

Nagy impulzusú barionok keletkezési mechanizmusainak elméleti vizsgálata nehézion ütközésekben

Nagyenergiás nehézion ütközésekben az atommagok átfedésekor termikus egyensúlytól távoli állapotban lévő kvark-gluon anyag jön létre, amelynek tulajdonságairól a nehezen termalizálódó nagy impulzusú hadronok hordozzák a legtöbb információt. Ezek a hadronok keletkezhetnek a nagy impulzusú kvarkok és gluonok fragmentációja, vagy az alacsonyabb impulzusú partonok koaleszcenciája során, illetve további, speciális csatornáknál (pl. junction-antijunction szétsugárzás). A nagy impulzusú hadronok mérhető impulzus eloszlásának elméleti vizsgálata azért fontos, mert így meghatározhatjuk a mérési adatokból a korai állapotban lezajló mikroszkópikus folyamatokat, megérthetjük az erős kölcsönhatás tulajdonságait. A 3 kvarkból álló barionok keletkezésének vizsgálata, különösen a 15-20 GeV/c impulzus tartomány fölött, még sok nyitott kérdést tartalmaz, mert az eddigi energiákon csak nagyon ritkán keletkeztek ilyen nagy impulzusú hadronok. A 2010-ben elindult Nagy Hadron Ütköztető (LHC, CERN) proton-proton és ólom-ólom ütközéseiben a TeV-es energiaskálán azonban nagy számban keletkeznek majd ezek a részecskék és pontos mérési adatok állnak majd rendelkezésre. Ezért időszerű a témakör vizsgálata. Az ifjú kutatói álláshelyet olyan tehetséges doktorandusszal kívánjuk betölteni, aki a barionok keletkezésének elméleti leírásával képes foglalkozni. Elvárás, hogy eredményei az LHC kísérletben résztvevő, az RMKI ALICE csoportja számára is felhasználhatóak legyenek az LHC adatok kiértékelésekor.

A fiatal kutató fő feladata, hogy elméleti oldalról áttekintse a nagy impulzusú barionok keletkezési mechanizmusait, részletesen vizsgálja a kvark és gluon fragmentációt leíró fragmentációs függvények tulajdonságait, alkalmazhatóságát, ha szükséges, akkor maga is létre tudjon ilyen hozni. Másik oldalról megtanulja, alkalmazza és továbbfejlessze a kvark-koaleszcenciás modelleket és pontos képpel rendelkezzen ezen folyamat alkalmazhatósági kritériumairól. Képesse kell válnia a koaleszcenciás hozamok meghatározására. Így az elméleti eredmények és a kísérleti adatok összevetéséből meg tudja állapítani, hogy jelen vannak-e további csatornák, mennyire szükséges azok bevezetése, vagy új barion keletkezési mechanizmusok bevezetésére van szükség. A fő cél, hogy a hadronok vizsgálata eredményeként minél többet megtudhassunk a nehézion ütközések korai állapotáról és a barionok keletkezéséről extrém körülmények között, sűrű kvark-gluon anyag jelenlétében.

Az LHC és ELI kísérletekben kialakuló időfüggő erős terekben történő részecskekeltés elméleti vizsgálata

Nagy intenzitású állandó térerősséggel jellemzett elektromos terekben a Schwinger-mechanizmus írja le a spontán párkeltést. Az elméleti leírás már régóta ismert és hivatkozott, azonban kísérletileg még nem sikerült direkt módon megmérni a párkeltést, mert nagyon nehéz a szükséges erős elektromos teret létrehozni. Ugyanakkor az elmélet nem-ábeli kiterjesztését régóta alkalmazzák a feltételezett húr-szakadás során létrejövő hadronkeletkezés leírására hadron-hadron ütközésekben – a fenomenológikus húrmodellek nagyon jól működnek. A RHIC és LHC energián elvégzett nehézion ütközések vizsgálata felveti, hogy a hadron-hadron ütközésekből ismert hurok összeolvadnak és egy közös, nagyon intenzív színelektromos és színmágneses teret hoznak létre, és ebből a térből keletkeznek kvark-antikvark illetve gluon párok. Ennek a térnek az erőssége azonban már időfüggő lesz, így a Schwinger-mechanizmus továbbfejlesztésére van szükség. Az időfüggő térből keletkező párok hozamának leírására kiválóan alkalmas a rendszer Wigner-függvényének időfüggő fejlődését követő kinetikus egyenlet megoldása. A közelmúltban sikerült ábeli, valamint SU(2) terek esetére elvégezni az elméleti számolásokat, azonban a QCD alapú SU(3) számolások még hiányoznak. Miután a 2010-ben elindult Nagy Hadron Ütköztető (LHC, CERN) ólom-ólom ütközéses kísérleteiben is jelentkezhettek ilyen erős terek, ezért időszerű a témakör újbóli vizsgálata.

