

Wigner FK fiatal kutatói témakiírások

Átmenetifém-vegyületek vizsgálata új fejlesztésű laboratóriumi nagyfelbontású röntgenspektrométerrel

Témavezető: Németh Zoltán

A nagy energiafelbontású röntgenabszorpciós és -emissziós spektroszkópiai módszerek részletes elemspecifikus információval szolgálnak az abszorbeáló atom töltés- és spinállapotáról, valamint a környező lokális atomi szerkezetről. A harmadik generációs szinkrotronok megjelenése elhozta e módszerek reneszánszát, ugyanis az ezeknél elérhető intenzív és fókuszált röntgennyaláb lehetővé tette alkalmazásukat anyagtudományi, kémiai, biológiai kutatások élvonalába tartozó vizsgálatoknál, igen kis koncentrációnál és méreteknél, akár extrém körülmények között is. Azonban ezen igen hasznos módszerek mégsem válhattak a kutatók rutinszerű vizsgálati eszközévé a szinkrotronos mérési lehetőség nehézkes és lassú hozzáférhetősége miatt.

A monokromátorok, detektorok és a laboratóriumi röntgenforrások fejlődését kihasználva azonban sikerült olyan spektrométert építenünk, amellyel már laboratóriumi méretben is lehetővé vált gyors, rutinszerű röntgenspektroszkópiai mérések elvégzése. Módszerünk nem képes kiváltani a szinkrotronokat, azonban tömbi szilárd, közel optimális vastagságú minták vagy tömény oldatok esetén számos anyagtudományi, komplexkémiai problémához, szintézisek monitorozásához hatékony kiegészítő technikaként alkalmazható.

A fiatal kutató feladata lesz a spektrométer bővítéséhez szükséges új monokromátorok kifejlesztése, mérési elrendezés kidolgozása különböző elemek abszorpciós élei, ill. fluoreszcenciája finomszerkezetének vizsgálatára, valamint különböző jelenségek, átalakulások vizsgálata elsősorban átmenetifém-tartalmú anyagokon. Emellett bekapcsolódhat csoportunk egyéb tevékenységeibe, a külföldi nagyberendezéseknél (szinkrotronoknál, illetve szabadelektron-röntgenlézereknél) végzett kutatómunkába, Mössbauer-spektroszkópiai mérésekbe, vagy átmenetifém-komplexek elméleti modellezésébe is. A jelölttől fizikus, mérnök-fizikus, vagy vegyész oklevelet, az angol nyelv biztos ismeretét, és alapvető programozási ismereteket várunk el. A jelölt munkájának dologi költségeit meglévő pályázati forrásból tudjuk biztosítani.

Plazmonikus fém nanoszerkezetek felületerősített Raman-szóráshoz

Témavezető: Veres Miklós

Előnyös tulajdonságaiknak köszönhetően a plazmonikus nanoszerkezetek tervezése, előállítás és vizsgálata jelentős tudományos érdeklődés tárgya napjainkban. Ezen struktúrák egyik lehetséges alkalmazási területe az elektromágneses tér erősségének növelése lokális felületi plazmonrezonanciák segítségével, ami a felületerősített Raman-szórás esetében a szórási hatáskeresztmetszet és ennek révén az érzékenység több nagyságrendnyi növekedését teszi lehetővé. Az erre a célra használható fém – elsősorban arany és ezüst – nanoszerkezetek mérete, morfológiája és topológiája határozzák meg az erősítési jellemzőket, például a

plazmonrezonancia-frekvencia maximumát. A felületerősített Raman-szórás alkalmas nagyon kis (ppb) alatti koncentrációjú anyagok, például a kilélegzett levegőben található betegségjelző szerves molekulák detektálására.

Jelen munka célja a felületerősített Raman-szórásban használható arany nanoszerkezetek előállítása és erősítési jellemzőinek vizsgálata. A plazmonrezonancia frekvenciáját és az erősítést befolyásoló paraméterek meghatározása szisztematikus kísérletek és modellszámítások segítségével, valamint adott gerjesztő hullámhosszra optimalizált felületerősített Raman-szórásra alkalmas arany nanoszerkezetek előállítása és előállítási módszerének kidolgozása.

Extrém állapotú maganyag vizsgálata térelméleti módszerekkel

Témavezető: Barnaföldi Gergely Gábor

A kutatás célja az extrém állapotú maganyag vizsgálata részecskefizikai, magfizikai térelméleti modellekkel, különös tekintettel azok véges hőmérsékletű és véges kémiai potenciálú esetére.

A feladat a QCD effektív elméleteire épül, a térelméleti perturbációs számítás, illetve különböző felösszegzési módszerek (2PI, Schwinger-Dyson egyenletek, egzakt renormálási csoport, nemperturbatív felösszegzési technikák stb.) felhasználásával. Az eredményeket alapvetően a kompakt asztrofizikai objektumok (neutron/kvarkcsillagok, magnetárok, stb.) fejlődésének, stabilitásának vizsgálatához használjuk fel. Ezekben a számításokban a hagyományos megközelítés szerint az anyag állapotegyenlete (a nyomás mint a hőmérséklet és a kémiai potenciál függvénye) a bemenő paraméter. Ezt a tartományt sem a közönséges perturbációs számítás, sem pedig a jelenlegi Monte Carlo rács számolások nem tudják leírni. Kísérleti megfigyelésük csak a jövőben detektorokkal lesz lehetséges.

A kutatási módszer újfajta modell-megközelítésekre fókuszál: elsősorban a renormálási csoport módszerekkel való megközelítésben és a fenomenologikus, spektrálfüggvényre épített nem lokális effektív modellek vizsgálatára véges kémiai potenciál mellett.

