. Ennek azonban szintén van gyenge pontja: a szűrési lépés. Ez szükséges a megfelelő minőségű és kontrasztú kép előállításához, viszont alkalmazása felerősíti a zajokat, ezért zajos szinogramon nehezen használható.

A szűrt visszavetítés előbb említett gyengeségeinek kiküszöbölése végett egy másik rekonstrukciós algoritmust teszteltem. Az alapötlet a következő: bontsuk fel a szinogramunkat analitikus függvények összegére. Mivel a Radon-transzformáció (és így az inverze is) lineáris, az inverz transzformációt elvégezhetjük külön-külön az összeg tagjaira. Ha tudunk találni olyan teljes függvényrendszert, amely tagjait analitikusan Radon-transzformálva egy másik, numerikusan előállítható függvényrendszert kapunk, akkor a rekonstrukció elvégezhető. Ehhez elegendő a szinogramot az adott bázisfüggvények szerint sorbafejteni, majd az így meghatározott együtthatók segítségével a kép előállítható.

TDK-dolgozatomban egy ilyen lehetséges függvényrendszer-párt vizsgálok. Levezetem, hogy a szögváltozó szerint Fourier-sorfejtés esetén a transzformált szintén Fourier sor alakban fog előállni és csak a radiális rész változik. Ennek transzformációja során viszont ismét numerikus nehézségek lépnek fel, ezért a képet a szinogram-térben az affin paraméter szerint másodfajú Csebisev-polinomokkal fejtem sorba, majd megmutatom, hogy ezek Radon-transzformálva az optikában is használt Zernike radiális polinomokat adják.

Kutatómunkám során ezeknek az ortogonális polinomrendszereknek a tulajdonságait is megismertem. Az imént ismertetett algoritmust *MATLAB*-nyelven implementáltam, így az elmélet helyességét gyakorlatban is igazoltam. A továbbiakban az eljárás hatékonyságát különböző tesztek (zajanalízis, felbontás-analízis) segítségével a szűrt visszavetítéssel fogom összehasonlítani. Amennyiben lehetőségem lesz rá, az algoritmust valódi mérési adatokon is ellenőrizni fogom.

Irodalom:

1. S. R. Deans, „The Radon Transform and Some of Its Application”, *John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore* (1983).
2. F. Natterer, „Mathematical Methods in Image Reconstruction”, *Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia* (2001).
3. G. A. Papakostas, Y. S. Boutalis, C. N. Papaodysseus, D. K. Fragoulis, „Numerical error analysis in Zernike moments computation”, *Image and Vision Computing*, Vol. **24**, No. 9, 960–969 (2006).

Foszfor spektroszkópia a humán alkalmazásai 3 Teslán

Szekér Péter, BSc III. évf.

Konzulensek: Dr. Kozák Lajos Rudolf, MR Kutatóközpont, Semmelweis Egyetem
Dávid Szabolcs, Richter Gedeon Nyrt.
Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék

A mágneses rezonancia spektroszkópia (MRS) a szervezet molekuláris szintű, in vivo, nem roncsoló analízis módszereinek egyike. Klinikai jelentőségét a jó- és rosszindulatú tumorok elkülönítésében, az egyes degeneratív betegségek, gyulladások, anyagcsere-betegségek ill. stroke differenciáldiagnosztikájában betöltött szerepe adja.

A napi betegellátásban egyes központokban rutinszerűen alkalmazott proton spektroszkópia mellett, az utóbbi időben a ismét a kutatások előterébe került az MR-rel jelszegényebb, de biológiailag fontos elem a foszfor. Egyrészt az energiaháztartásbeli folyamatokért felelős anyagok (ATP/ADP) foszfortartalmukon keresztül monitorozhatóak, másrészt az intracelluláris pH és a magnézium koncentráció egyaránt vizsgálható. A legújabb szekvenciák és gerjesztési technikák segítségével az élő szövetben dinamikusan zajló folyamatok is követhetőek, leírhatóak.

A ^{31}P MRS kiválóan alkalmas két, klinikailag is releváns probléma vizsgálatára: (a) a szöveti savasodás mértékének meghatározása, különös tekintettel a koraszülöttekben, vagy az oxigénhiányos károsodást elszenvedett érett újszülöttekben; (b) izommunka hatására történő metabolit koncentrációk változása, különös tekintettel a mozgásrehabilitációra [1]. Az elsődleges kutatási potenciál az eddig jellemzően minőségében ismert folyamatok kvantitatív leírásában rejlik. Ennek érdekében munkám során olyan mérési protokollt terveztem és kiviteleztem, amellyel in vivo lehetséges a kérdéses koncentrációk meghatározása.