A nehézion ütközésekkel párhuzamosan egy másik érdekes alkalmazási kör a közeljövőben Szegeden megvalósuló Extreme Light Infrastructure (ELI) extrém nagy intenzitású lézerberendezésénél lézernyalábok átfedése során felmerülő elektron-positron párkeltés vizsgálata. Az erősen időfüggő elektromos térerősség kizárja a Schwinger-mechanizmus közvetlen alkalmazását, ezért ez a kérdéskör elméleti vizsgálata a nemzetközi kutatások homlokterébe került. Az ifjú kutatói álláshelyet olyan tehetséges doktorandusszal kívánjuk betölteni, aki képes az LHC nehézion ütközéseinél és az ELI lézerkísérleteiben is alkalmazható elméleti eredményeket elérni ebben az érdekes témakörben.

A fiatal kutató fő feladata, hogy elméleti oldalról áttekintse az erős terek időfüggését tartalmazó, Wigner-függvény alkalmazásán alapuló kinetikus egyenletet, majd numerikus módszereket fejlesszen ki az egyenlet megoldására. A különböző kezdeti feltételek áttekintése és rendszerezése után oldja meg numerikusan az egyenleteket, keressen skála-törvényeket, közös megoldás-osztályokat. Törekedjen arra, hogy az elméleti eredmények közvetlenül alkalmazhatóak legyenek az LHC nehézion ütközéseiben mért kísérleti adatok elemzése során, illetve eredményei segítsék az ELI-nél összeállítandó kísérleti projektek kialakítását. A fő cél, hogy az elméleti vizsgálatok eredményeként többet tudhassunk meg az időfüggő erős terekben létrejövő spontán vagy indukált párkeltés természetéről, a keletkezett részecskék tulajdonságairól.

Gravitációs hullámkeltési folyamatok numerikus vizsgálata

Az elméleti fizikában egyre nagyobb jelentőséggel bírnak azok a modellek, illetve fizikai folyamatok, amelyekben nemlineáris effektusok tanulmányozására van szükség. A gravitáció jelenleg elfogadott legpontosabb elméletében, Einstein általános relativitáselméletében is alapvetően fontos szerepet játszanak a nemlineáris folyamatok. Ilyen jelenségek közé sorolhatók, például a csillagok gravitációs összeomlási folyamata, de a kapcsolt gravitációs sugárzási jelenségek is. Mivel a nemlineáris elméletek esetében az analitikus eszközök önmagukban nem biztosítanak minden szempontból kielégítő leírást, megbízható – az időfejlődést hosszan követni képes – numerikus módszereket kell alkalmazni. Ezen igény kielégítésére az elmúlt évek során egy olyan általános, a sugárzási jelenségek hű leírását is biztosító numerikus eljárást fejlesztettünk ki (GridRipper), amelynek segítségével különféle nemlineáris fejlődési egyenletnek eleget tevő dinamikai rendszerek evolúcióját tudjuk tanulmányozni általános 3+1 dimenziós esetben. 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 az RMKI Virgo tudományos együttműködésben vállalt feladatainak teljesítése szempontjából egyaránt fontos problémák megoldásán dolgozna.

Tudjuk, hogy a nukleáris fűtőanyagukat kimerített, elegendően nagy tömegű csillagok gravitációs összeomlási folyamaton mennek keresztül. Az is ismert, hogy a megfigyelt csillagok többsége forog. Ezen felül a tömegük is jóval a kritikus alsó határ fölött van, így az összeomlási folyamatok során felszabaduló energia elegendően nagy része gravitációs hullámok keltésre fordítódik. Ennek megfelelően a gravitációs összeomlási folyamatok a gravitációs hullámok asztrofizikailag jelentős forrásaiként vannak számon tartva. Konkrét vizsgálatainkban egyrészt a gravitációs összeomlási folyamat során kialakuló feketelyukak dinamikai tulajdonságait, másrészt az összeomlási folyamat során keltett gravitációs hullám amplitúdójának és fázisának időbeli változását, valamint annak a távoli megfigyelőkhöz történő eljutása közben elszenvedett torzulását kívánjuk meghatározni.