Aeroszokok tulajdonságainak vizsgálata optikai módszerekkel

Témavezető: Nagy Attila

Az aeroszokok vizsgálatának igen hatékony módszerei az optikai módszerek – mint pl. a fényszórás, a fényelnyelés, stb. Ezekkel a módszerekkel mérhetők az aeroszokok olyan paraméterei mint pl. a méreteloszlás, a koncentráció, az extinkciós együttható, a törésmutató, stb. Kutatócsoportunk több mint 20 éve foglalkozik olyan lézeres módszerek és műszerek fejlesztésével, amelyekkel meghatározhatók az aeroszokok különböző tulajdonságai. Több új mérési eljárást és berendezést fejlesztettünk ki, létrehoztunk egy aeroszol kutató és egy mobil mérőlaboratóriumot, számos hazai és nemzetközi K+F projekt megvalósításában vettünk részt. A fenti témakörökben a jelölt feladata modellezésen keresztül olyan, a gyakorlatban is alkalmazható eljárások kidolgozása és alkalmazása, melyek elősegítik a légköri, városi, ipari

és egyéb mesterséges aeroszolk azonosítását, tulajdonságainak vizsgálatát, valamint a légúti kiülepedésének meghatározásával egészségügyi hatásainak feltérképezését.

Funkcionális molekulák ultragyors dinamikájának vizsgálata

Témavezető: Vankó György

A funkcionális molekulák megoldást kínálnak a fenntartható fejlődés, az információtechnológia, a környezetvédelem, a biokémiai működés számos kihívására. A fizikai, kémiai, vagy biológiai átalakulások új molekulákhoz, ill. molekulaállapotokhoz vezető folyamatait olyan elemi fizikai lépések alkotják, amelyek a femtoszekundumos időskálán játszódnak le. A molekulák működése befolyásolásának és hatékonyabbá tételének előfeltétele e folyamatok alapos megértése. A kutatómunka során ultragyors lézer- és röntgentechnikák alkalmazásával, ill. elméleti modellezéssel feltérképezzük a fény hatására létrejövő molekuláris átalakulások dinamikáját, tehát a folyamatok részleteit az atomok és molekulák szintjén feltáró képsorozatot („molekuláris mozi”) készítünk. Az MTA Wigner FK-ban működő csoportunk úttörő munkát végzett a nagyfelbontású röntgenspektroszkópiák ultrarövid időskálán történő mérésekbe való bevonásával; e külföldi nagyberendezéseknél (szinkrotronoknál, illetve szabadelektron-röntgenlézereknél) végzett kutatómunka hazai bázisul femtoszekundumos optikai pumpa-próba berendezés szolgál. A femtoszekundumos tranziens abszorpció, ill. emissziós spektroszkópiai vizsgálatok lehetővé teszik, hogy megfigyeljük a fényel kiváltott átalakulásokban megjelenő, az optikai tartományban számottevő abszorpcióval, ill. fluoreszcenciával rendelkező specieszeket, illetve az átalakulások jellemző idejeit. Ezt elméleti modellezéssel és röntgenes technikákkal kiegészítve feltárhatjuk a rendszerek elektron- és molekulaszervezeti dinamikájának finom részleteit.

A fiatal kutató részt vesz a femtoszekundumos pumpa-próba mérőrendszer fejlesztésében, és a berendezést fényel gerjesztett molekuláris rendszerek ultragyors dinamikájának jellemzésére alkalmazza. A fejlesztési munka számos kísérlet elvégzését és kiértékelését igényli, amelyek háttere az MTA Wigner FK-ban biztosított; a szükséges eszközök, lézer- és mérőberendezések rendelkezésre állnak. A fiatal kutatónak módjában áll bekapcsolódni a röntgenspektroszkópiai kísérletekbe és a molekulaállapotok elméleti modellezésébe is, a preferenciájától függően ezekre is áthelyezhető a hangsúly.

Erősen korrelált rendszerek vizsgálata tenzorhálózat alapú renormálási csoport algoritmussal

Témavezető: Legeza Örs

Kutatási program: Olyan kvantumoz rendszerekben, melyekben a komponensek között (pl. spinek, vagy elektronok) erős a korreláció, a hullámfüggvény és az abból származtatható fizikai mennyiségek általában nem határozhatók meg analitikusan, kivéve néhány speciális esetet. Emiatt az ilyen rendszerek vizsgálata megköveteli numerikus számítások elvégzését. Számos algoritmus azonban exponenciálisan skálázódik a rendszer méretével, így olyan algoritmusok kifejlesztése, melyekben ez a skálázódás polinom alakra hozható, a jelenlegi

kutatások fókuszában áll világszinten. Csoportunk ilyen algoritmusok matematikai alapjainak kidolgozásával foglalkozik, melyek több esetben is a kvantum információ elmélet koncepcióira épülnek. Algoritmusainkat nemzetközi együttműködések keretében számos kutatócsoport alkalmazza sikeresen a szilárdtestfizika, a statisztikus fizika, a kvantumkémia, illetve a kvantuminformáció területén. A három éves ciklus alatt a PhD kutató feladata post-DMRG algoritmusok fejlesztése, nem Abeli-szimmetriák implementálása, illetve az összefonódottságra épülő új mennyiségek vizsgálata, polimer szálak optikai tulajdonságainak meghatározásában, ultrahideg atom rendszerekben, átmenti fém klaszterekben a kémiai kötések kialakulásában, illetve magának az összefonódottságnak a vizsgálata és ezek alapján a tenzor algoritmusok fejlesztése. A kutatási program mindezek tükrében interdiszciplináris jellegű.