A TDK munka során a hallgató megismerkedtem a humán klinikai MRS technikákkal. Összehasonlítottam a foszfor-MRS segítségével az egészséges és kóros szövetek metabolizmusát. A munka a SE MRKK és a BME NTI kooperációjában valósult meg, a mérések az MRKK 3 Tesla térerejű Philips Achieva MR készülékén történtek.

Irodalom:

1. Ian R. Lanza, Danielle M. Wigmore, Douglas E. Befroy, Jane A. Kent-Braun: *In vivo* ATP production during free-flow and ischaemic muscle contractions in humans; MA, USA, 2006; J Physiol 577.1 (2006)pp 353-367

GPU alapú PET rekonstrukciós kód továbbfejlesztése: szórás, pozitronvándorlás, konvergencia-gyorsítás

Tolnai Gábor, BSc III. évf.

Konzulens: Dr. Légrády Dávid, BME Nukleáris Technika Tanszék

A pozitron emissziós tomográfia (PET) egy radioaktív nyomjelzésen alapuló technika. A vizsgálat során a páciensbe valamilyen pozitronbomló izotóppal jelölt anyagot juttatnak, amely biokémiai reakcióba lép a vizsgált szervvel. A radioaktív bomlást követően a pozitron pár milliméter megtétele után (pozitron vándorlás) annihilálódik, melynek során keletkező két közel 180o-os szöget bezáró gamma fotont detektáljuk. A fotonpárok meghatároznak egy-egy egyenest (Line of Response: LoR), a képrekonstrukció feladata, hogy a LoR-okban detektált beütésekből visszaállítsa a vizsgált térfogat aktivitásának eloszlását. A rekonstrukcióhoz az ML-EM (Maximum-Likelihood Expectation Maximisation) algoritmus használjuk, mely egy iterációs sémát ad. Minden iterációs lépést két részre bontunk az úgynevezett előre- és visszavetítésre. Az előrevetítés során az előzőleg becsült aktivitás-eloszlás alapján Monte Carlo szimulációval meghatározzuk a detektorbeütéseket, majd a visszavetítéskor a mért és a számolt detektorértékek arányában az egyes térfogatelemek (voxelek) aktivitásának értékét módosítjuk.

A Teratomo projekt keretében a Nukleáris Technika Intézet egy Monte Carlo alapú képrekonstrukciós szoftver fejlesztését kezdte meg 2009-ben. A probléma jó párhuzamosíthatósága miatt a program kihasználja a grafikus kártyák (GPU) nagy számítási kapacitását. A kód CUDA és C nyelven íródott, majd az objektumorientált C++ programnyelvre történő átállás után az addig letesztelt geometriai és a detektort modellező rekonstrukciók is hibásan működtek, az algoritmus fő előnyét jelentő fizikai modellezési lehetőségek (szórás, pozitronvándorlás) pedig kezdeti implementációs fázisban voltak.

A TDK dolgozat elkészítése során a következő fejlesztési feladatokat végeztük el:

- a C++ implementáció javítása, tesztelése, felhasználóbaráttá tétele
- fizikai modellezés (szórás, pozitronvándorlás) implementációjának javítása, tesztelése
- a Pszeudo-OSEM (Ordered Subset Expectation Maximization) konvergencia-segítő algoritmus implementációja

A dolgozatban bemutatjuk a fejlesztéseken túl a kód teljesítmény- és minőséganalízisét is. A végül létrejött implementáció érettségi foka a szoftver termékként való bevezetésére ad lehetőséget.

Irodalom:

1. D. Légrády, Á. Cserkaszkzy, J. Lantos, G. Patay and T. Bükki: *GPU BASED MONTE CARLO FOR PET IMAGE RECONSTRUCTION: DETECTOR MODELING*, International Conference on Mathematics and Computational Methods Applied to Nuclear Science and Engineering (M&C 2011), May 8-12, 2011, Rio de Janeiro, Brazil
2. <http://oftankonyv.reak.bme.hu>
3. Cserkaszkzy Áron: Monte-Carlo based PET image reconstruction on GPU, diplomamunka, BME (2011)