Hőmérséklet és részecskespektrumok extrém nagy energián

A kezdődő 21. század egyik legjelentősebb nemzetközi kísérleti erőfeszítése a CERN-i Large Hadron Collider-en végzett kísérletsorozat. A modern részecske- és magfizika alapkutatói kérdéseire keressük a választ kutatók ezreinek a közvetlen részvételével. Két fontos elméleti alapkérdés jelent kihívást a fizikai alaptörvények jelenlegi megértésével kapcsolatban: i) az elemi részecskék tömegének eredete s ennek kapcsán a szuperszimmetria illetve magasabb térdimenziók létének a kérdése, valamint ii) a hadronok keletkezését megelőző kvarkanyag mibenléte, állapotainak a leírása. Ez utóbbi témakörben a véges, de igen magas hőmérsékletű anyagi állapotok elméleti leírása az utóbbi évtizedekben rohamos fejlődésen ment keresztül. Az entrópia és a hőmérséklet értelmezése, mérése és matematikai modellezése a fenti kísérletekre jellemző extrém fizikai körülmények között tudományos viták és módszertani újítások tárgya.

Az RMKI-ban folyó elméleti kutatómunka egyik célja a klasszikus, 19. századi eredetű termodinamika koncepcióinak, főként a hőmérsékletnek és az entrópiának, a kortárs kísérletekben fellépő extrém fizikai feltételek melletti helyes leírása a szükséges matematikai kiterjesztések és a következmények fenomenológiai elemzése révén. A relativisztikus Doppler kékeltolódás mellett a nagy gyorsulások miatt fellépő Unruh hőmérséklet és a relativisztikus, disszipatív hidrodinamikai modellekben fellépő további jelenségek olyan leírása, amely a kauzalitás és a stabilitás megfelelő követelményeit kielégíti, jelenleg is kutatás-fejlesztés alatt áll. A termodinamika nem-extenzív kiterjesztése lehetőséget ad arra, hogy a részecskespektrumok statisztikai elemzéséből leszűrjünk a klasszikus termodinamika eredeti koncepciójának is megfelelő fizikai hőmérsékletet.

A kutató fiatal feladata – a relativisztikus hidro- és termodinamika alapjainak elsajátítása mellett - a termodinamikai relációk nagy sebességű és nagy gyorsulású vonatkoztatási rendszerekben, illetve hosszú távú kölcsönhatások feltételezésével történő matematikai tanulmányozása, valamint ezen alapuló számítógépes modellszámolások kivitelezése a kísérleti részecskespektrumok meghatározása céljából. Munkáját az RMKI Elméleti Főosztályán működő nehézionfizikai kutatócsoportban végzi majd.

A kutatói feladatok hatékony elvégzéséhez fizikus diploma (MSc fokozat) és az angol nyelvű szakirodalom olvasási készsége szükséges, érdeklődés az elméleti kutatások, különösen a matematika alkalmazása és a számítógépes programozás iránt kimondottan előnyös.

Kapcsolható átmenetifém-vegyületek tanulmányozása szinkrotronsugárzással

A szinkrotronsugárforrások fejlődése és használatuk elterjedése a röntgenspektroszkópiák újjászületéséhez vezetett, és a kutatások új dimenzióját nyitotta meg. A szinkrotronsugárzás rugalmatlan szórására épülő, új és dinamikus fejlődő módszerek (nagyfelbontású röntgenabszorpció és -emisszió, rezonáns és nemrezonáns röntgen-Raman-spektroszkópia) értékes információval szolgálnak az elektronszerkezetről, a betöltött és betöltetlen állapot-sűrűségről, a töltés- és spinállapotról, valamint a lokális szimmetriáról és a ligandumok típusáról. A spektrális információ elemszelektív, a módszer a minta egészét vizsgálja, és a röntgensugárzás nagy áthatolóképessége folytán extrém körülmények (nagy nyomás, alacsony/magas hőmérséklet) által megkívánt speciális mintakörnyezet esetén is használható, ami *in situ* vizsgálatokat is lehetővé tesz (megfelelő ablakkal ellátott) kémiai reaktorokban, elektrokémiai cellákban, nagynyomású cellákban, stb. Néhány harmadik generációs szinkrotronnál lehetőség nyílt arra is, hogy ultragyors folyamatokat tanulmányozzunk röntgenabszorpcióval, így az átalakulóban lévő molekulák atomi ill. elektronszerkezetét vizsgáljuk a pikoszekundumos, sőt, esetenként a femtoszekundumos időskálán. A röntgenforrások negyedik generációját megtestesítő keményröntgen-szabadelektronlézerek segítségével pedig minden röntgenspektroszkópiai módszer alkalmazható lesz ultragyors folyamatok tanulmányozására. A munka során erőfeszítéseket teszünk az új röntgenberendezések használatára való felkészülésre. Ennek különleges aktualitást ad Magyarország tagsága a hamburgi European XFEL (szabadelektronlézer-) projektben, valamint az Extreme Light Infrastructure (ELI) Szegeden megépítendő attoszekundumos létesítményénél is terveznek másodlagos forrásként ultrarövid röntgenimpulzusokat létrehozó ágat, ami az XFEL-énél rövidebb időfelbontással kecsegtet.