Neutroncsillagok állapotegyenlete és megfigyelhető tulajdonságai

Témavezető: Vasúth Mátyás

A neutroncsillagok fontos és érdekes forrásai a gravitációs hullámoknak. A jelenleg üzemelő detektorok érzékenysége még nem teszi lehetővé ezeknek a csillagoknak a megfigyelését, de a jövőbeli fejlesztésekkel ez lehetővé válik. Az észlelt gravitációhullám-jelek döntően a két csillag összeolvadásának utolsó időszakából származnak, és fontos információkat hordoznak magukról a csillagokról és az összeolvadásról. Gömbszimmetria esetén a neutroncsillagot jellemző metrikus tenzor időfüggetlen és az egyenletek szétcsatolódnak a csillaganyagot leíró Tolman-Oppenheimer-Volkoff egyenletre és egy további egyenletre, ami a sugár időfüggését jellemzi.

Célunk, hogy a nagyenergiás fizikából származó állapotegyenletek használatával vizsgáljuk a neutroncsillagok jellemzőit. Az egyik legfontosabb jellemző a csillag Tömeg-Sugár összefüggése, valamint forgásának hatása, amiből az állapotegyenletben szereplő mennyiségekre lehet következtetni a jelenlegi mérési eredmények alapján. A fiatal kutató feladata, hogy elméleti oldalról áttekintse a jelenleg használt állapotegyenleteket és numerikus módszerekkel meghatározza a tömeg-sugár összefüggést. A kutatás fő célkitűzése, hogy az így kapott eredményeket kiterjessze a csillag forgásának figyelembe vételével is.

Nanooptikai struktúrák ultrarövid hullámcsomagok létrehozásához és továbbításához

Témavezető: Dombi Péter

Ultrarövid, intenzív, 10 fs-nál kisebb időtartamú lézerimpulzusok (lézerfény-felvillanások) félvezető- és dielektrikumközegekben reverzibilis módon áramot tudnak indukálni anélkül, hogy az impulzus a közegben ablációt vagy bármilyen más irreverzibilis átalakulást okozna. A kutatási feladat ezen jelenség szisztematikus vizsgálata Ti:zafír lézeroszcillátor és erősítőrendszerek segítségével különböző típusú mintákon valamint annak megállapítása, hogy az így keltett áramot a lézerimpulzus ún. vivő-burkoló fázisával lehet-e irányítani. A nanooptikai terek numerikus és kísérleti meghatározása után olyan új integrált optikai/plazmonikai struktúrákat kell megvalósítani, amelyek extrém nagy sávszélességű

optikai jeleket (fehér fényt) rövid hullámcsomagként tudnak továbbítani. A kísérletek célja nanoméretű, ultragyors optikai kapcsolók létrehozása.

Hadronok tulajdonságainak változásai a FAIR/PANDA és a FAIR/CBM kísérletekben

Témavezető: Wolf György

A hadronok közegbeli tulajdonságainak vizsgálata a nehézionfizikának fontos célja, hiszen többek között ez jele lehet a királis szimmetriasértés helyreállításának. 2021-ben indul a FAIR, melyben a PANDA antiproton-mag- és a CBM nehézion-ütközésekben méri a kirepülő részecskék számát, spektrumát. Mindkét kísérletben fontos cél a hadronok közegbeli változásainak kiderítése. Nehézionfizikai kutatócsoportban fejlesztés alatt áll egy transzport modell, mely alkalmas ezen ütközések dinamikájának leírására. Ezzel az eszközzel vizsgálni, megjósolni lehet a különböző effektusok hatását a detektorokban mért mennyiségekre, lehet a hatások mérhetőségét ellenőrizni, mérési módszerekre javaslatot tenni.

Ritkaföldfémekkel adalékolt nanokristályok előállítása és vizsgálata

Témavezető: Kovács László

Ritkaföldfém ionokkal adalékolt tömbi egykristályokat már régóta vizsgálnak lézeres alkalmazásaik vagy szcintillációs tulajdonságaik miatt. Új kutatási terület ezen optikai anyagok nanokristályos formában történő alkalmazása pl. biológiai rendszerek vizsgálatában vagy rezonáns nemlineáris optikai kísérletekben.

A jelölt feladata lenne ritkaföldfém ionokkal adalékolt oxidkristályok (pl. LiNbO_3 , $\text{Li}_6\text{Y}(\text{BO}_3)_3$, Y_2SiO_5) előállítása és fizikai tulajdonságaiknak vizsgálata tömbi és nanokristályos formában. Az egykristályok Czochralski és magas hőmérsékletű oldatos növesztésén kívül a jelölt nanokristályokat állítana elő pl. a sóolvadékkal segített szintézis (molten salt assisted synthesis), az együttes leválasztáson alapuló (coprecipitation), illetve a golyósmalommal történő őrléses eljárások alkalmazásával.

A tervezett munka az anyagelőállítás mellett kiterjed a kapott anyagi rendszerek fizikai és kémiai jellemzésére. Különös tekintettel az alábbi módszerekre: pásztázó elektronmikroszkópi elemzés a morfológia meghatározásához és roncsolásmentes összetételi vizsgálat EDS módszerrel, röntgendiffrakciós fázisazonosítás, kalorimetriás eljárások a hőkezelés optimalizálására és a fázisdiagramok meghatározására, mélységi összetételi elemzés a hőkezeléses adalékolás hatékonyságának és kinetikájának elemzéséhez, továbbá optikai vizsgálatok a kapott rendszerek alkalmazás-orientált sajátosságainak meghatározása érdekében.

Agykérgi interakciók hálózati modellje

Témavezető: Négyessy László

Az agykéreg magas szintű funkciói a nagyobb területi egységek (un. áréak) interakcióinak eredménye. Ugyanakkor az áréak szerepét a kérgi kommunikációban csak köztes (mesoscale), az idegsejt populációk szerveződési szintjén lehet biológiailag releváns módon megérteni. Az

agykéreg köztes szerveződési szintű hálózata nem ismert. A magas szintű kérgi hálózatból kiindulva csoportunkban kidolgoztuk a köztes szintű agykérgi interakciós hálózat egy felülről építkező modelljét. A témára jelentkező fiatal kutató feladata ezen interakciós hálózat vizsgálata, a funkcionálisan fontos hálózati tulajdonságok azonosítása a hálózatelemzés módszereinek alkalmazásával.