A tervezett kutatás keretében külső hatással változtatható (kapcsolható) elektronszerkezetű, különleges transzport- és gerjesztési tulajdonsággal rendelkező átmenetifém-vegyületeket modern röntgenspektroszkópiás módszerekkel tanulmányozunk. Ehhez a szinkrotrons módszerek alkalmazása mellett megépítünk egy laboratóriumi (radioaktív sugárforrással működő) röntgenspektrométert is. Vasvegyületek vizsgálatára Mössbauer-spektroszkópiát is tervezünk használni. A kísérleti munkát elektronszerkezet-számításokkal tervezzük kiegészíteni. A fenti feladatokat széles nemzetközi együttműködésben, az European Synchrotron Radiation Facility-vel, a Swiss Light Source-szal, a European XFEL-lel, valamint az Utrechti, s a Hannoveri Egyetemmel, és Toulouse-i CNRS Koordinációs Kémiai Laboratóriumával közösen fogjuk végezni.

A jelölttől fizikus, mérnök-fizikus vagy vegyész oklevelet, az angol nyelv biztos ismeretét, kvantumkémiai és számítógép-programozási jártasságot várunk el. Feladata lesz spektrumok elméleti modellezése, mintakészítés, a külföldi nagyberendezéseknél és az itthoni laboratóriumban végzendő kísérletekben való részvétel, adatkiértékelés. Munkájának dologi költségeit részben a K72597-es, 2008. júniusában indult *(Megoldatlan problémák új megközelítésben: erősen korrelált elektronszerkezetű átmenetifém-vegyületek spektroszkópiai vizsgálata*, témavezető: Vankó György) OTKA projekt fogja fedezni.

Tranziens folyamatok vizsgálata forró plazmákban

Az ITER nevű fúziós plazmafizikai kísérleti berendezés - mely világméretű összefogásban épül Franciaországban – előreláthatóan a 2019-ben kezdi meg működését. Azonban az első ITER plazmáig még több fontos és kikerülhetetlen problémát meg kell oldania a tudományos közösségnek. Ilyen többek között a szélplazmában jelentkező magnetohidrodinamikai instabilitások (ELM-k) vagy kriogén illetve szennyező pelletek és a forró plazma kölcsönhatásának a problémaköre. Ezeket a gyors, tranziens folyamatokat többféle módszerrel lehet vizsgálni. Az RMKI Plazmafizikai Főosztályán intenzív fejlesztések/kutatások folynak, melyek során ultragyors video kamerákat használunk ezen tranziens folyamatok vizsgálatára. Egyrésztől magukat a kísérleti eszközöket fejlesztjük és alkalmazzuk különböző európai plazmafizikai nagyberendezéseken (ASDEX Upgrade, JET, W7X), másrésztől segítségükkel célzott plazmafizikai kísérletek végzünk az ELM-kkel kapcsolatban levő helikális filamentumok és pelletek körül kialakuló ablációs felhők fizikájának megismerése érdekében. Tekintettel ezen folyamatok gyors, tranziens jellegére alapkövetelmény az alkalmazott diagnosztikák jó idő (mikroszekundum) és térbeli felbontása.

A fiatal kutató feladata lenne bekapcsolódni a Plazmafizikai Főosztályon EURATOM támogatással folyó és az EFDA (European Fusion Development Agreement) által európai szinten koordinált ez irányú kutatásokba. Ezek során kísérleteket végzünk több európai tokamakokon (ASDEX Upgrade, JET) filamentumokat és pellet-plazma kölcsönhatást vizsgálva. A hallgató szintén bekapcsolódhatna a kísérleti eredmények értelmezéséhez szükséges elméleti modellek kifejlesztésébe, valamint ezen modellekre alapuló numerikus szimulációk kidolgozásába. Szintén feladata lenne részt venni a W7X sztellarátorra készülő 10 csatornás intelligens videó diagnosztika fejlesztésében és alkalmazásában. A jelentkezővel szemben támasztott elvárások: fizikusi vagy mérnök-fizikusi diploma

Kollektív jelenségek keresése nagy multiplicitású proton-proton és centrális nehézion ütközésekben

A Nagy Hadronütköztetőben évente 10 hónapig proton-proton, majd 1 hónapig ólom-ólom nehézionok ütköztetése történik. A proton-proton ütközésekben legtöbb esetben csak tucatnyi új részecske keletkezik, a mérési adatok általában jó egyezést mutatnak a PYTHIA nevű Monte-Carlo kóddal kapott eredményekkel, mintegy igazolva a PYTHIA-ba beépített elméleti modelleket és fenomenológikus leírásokat. Az ütközések nagyon kis százalékában ($< 0.01\%$) a keletkezett részecskék száma kiugróan magas, összemérhető a 10-szer alacsonyabb energián a RHIC nehézion gyorsítónál elvégzett Au+Au és Cu+Cu ütközésekben mért részecske hozamokkal. Miután a RHIC-nél mért eredményeket a nehézion ütközésekben megjelenő, a kvark-gluon plazma kialakulásához köthető kollektív jelenségekkel értelmezzük, ezért felmerül a kérdés, vajon LHC energián proton-proton ütközésekben is találkozhatunk hasonló jelenségekkel, így a kvark-gluon plazma kialakulásával? Az ALICE együttműködés nagy hatékonysággal képes pontosan azonosítani nagy számú részecskét és lehetőség van arra is, hogy megfelelő válogatási kritériumok (triggerek) alkalmazásával a következő években jelentős számú nagy multiplicitású proton-proton ütközés adatait rögzíthessük későbbi analízis céljaira. A magyar ALICE együttműködés egyik kiemelt kutatási iránya ez a témakör, a kvark-gluon plazma feltételezett megjelenésének tanulmányozása nagy multiplicitású proton-proton ütközésekben. Azt várjuk, hogy ezen speciális ütközések vizsgálata, a mért részecske eloszlások tanulmányozása hozzájárul a centrális nehézion ütközésekben mért részecske eloszlások kialakulásának jobb megértéséhez, a kvark-gluon plazma tulajdonságainak pontosabb leírásához. A témakör vizsgálata időszerű, mert már rendelkezésre állnak feldolgozásra alkalmas proton-proton adatok 7 TeV energián, amelyek száma a következő két évben nagymértékben növekedni fog. Elvárásunk, hogy a fiatal kutató ezzel a szűkebb témakörrel foglalkozzon, és eredményei önmagukban is értékesek legyenek, valamint az MTA KFKI RMKI-ban működő magyar ALICE csoport számára is felhasználhatóak legyenek. A fiatal kutatónak a téma jellegénél fogva felfedező kutatást kell folytatnia.

A fiatal kutató fő feladata, hogy elsajátítsa az LHC ALICE kísérlet adatelemzési szoftverének kezelését és aktívan részt vegyen az ALICE munkacsoport tevékenységében. Előnyt jelent, ha már ismeri és használta ezeket a szoftvereket. Képesnek kell lennie az elemző szoftverek későbbi továbbfejlesztésére, a rendelkezésre álló adatok elemzésére, témavezetőjével együttműködve az eredmények fizikai értelmezésére, a kapott eredmények publikálására. Elkészítendő PhD dolgozatának főbb eredményeit az elemző munkája során elért eredmények fogják alkotni, ezért nagy szorgalommal és kitartással végzett munkára lesz szüksége az alkalmazás 3 éve alatt.

Szuperszimmetria keresése az LHC CMS-kísérletében

A mikrovilág egyik nagy rejtélye a Világegyetem gravitáló tömegének 23 %-át kitevő, csak gravitációs hatásán keresztül észlelhető sötét anyag. Összetételére számos modell született, legnépszerűbb közöttük a részecskefizika Standard modelljének szuperszimmetrikus kiterjesztésekor fellépő hipotetikus semleges részecske, a legkönnyebb neutralínó. A szuperszimmetrikus fenomenológia - a sötét anyag magyarázatán kívül, számos problémát megold a részecskefizika anyagelméletében, a Standard modellben: eltávolítja a Higgs-bozon tömegében fellépő óriási korrekciókat, segít beépíteni a gravitációt a mértékkölcsönhatások rendszerébe és lehetővé teszi a három mértékkölcsönhatás egyesítését nagy energián.

A CERN Nagy hadron-ütköztetője 2010 márciusa óta eddig soha nem elért energián, $3,5 + 3,5$ TeV-en ütköztet protonokat. 2010 márciusa és novembere között az ütközési hozamot 5 nagyságrenddel sikerült növelni. 2011 folyamán a hozam tovább nő és eléri a tervezett értéket. A szimulációs becslések szerint ennek elegendőnek kell lennie a szuperszimmetria kimutatásához, amennyiben létezik.

A CMS-nél működő csoportoknak részt kell vállalniuk az észlelőrendszer működtetésében is. Az RMKI építette az előreszórt részecskék észlelésére szolgáló hadron-kalorimétert, részt vállalt a főként debreceni fizikusok és mérnökök által tervezett müon-pozicionáló optikai rendszer építésében, és most azt tervezi, hogy csatlakozik a detektor szívének, a nyalábvezetékhez és az ütközési ponthoz legközelebb eső pixel-detektor üzemeltetéshez és továbbfejlesztéséhez.