Közeli terű infravörös spektroszkópia kétdimenziós rendszereken

Témavezető: Kamarás Katalin

A munka célja egy- és kétrétegű grafén és más kétdimenziós rétegek (bórnitrid, molibdén-szulfidok), valamint ezekre adszorbeált aromás szénhidrogének (pirén, koronén) felületi elhelyezkedésének és polimerizációs reakcióinak közeli terű infravörös vizsgálata és összehasonlítása elektronmikroszkópos felvételekkel. A közeli terű infravörös berendezés az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont spektroszkópai laboratóriumában található, az elektronmikroszkópos vizsgálatokat a Bécsi Egyetemmel együttműködésben végezzük. A jelentkezővel szemben támasztott elvárások: Szilárdtestfizikai alapképzettség, kémiai érdeklődés, elhivatottság a kísérleti munka iránt, használható angol nyelvtudás.

Agyterületek kölcsönhatásának vizsgálata multimodális információfeldolgozás alatt

Témavezető: Somogyvári Zoltán

A Human Brain Projekt keretében, holland és francia kutatócsoportokkal együttműködve vizsgáljuk a látott és a hallott információ feldolgozását, kísérlet állatok agyába ültetett mikroelektróda rendszerek adatainak elemzésével. A kutatócsoportunkban kidolgozott új matematikai elemzési módszerek alkalmazásával vizsgáljuk a különböző agyterületeken rögzített jelek között kimutatható ok-okozati hatásokat, az egyedi idegsejtek által végzett által végzett bemenet-kimenet transzformációkat illetve a különböző sejttípusok szerepét az információ feldolgozásában. A témára jelentkező fiatal kutató feladata az új adatelemzési módszerek alkalmazása az együttműködésben részvevő laboratóriumokban mért adatokra.

Nem gömbszerű részecskékből álló szemcsés anyagok reológiájának vizsgálata numerikus módszerekkel

Témavezető: Somfai Ellák

Nem gömbszerű részecskékből álló szemcsés anyagok reológiáját kívánjuk vizsgálni numerikus módszerekkel. Célunk a jelenleg folyó effektív súrlódás numerikus meghatározásának felhasználásával az elnyújtott részecskék reológiájának kidolgozása stacionárius homogén áramlásokra. Később ezt ki kívánjuk terjeszteni időfüggő áramlásokra, vagy speciális áramlási geometriákra és részecske alakokra.

Ok-okozati kapcsolatok és rendkívüli események kimutatása: új adatelemző módszerek fejlesztés

Témavezető: Somogyvári Zoltán

Kutatócsoportunkban olyan, a dinamikus rendszerek elméletén alapuló új matematikai időso-relemző módszereket fejlesztünk, amelyek alkalmasak az irányított ok-okozati kapcsolatok, a körkörös kapcsolatok és a rejtett közös ok létének kimutatására, illetve olyan módszereket, amelyek az idősorokban megjelenő rendkívüli eseményeket azonosítják, anélkül, hogy azok jellemzőit előre ismernénk. A fiatal kutató részt vesz a módszerek fejlesztésében és feladta lesz a módszerek alkalmazása számos különböző, agyi és más komplex rendszerekben mért adatok elemzésére.

Wigner atomlézer

Témavezető: Vukics András

A Kvantumoptika Csoport tudományos kutatásainak fókuszában az ultrahideg atomok és a rezonátoros kvantumelektrodinamika állnak. A csoport 2016-ban elkezdte egy laboratórium felépítését Rb atomokkal végzett optikai kísérletekhez, amelyet a fiatal kutatói foglalkoztatás ideje alatt egy többféle célra használható kvantumos atom-foton interfész megvalósítására fejlesztünk tovább. Egy optikai rezonátor sugárzási mezejét erősen csatoljuk atomok elektromos dipólátmeneteihez, amelyhez az atomokat a rezonátor térfogatában csapdázzuk. Kétféle atomi közeget valósítunk meg: (i) hideg atomgázt mágneses-optikai csapdában, illetve (ii) ultrahideg atomok degenerált kvantumgázát, ún. Bose–Einstein-kondenzátumot. A sikeres pályázónak lehetősége lesz elsajátítani a kvantumoptika legkorszerűbb kísérleti technikáit, miközben készségszinten teheti magáévá a kvantumos fény-anyag kölcsönhatás alapfolyamatainak ismeretét.

Nemlineáris effektusok tanulmányozása

Témavezető: Rácz István

Az elméleti fizikában egyre nagyobb jelentőséggel bírnak azok az elméletek, illetve fizikai folyamatok, amelyekben nemlineáris effektusok tanulmányozására van szükség. Ilyen típusú vizsgálatok során, pl. a csillagok gravitációs összeomlási folyamatának, vagy a kapcsolt gravitációs sugárzási jelenségeknek tanulmányozásakor az analitikus eszközök önmagukban nem biztosítanak minden szempontból elfogadható leírást, így megbízható, az időfejlődést hosszan követni képes numerikus módszerekre van szükség. Ezen igény kielégítésére a Wigner Fizikai Kutatóközpontban egy olyan általános, a sugárzási jelenségek hű leírását is biztosító numerikus eljárást fejlesztettünk ki, amelynek segítségével különféle nemlineáris fejlődési egyenletnek eleget tevő dinamikai rendszerek evolúcióját tudjuk tanulmányozni. Erre építve, a fiatal kutatói álláshely betöltésével egy olyan tehetséges fiatal kutatót kívánunk bekapcsolni a folyó kutatási programunkba, aki elsősorban az alábbi, mind az általános relativitáselmélet, mind pedig a gravitációs hullámcsillagászat szempontjából egyaránt kiemelkedően fontos numerikus problémák megoldásán dolgozna.