A sikeresen pályázó fiatal kutató a pixel-detektor fejlesztésében és a szuperszimmetrikus részecskék keresésével fog foglalkozni. Az utóbbi tipikus felfedező kutatás, amely fiatal kutató tevékenységének három éve alatt gyakorlatilag sikerre van ítélve, akár felfedezik, akár kizárják a Standard modell szuperszimmetrikus kiterjesztését. A befogadó csoport mindkét témában együtt fog működni a CERN-en kívül az ATOMKI-val és a bécsi HEPHY-intézettel.

Gravitációs hullámok keresése a Virgó kísérletben

A gravitációs kölcsönhatást ma elfogadott legjobb leírását és megértését Einstein majdnem 100 éves Általános Relativitás Elmélete (ÁR) segítségével tehetjük meg. Az elmélet megértésének és fejlődésének hosszú ideje alatt eddig nem találtunk annak ellentmondó kísérleti bizonyítékot, sőt számos jóslata igazolást nyert! A gravitációs lencsézés jelensége, a fény gravitációs vöröseltolódása, a bolygók pályájának perihélium-elfordulása és még sok más jelenség mind-mind az elmélet által megjósolt és kísérletileg bizonyítást nyert tények. Az ÁR egyik legkülönösebb ilyen jóslata a úgynevezett gravitációs hullámok (GH) létezése, amelyek lényegében a gravitációs teret leíró téridő fodrozódásai, a metrika a hullámzásai. Létükre eddig csak közvetett - de nagyon erős - kísérleti bizonyítékok vannak, első közvetlen kísérleti megfigyelésük a célja a Virgo és a Ligo kísérleteknek. A Virgo nemzetközi kollaboráció munkájában vesz részt az RMKI Virgo csoportja.

A GH-ok keresésének több évtizede után a következő 2-3 évben nyílnak először reális esély azok közvetlen kísérleti megfigyelésére, ugyanis a detektorok most érték el azt az érzékenységet, hogy a Világegyetem általuk megfigyelhető térfogatában megfelelő számú olyan asztrofizikai esemény történik amelyek által keltett gravitációs hullámokat földi berendezéseinkkel érzékelni tudjuk. Ezért aztán a GH-ok keresése tipikus felfedező kutatás. A GH-ok megfigyelésével az emberiség egy teljesen új "érzékszervét" használhatja majd a Világegyetem megfigyelésére és megértésére. A GH-ok pótolhatatlan, más módon meg nem tudható információkat hordoznak forrásukról illetve a Világegyetem keletkezésének mikéntjéről. Megfigyelésükkel választ adhatunk egy sor fundamentális de ma még nyitott kérdésre a kozmológia, az asztrofizika, a részecskefizika és a csillagászat területén, konkurens alternatív elméletek megmérettetését, tesztelését végezhetjük el.

A sikeresen pályázó fiatal kutató elsődleges feladata az RMKI Virgo csoportjának elméleti munkáin alapuló GH kereső és adatanalizáló algoritmusok kifejlesztése és implementálása lesz különös tekintettel a bespirálózó kettőscsillagok és a forgó neutroncsillagok által kibocsátott hullámok esetére. Ezen felül és a kapcsolódó elméleti problémák kidolgozásán túl, részvételi lehetősége nyílik a következő generációs interferometrikus GH detektorok hardver elemeinek fejlesztésében, a detektorok működésének felügyeletében, a különböző analíziscsoportok és a Virgo Kollaboráció mindennapi munkájában. A fiatal kutatónak, az ösztöndíj időtartama alatt elvégzett kutatásait nemzetközi referált folyóiratban kell publikálnia, eredményeit egy doktori értekezés keretében kell összefoglalnia, megvédenie és a Ph.D. tudományos fokozatot megszereznie.