Szén és bórnitrid nanocső alapú hibrid rendszerek előállítás és jellemzése

Témavezető: Kamarás Katalin

A kidolgozandó feladat részletezése: A munka célja szén és bórnitrid nanocsövek töltése fullerénnel és aromás szénhidrogénnel (pirén, koronén), ezekben a rendszerekben kémiai reakciók elvégzése és követése optikai spektroszkópiai módszerrel, az eredmények összehasonlítása elektronmikroszkópos felvételekkel, valamint mágneses rezonanciamérésekkel. A szintetikus munka a BME VBK Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszékén folyik, az optikai spektroszkópiai berendezések az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont spektroszkópiai laboratóriumában találhatóak, az egyéb vizsgálatokat a Bécsi Egyetemmel, a Nottinghami Egyetemmel és a ljubljani Jozef Stefan Intézettel együttműködésben végezzük.

Neutrondetektálás gáztöltésű detektorokkal

Témavezető: Varga Dezső

A neutronfizika új európai központja az ESS lesz, melynek Lundban kiépítendő berendezéseire széles nemzetközi összefogásban zajlanak fejlesztések. Az egyik ilyen igény reflektometriai detektorok, ahol jó helyfelbontás, nagy dózistűrés és aránylag nagy, egyenletesen jó hatásfokú felület kombinációja jelenti a kihívást. A Wigner FK bekapcsolódott a BrightnESS projektbe, mely H2020 támogatással igyekszik az ESS követelményeinek megfelelni.

A jelölt feladata a kutatócsoport által fejlesztett, proporcionális- és mikrostruktúrák alapú gáztöltésű neutron-detektorok megépítésében való részvétel, illetve a mérések feldolgozása, a nyalábtesztben való részvétel és a detektor tényleges alkalmazása neutron-reflektometriai méréseknél. A detektortechnológia elsősorban a részecskefizikai detektorok alapelveit örökli, de a neutronfizika speciális jelenségek miatt a tervezési elvek jó része is kidolgozásra vár.

Elvárt előismeretek: Részecskefizika, atommag- és neutronfizika alapjai, nagyenergiás és magfizikai kísérleti technikák ismerete, programozási és elektronikai ismeretek.

A mágneses anizotrópia hőmérsékletfüggése vékonyrétegekben

Témavezető: Újfalussy Balázs

A mágneses anizotrópia jelensége kulcs szerepet játszik a mágneses adattároló eszközökben. A mágneses anizotrópia energia (MAE) hőmérsékletfüggésének elméleti tanulmányozása fontos információt ad arról, hogy az egyes domének mennyi ideig képesek megőrizni az információt.

A metadinamika egy a szabadenergia meghatározására alkalmas szimulációs módszer, amelyben a hagyományos Metropolis dinamika alapuló Monte Carlo szimulációt kiegészítettük egy extra additív bias potenciállal. A rendszer szabadenergiáját a vizsgált tulajdonságot tükröző, ún. kollektív változó mentén határozhatjuk meg. Ha a kollektív változót a mágnesszettség megfelelő komponensének választjuk, akkor segítségével

feltérképezhetjük a rendszer mágneses anizotrópiáját. Ha kollektív változó a rendszer méretre normált összemágnesszettségének síkra merőleges komponense, akkor az anizotrópia energia nagysága természetes módon adódik a 0 és 1-beli érték különbségeként.

A módszerrel felderíthetjük a MAE hőmérsékletfüggését, amely általában annak növekedtével csökken. A mágneses momentumok kölcsönhatásban két tag játszik fontos szerepet: a kicserélődési kölcsönhatás anizotrópiája és az egyes spinek on-site anizotrópiája. Ennek a két tagnak a hőmérsékletfüggése nem egyezik meg, ami azzal a következménnyel jár, hogy ha az egyik síkbeli, a másik síkra merőleges állapotot preferál, de az alapállapotban domináns tag a hőmérséklettel gyorsabban lecseng, akkor a hőmérséklettel a másik válik meghatározóvá és a momentumok iránya egy reorientációs átalakuláson megy keresztül: a mágneses állapot a síkra merőlegesből síkbelivé, vagy fordítva változik. A síkra merőlegesből síkbeli konfigurációba való átalakulás megfigyelhető pl. Fe/Ag(100) és Fe/Cu(100) esetében, a fordított átalakulás pedig Co/Cu(111) rendszerben.

Az általunk fejlesztett metadinamika-Monte Carlo kóddal tervezzük tanulmányozni különböző hordozóra növesztett Fe és Co vékonyrétegek mágneses anizotrópiájának hőmérséklet függését. Az effektív spin modellben fellépő csatolásokat a Korringa–Kohn–Rostoker-módszer segítségével határozzuk meg. A módszert ugyancsak tervezzük alkalmazni az antiferromágneses/ferromágneses határfelületekben fellépő ún. exchange bias jelenség kimutatására.

Lézer impulzussal keltett homogén plazma vizsgálata új típusú kompakt részecskegyorsítók megépítéséhez.

Témavezető: Dzsotjan Gagik

A hagyományos részecskegyorsítók mérete gyakorlatilag elérte a növekedés határait (pl. a CERN gyorsító gyűrűje 27 km kerületű). Ez egyúttal a gyorsított részecskék ütközési energiáját is korlátozza, a jelenleginél nem lehet többszörös értékeket elérni. Ugyanakkor a részecskefizika nem egy lezárt fejezete a fizikának, lehetnek még érdekes jelenségek lényegesen nagyobb ütközési energiáknál. Ezen cél elérésére mintegy tucatnyi javaslat született új típusú részecskegyorsítók létrehozására. Ilyenek a lézeres részecskegyorsítás illetve a hagyományosan felgyorsított részecskék utólagos gyorsítása plazmában. A konkrét megvalósításban vannak különbségek az egyes elképzelések között, de az alapötlet az, hogy használjuk töltött részecskék gyorsítására a plazmában keltett "wake" (sodorvonal) elektromos terét, amelyeknek térerősség gradiense akár 2-3 nagyságrenddel nagyobb lehet, mint a hagyományos gyorsítóknál elérhető.

A protonokkal plazmában keltett "wake" tér elvén működő elektron gyorsításhoz nagy kiterjedésű, ultra homogén plazmára van szükség. Ez jelenleg a CERN egyik kiemelt kutatási programja AWAKE néven, amely során a gyorsítóban elérhető maximális gyorsítási energia felső határát megnövelik egy 'asztal méretű' utógyorsítóval.

Ehhez a programhoz kapcsolódnak a Wigner FK-ban folyó kutatások, amelyek célja egy hosszú, henger alakú tartományban homogén plazma létrehozása és tanulmányozása különböző plazmadiagnosztikai módszerekkel. Ehhez rendelkezésre áll egy nagy teljesítményű femto- szekundumos lézer, amelynek a fénye rubídium gőzben terjed, közben

ionizálja a rubídium atomokat és gerjeszti a plazmát. A plazmát különböző, abszorpciós, interferometrikus és más módszerekkel vizsgálva, a homogenitás minősége tanulmányozható a lézer és az atomi gőz paramétereinek függvényében.

A kísérleti munka mellett lehetőség van a több-fotonos ionizációs folyamatok elméleti vizsgálatára, ill. az atomi közegben haladó lézerimpulzus terjedési sajátosságainak számítógépes modellezésére.

A jelölt feladata a szakirodalom megismerése, ionizációs és terjedési folyamatok elméleti és numerikus modellezése, bekapcsolódás a lézeres plazmafizikai laboratórium munkájába.

Kvantumos bolyongások elméleti vizsgálata

Témavezető: Asbóth János

A kvantumos bolyongás a véletlen bolyongás kvantummechanikai általánosítása, ahol a rácson bolyongó részecske dinamikáját egy unitér időléptető operátor iterálása adja meg. Mivel a dinamika teljesen koherens, a bolyongásra lehet úgy tekinteni, mint egy kvantumos szimulátorra, ami egyebek között topologikus szigetelők szimulációjára is alkalmas. Így egydimenziós bolyongásnál topologikusan védett kötött állapotok alakulhatnak ki, kettő és magasabb dimenzióban pedig az Anderson-lokalizációval szemben topologikusan védett kiterjedt élállapotok. Túl a topologikus anyagok szimulációján, a kvantumos bolyongásnak saját topologikus fázisai is vannak, ezeket az elmúlt években különböző elméleti eszközökkel részben csoportunk tárta fel. A kutatási téma egyrészt a kvantumos bolyongás vizsgálata topologikus anyagok szimulálására. Milyen bolyongás szimulál egy Weyl-félfémet? Hogyan lehet a bolyongó hullámfüggvényének kicsatolásával mérni a topologikus invariánst? Másrészt a kutatási téma a kvantumos bolyongás és egyéb periodiusan gerjesztett (Floquet-) kvantumrendszerek saját topologikus fázisainak vizsgálata. Milyen műveletek szekvenciája ad olyan Weyl-félfémet, melyben a Weyl-pontokat nem lehet annihilálni? Harmadrészt a kvantumos bolyongás kapcsolata a kvantumalgoritmussal, pl. a kvantumos k-SAT problémával. Tervezzük továbbá kvantumos bolyongások vizsgálatát nemtriviális topológiájú gráfokon (pl. Möbius-féle szalag, Klein-féle palack, stb.). A fiatal kutató ezekkel vagy egyéb, a kvantumos bolyongáshoz kapcsolódó, az elméleti szilárdtestfizika és a kvantuminformatika határán lévő kérdésekkel foglalkozna.

Multiferroikus anyagok vizsgálata

Témavezető: Merkel Dániel Géza

Az egyidejű ferroelektromos (FE) és ferromágneses (FM) rendeződés multiferroikus rendszerekben új lehetőségeket teremt arra, hogy hatékonyabb és gazdaságosabb érzékelőket, adattároló egységeket és egyéb spintronikai eszközöket fejleszthessünk. Az ilyen anyagokat jellemzően pulzáló lézerpárológatással (PLD) vagy porlasztással állítják elő, ám ekkor a minták testreszabhatósága korlátozott. A molekulanyaláb-epitaxia (MBE) berendezéssel végzett mintakészítés nagy előnye az említett eljárásokkal szemben, hogy az összetétel széles skálán változtatható, így a kész minta multiferroikus paraméterei optimalizálhatók. A kísérleti

munka célja, hogy az optimalizált multiferroikus vékonyréteg-rendszerből kiindulva különleges nanoszerkezeteket állítsunk elő a laterális magneto-elektromos csatolás módosításával, vagy lokalizált oxidáció segítségével. A fiatal kutató feladata lesz a kompozit multiferroikus szerkezet ferromágneses rétegeinek (pl. NiFe_2O_4 , CoFe_2O_4) mágneses szerkezetének és anizotrópiatulajdonságainak meghatározása, spinellszerkezetük kialakulásának megértése és e folyamat során az anyagban végbemenő öndiffúziós folyamatok megismerése – hőkezelés, esetleg besugárzás hatására. Részt vesz továbbá a minták előállításában, valamint azok Mössbauer-spektroszkópiával, neutronreflektometriával, magneto-optikai Kerr-effektussal és egyéb karakterizáló módszerekkel való minősítésében.

A fizikus, mérnök-fizikus vagy vegyészmérnök végzettségű fiatal kutató alkalmazásánál előnyt jelent a jó kísérleti érzék, a számítástechnika ismerete, valamint a megbízható angol nyelvtudás.