Mikroelektróda rendszerekkel végzett agyi elektromos mérések adatainak elemzése

Az agyba ültetett mikroelektróda rendszerek adatai és a kutatócsoportunkban kidolgozott új matematikai elemzési módszerek lehetővé teszik az egyedi idegsejteken folyó áramok meghatározását olyan tér- és időbeli felbontással, amelyre jelenleg semmilyen más módszer nem képes. Ez az módszer új betekintést nyújt az idegrendszer működésébe és alkalmas lehet pl. egyedi idegsejtek bemeneteinek, 3D szerkezetének illetve kapcsolatainak meghatározására. A témára jelentkező fiatal kutató feladata lesz a matematikai módszer illetve a szoftver fejlesztése, valamint alkalmazása biológiai adatok elemzésében

Funkcionális és szerkezeti szerveződés irányított, információfeldolgozó hálózatokban

Sok természetes és mesterséges információfeldolgozásra szakosodott rendszert ismerünk, ilyen pl. az idegrendszer, a sejt jeltranszdukciós hálózata, és ilyenek a legkülönbözőbb szoftverek. Ezek a rendszerek több szinten szerveződnek, így megkülönböztetjük a szerkezeti és funkcionális szerveződési szinteket. Megvizsgáljuk a különböző szerveződési szintek viszonyát és kölcsönhatását, kapcsolatot keresünk a szerkezeti és információfeldolgozási szempontból funkcionális tulajdonságok között. Alkalmas információfeldolgozó rendszerek esetén a háttérben levő hierarchikus viszonyokat is feltérképezzük. A fő feladat a hagyományos, "community detection"- alapú megközelítésen túlmutató és algoritmizálható eszközfejlesztés.

A technológiai fejlődés szerkezetének és dinamikájának vizsgálata a szabadalmi hivatkozási hálózatok alapján

A szabadalmi hálózatokra mint az innovációs folyamatok egy részletes reprezentációjára tekinthetünk. Az egyes szabadalmak csoportokba vannak sorolva aszerint, hogy mely technológiai területhez kapcsolódik leginkább. Ettől függetlenül a szabadalmak kaphatnak más technológiai területről is hivatkozást. Vizsgálatunk során ezekre a kapcsolatokra vagyunk kíváncsiak elsősorban, mert az új innovációk és technológiák megjelenését a már meglévő területek „közé” várhatjuk. A hivatkozások jellemzik az újabb szabadalmaknak a korábbi ismeretekből merített részét, így egyúttal az innovációs folyamatot is. A szabadalmakat a területi besorolás szerinti ki és bemenő kapcsolataikkal jellemezve őket csoportosíthatjuk. A témára jelentkező fiatal kutató feladata a csoportosítások elvégzése, jellegzetességeik , időfejlődésük részletes elemzése.

Patofiziológiai mechanizmusok azonosítása és terápiája modell-alapú elemzéssel

Ismert, hogy a skizofrének csökkent tanulási képességének egy fontos forrása a prefrontális kéreg és a hippocamusszal való kapcsolatának rendellenessége. Ezek a működési rendellenességek a módosult agyi ritmusokban is megjelennek. Míg korábban a nagy, 40Hz körüli gamma oszcillációk látszottak a legjobb elektrofiziológia markereknek, jelenleg Pfizer céggel dolgozó kollegánk Kiss Tamásék munkája alapján látszik, hogy az alacsony (1-2Hz) frekvenciájú delta oszcillációnak is fontos patofiziológiai funkciója van. Közös kutatásban szeretnénk megállapítani a ritmusgenerálás neurokémiai részletességű mechanizmusait, és matematikai modellel segíteni a lehetséges új farmakoterápiás terápiai eljárások keresését. A fiatal kutató feladata a Pfizerből érkező adatok elektrofiziológiai adatok feldolgozása lenne, és részt venne a matematikai modell kialakításában és a szimulációs kísérletek elvégzésében is.

A Szaturnusz magnetoszférájának vizsgálata

A Cassini űrszonda 2004 közepe óta vizsgálja a Szaturnusz magnetoszféráját és holdjait, közöttük a legnagyobbat, a Titán holdat. A KFKI Részecske-és Magfizikai Kutatóintézetének munkatársai két fedélzeti kísérletben is részt vesznek: a mágneses tér mérésekben és az alacsony energiájú töltött részecskék vizsgálatában a Cassini Plazma Spektrométer nevű fedélzeti műszer segítségével. Mindkét berendezés által szolgáltatott adatok rendelkezésre állnak.

A Szaturnusz magnetoszférájának áramló plazmája kölcsönhatásba kerül a Titán holddal, e holdból származó töltött részecskékkel. Az érdeklődő fiatal kutató feladata e kölcsönhatás elméleti és kísérleti vizsgálatába való bekapcsolódás, és elsősorban annak feltárása, hogyan lehet jellemezni

a Titán plazmacsóvját, milyen fizikai folyamatok alakítják a csóva töltött-részecske szerkezetét. Az eredményeket más, nem mágneses bolygóknál végzett megfigyelésekkel is célszerű egybevetni.

Az elvégzendő feladat magában foglalja az adatfeldolgozást, az ehhez szükséges programozási nyelvek megismerését is; a plazmafizikai alapok elsajátítását. A kutatás nemzetközi együttműködésben folyik, ezért az angol nyelv megfelelő ismerete előnyt jelent.