Ultrahideg atomokon alapuló hibrid kvantumrendszerek vizsgálata

Témavezető: Kálmán Orsolya

A lézerekkel kontrollált atomokból és elektronikailag kontrollált szilárdtestekből összeállított hibrid kvantumrendszerek számos lehetőséget hordoznak magukban új kvantumos technológiák kifejlesztésére vonatkozóan. Ezen kvantumos interfészek működésének előfeltétele egy olyan csatolás a részrendszerek között, amely elegendően erős ahhoz, hogy alapvetően más természetű szabadsági fokok (mint például spin, atomi elektronállapot, translációs mozgás és vibráció) között kvantumos információt közvetítsen. Ultrahideg atomok Bose-Einstein kondenzátuma (röviden BEC) megfelelő építőeleme lehet ilyen hibrid rendszereknek, mivel bennük az atomok azok minden lényeges szabadsági fokában a kvantumos zaj által megengedett legpontosabb szinten manipulálhatóak és detektálhatóak. A BEC kollektív állapota nagymértékben növeli a belső hiperfinom dinamika érzékenységét a külső mágneses terekre. Ha a BEC-et szén nanostruktúrákkal (így például szén nanocsővel, vagy grafén lappal) csatoljuk össze, számos igen jól kontrollálható interfészt kaphatunk. A szén nanostruktúrák ugyanis kiváló mechanikai oszcillátorok és ezen felül elektromosan kontaktálhatóak is (sőt, maga a mechanikai rezgésük is vezérelhető elektronikai úton). A rezgő áramvezető nanodrót időben változó mágneses teret kelt, amely csatolódik a BEC-ben lévő atomok hiperfinom átmenetéhez. Ez a kölcsönhatás elegendően erős lehet ahhoz, hogy a nanovezetékben folyó áram zajspektrumának kvantumos természetét érzékelje [Nano Lett. 12, 435-439 (2012)]. Másrészt, az atomi spinek átfordulása visszahat a vezeték rezgésére, amely a nanodrót mechanikai oszcillációjának erősödését eredményezheti [Phys. Rev. Lett. 112, 133603 (2014)]. Az is megmutatható, hogy a kondenzátum, mint atomlézer, olyan mérőeszközként is működhet, amely alkalmas egy külső mágneses tér zajspektrumának megmérésére [Phys. Rev. A. 94, 033626 (2016)]. Ezek az effektusok olyan új kutatási irányokat nyitnak meg, mint amilyen a nanomechanikai oszcillátor rezgésének vezérlése a BEC-ben lévő atomok hiperfinom dinamikájának meghajtásával (a kondenzátumból kilépő atomok visszapumpálása révén), vagy a nanomechanikai oszcillátorban folyó áram, mint szabadsági fok kvantumos kontrollja (a méréssel történő indirekt visszahatás révén). A fiatal kutató feladata a már kidolgozott analitikus és numerikus eszközök felhasználásával új

elméleti modellek és/vagy numerikus programok kifejlesztése az említett irányban, amely magában foglalja annak a mélyebb megértését is, hogy a nanoméretű/mezoszkópikus vezetőkben mi a szerepe az áram-fluktuációknak, illetve a kvantum mérésnek.

GEM alapú nyomkövető részecske-detektorok fejlesztése CERN kísérletekhez

Témavezető: Varga Dezső

A nagyenergiás detektorok egyik legfontosabb részegysége a keletkező töltött részecskék pályáját rekonstruáló nyomkövető (tracking) detektorrendszer, ami három dimenzióban rögzíti a mágneses térben eltérülő részecskepályákat. Jellemzően ez az a rész, ami a legnagyobb információmennyiséget szolgáltatja, kihívást jelentve a mérések informatikai és adatfeldolgozó lépéseiben is. Nyomkövető detektorok kétféle, folyamatos versengésben álló technológiára épülnek: félvezető szilíciumot vagy nagy tisztaságú gázt használnak detektáló közegként. Gáztöltésű detektorok legegánsabb megoldása a három dimenziós képet adó időprojekciós kamra (TPC): ilyen működik jelenleg a CERN LHC ALICE kísérletében, de TPC kerül majd a következő generációs lineáris elektrongyorsító (ILC) detektoraiba is.

A TPC-k jeleinek rögzítése jelentette évtizedeken keresztül a detektortípus működési sebességének fő korlátozó tényezőjét. Az elektronikai és informatikai fejlődésnek köszönhetően mostanra jutott oda a technológia, hogy folyamatosan, események közötti szünet nélkül rögzíthetők egy TPC jelei – ami több száz Gigabájt nyers adatot jelenthet másodpercenként. Ezzel a precíz működés fő akadálya detektorfizikai lett: a gázerősítésből származó ionok tértöltése elrontja az elektronegyűjtés homogenitását, torzítva a kapott háromdimenziós képet. Másik jelentős probléma a sugárterhelés.

A feladat megoldására jelenleg a legjobb módszernek a mikrostrukturás gáztöltésű részecske-detektorok legnépszerűbb verziója, a GEM (Gas Electron Multiplier) látszik. Ezen elektronsokszorozó fóliákat megfelelő geometriával és térkonfigurációval üzemeltetjük, az erősítési folyamatból származó ionok sikeresen csapódhatnak.

A jelölt feladata a kutatócsoportban folyó GEM, ThickGEM és Close Cathode Chamber fejlesztésekbe való bekapcsolódás, azok nagy sebességű TPC-ben való alkalmazásához. Kutatócsoportunk részt vesz az ALICE kísérlet központi TPC detektorának továbbfejlesztésében, ami az ALICE szempontjából kiemelt fontosságú és amihez GEM alapú egységek épülnek majd meg. A jelölt részt vesz majd az ALICE kísérlet munkájában, mind az R&D, mind felkészülésként a későbbi tényleges építés tekintetében. A jelölt feladata új konfigurációk kidolgozása és a különböző technológiák összehasonlítása, a detektorfizikai háttér megértéséhez pedig megfelelő számítások és szimulációk végzése.

Elvárt előismeretek: Részecskefizika és nagyenergiás magfizika, nagyenergiás és magfizikai kísérleti technikák ismerete, programozási és elektronikai ismeretek.

Lézeres termonukleáris fúzió lökéshullámos begyűjtással

Témavezető: Földes István

Csoportunk támogatást nyert el az Eurofusion program keretében arra, hogy 2017-18-ban részt vegyen az európai lökéshullám-begyűjtési kísérlet előkészítésében és megvalósításában

(CfP-AWP17-IFE_CELIA-nan). Ennek keretében diagnosztikai vizsgálatokat tervezünk végezni nagyberendezéseken, röntgenspektroszkópiai módszerekkel, hogy megmérjük az elérhető hőmérsékletet és sűrűséget. Másfelől elméleti kutatásokat is tervezünk: Részvétel a numerikus szimulációk véghezvitelében. A hazai berendezésekhez kötődően elméleti lehetőségét kutatjuk a KrF lézer lökéshullám-begyűjtésében való használatának. A kifejlesztett spektrométereket a hazai KrF lézerrendszerrel is tesztelni, majd használni tervezzük.

Színcentrumok kialakítása és jellemzése nanogyémántban

Témavezető: Tóth Sára

Új technológiai módszerek (pl. ultrarövid lézerimpulzusok) alkalmazása gyémánt nanostruktúrák kialakítására. Optikailag aktív centrumok létrehozása a nanogyémánt szemcsékben a növesztési folyamat során, illetve utólagos kezeléssel. A kutatómunka célja egyfoton emitter centrumok és biológiai alkalmazások szempontjából ígéretes színcentrumok létrehozása. Kvantummechanikai számítások a hibahelyek szerkezetének és energianívóinak meghatározására.

Hierarchikus agyi hálózatok vizsgálata gépi tanulás eszközeivel

Témavezető: Orbán Gergő

Az idegrendszer a környezetet egy hierarchikusan rendezett struktúra segítségével érzékeli és értelmezi. Azt, hogy az idegsejtek populációinak hierarchikus rendszerében milyen számítások zajlanak csak most kezdjük megérteni, márpedig ahhoz, hogy mesterséges szenzorok jeleit hatékonyan tudjuk eljuttatni az idegrendszerhez, vagy az idegrendszer kódját hatékonyan tudjuk olvasni, ez elengedhetetlen lenne. A közelmúltbeli előretörésben kulcsszerepe van annak, hogy a mesterséges látás és a gépi intelligencia az utóbbi évtizedben jutott olyan szintre, hogy iránymutatást tudjon adni abban, hogy milyen kihívások is azok, melyekkel a hatékony érzékelés megvalósításához az emlős agynak szembe kell néznie. Ezeket a fejlesztéseket meglovagolva az idegrendszer működését új nézőpontból tudjuk vizsgálni és lehetőségünk nyílik arra, hogy bepillantást nyerjünk abba, hogy akár mesterséges, akár biológiai rendszerek miképpen tudják a komplex környezetet nagy hatékonysággal érzékelni.

A sikeres jelölt feladata a vizuális rendszerben zajló idegi komputációk vizsgálata. Az idegsejtek hálózatait által végzett komputációk felfejtéséhez az elméleti idegtudomány, a gépi tanulás, gépi intelligencia eszközeit használja. A sikeres jelöltnek lehetősége lesz a Komputációs Rendszerszintű Idegtudományi Csoport dinamikus csapatába integrálódni, elsajátítani a szükséges technikákat, és nemzetközi kollaborációkban részt venni, melyek segítségével közelről megismerhet kísérleti technikákat és együtt dolgozhat a rendszerszintű idegtudomány nemzetközileg elismert kiválóságaival.

Kozmikus részecskék detektálása és alkalmazása

Témavezető: Varga Dezső

A kozmikus részecskék magaslégkörben keletkező, a felszínre elérő illetve talajba akár több száz méter mélyen behatoló komponense a nagyenergiás müon. Ezen részecskék detektálása változatos információt szolgáltat: a részecskeszám változása a légkör és a Föld mágneses terének állapotát tükrözi, de áthatolóképességénél fogva használható nagy objektumok átvilágítására is. Tekintve hogy a müonok száma adott, a detektorok hatékonyságának elsődleges mérőszáma az aktív felületük: a kozmikus részecskék detektálásánál a nagy méretű (legalább négyzetméteres nagyságrendű) rendszerek építése az egyik fő kihívás.

Kutatócsoportunk több olyan detektor-variánst fejlesztett ki, amely alkalmas felszíni vagy felszín alatti kozmikus fluxus mérések elvégzésére. Földalatti mérésekkel felszín alatti struktúrák mutathatók ki, talajszinten viszont klasszikus átvilágításos tomográfiával lehet bepillantani más módon nehezen vizsgálható (sűrű, nagy, érzékeny, stb.) objektumokba. A Wigner FK-nak van egy, a Tokiói Egyetemmel közösen benyújtott mintaoltalma vulkánok szerkezetének vizualizálására. Az ezekhez hasonló nyomkövető detektorok fejlesztése jelentős részben átfed a CERN ALICE kísérletnél hasznosuló kutatómunkával.

A jelölt feladata a csoport kozmikus részecskék illetve nagyenergiás részecskék detektálását célzó projektjébe való bekapcsolódás. Az elvégzendő kutatómunka részét képezi megfelelő detektorrendszerek tervezése, megépítése, beüzemelése, a feldolgozó és analízáló szoftveres rendszer kidolgozása, új berendezések és technológiák kifejlesztése, illetve a mérések szimulációkkal való összevetése. A detektorfejlesztés és a kísérleti adatok analízise során a jelöltnek lehetősége nyílik az ALICE kísérleti együttműködésben való részvételre is.