Mágneses vékonyréteg-kutatás elsősorban polarizált neutronokkal

Bár a neutronszórásról – lévén a neutron töltés nélküli, de mágneses részecske – azt tartják, hogy a mágneses momentumokra és a mágneses gerjesztésekre különösen érzékeny, alapvetően tömbi módszer, mégis a köztes rétegekre való érzékenysége az, ami mágneses filmek, multirétegek és laterális mágneses szerkezetek vizsgálatában a leghasznosabbnak bizonyult. Ez az érzékenység egyrészt a hideg neutronok hullámhossza és a tipikus rétegvastagságok illeszkedésének, másrészt a neutron hullámtérnek a (belső) felületek közelében jelentkező potenciállépcsőkön való erős torzulásának köszönhető. Az köztes rétegekre való érzékenységet mind a spekuláris neutronreflektivitás (NR), mind az off-spekuláris diffúz neutronszórás kihasználja. A neutronok mágneses momentumának irányát gyakran rögzítjük a szórási síkhoz képest és a polarizációs állapotot analizáljuk a detektor előtt. Ez a módszer a polarizált neutronreflektometria (PNR) és főként a mágneses vékonyrétegek, szuperrácsok és más heterostruktúrák vizsgálatában hasznos.

Az utóbbi években a mágneses célra használható reflektométerek mindinkább elérhetővé válnak a világ összes jelentős folyamatos üzemű és pulzáló neutronforrásánál. 2010 januárja óta ez alól már a Budapesti Neutronközpont sem kivétel. Az elmúlt öt évben a Budapesti Kutatóreaktorban megépítettük a GINA polarizált neutronreflektométert (<http://w3.rmki.kfki.hu/hu/nuclphys3/GINA>).

A KFKI RMKI Nukleáris Szilárdtestfizikai Osztályán a 90-es évek közepétől fogva mágneses vékonyrétegek szerkezetét kutatjuk, amelyben az antiferromágnesesen csatolt multirétegek mágneses doménszerkezete, mágneses filmek merőleges anizotrópiája és újabban a ferromágneses/szupravezető heteroszerkezetek kiemelkedő szerepet kaptak.

A fiatal kutatónak, aki e pályázatra esélyes, ebben az elsősorban kísérleti vékonyréteg-kutatásban kell részt vennie, témája a merőleges mágneses rögzítés perspektivikus alapanyagainak vizsgálata lesz, elsősorban reflektometria segítségével – hazai laboratóriumban és nemzetközi nagyberendezéseknél, reaktor- és szinkrotronnyaláboknál. A vékonyréteg-minták az intézet (Magyarországon egyetlen) molekulanyaláb-epitaxia berendezésén fognak készülni. A munka első évében a reflektométeren még jelentős fejlesztésekre kerül sor, amelyek tervezésében, szimulációjában és építésében való részvétel is szükséges. A téma pénzügyi háttere biztosított, jelenleg egy OM-pályázat, valamint nemzetközi együttműködés keretében

A jelölttel szemben támasztott elvárások: szilárdtestfizikában, a szóráselméletben való jártasság, gondosság, kísérleti fizikai érdeklődés és érzék, számítástechnikai ismeretek, legalább középfokú angol nyelvtudás.

Anyagok fizikai tulajdonságainak módosítása ionsugarakkal

Napjainkban az ionimplantációt több helyen is alkalmazzák technológiai lépésként: elsősorban a félvezetőiparban mikroelektronikai eszközök adalékolásra, illetve egyes ipari szerszámok felületi tulajdonságainak megváltoztatására. Az anyagok fizikai tulajdonságai ionimplantáció hatására bekövetkező változásainak ismeretében további olyan új alkalmazási területek is nyílhatnak, amelyek számos területen lehetnek hatással mindennapi életünkre.

Az ionimplantációs technika számos kedvező tulajdonsággal rendelkezik:

- Jól szabályozható a bevinni kívánt adalékatomok mennyisége.
- Az adalék mélységeloszlása a megfelelő energia választásával előre tervezhető (energiától és ionfajtától függően az ionok 10 nm–1 μm mélységig hatolnak be a felületbe).
- A módszer izotópszelektív; csak a kívánt tömegszámú izotópok jutnak a mintába.

A félvezetőiparban az ionimplantáció, mint adalékolási eljárás a szilícium esetében már alaposan tanulmányozott, reprodukálható gyártási folyamattá fejlesztett módszer. Más félvezetőkre, pl. SiC-ra nézve azonban az implantációnak a gyártásban való alkalmazása még kutatási szakaszban van. Ezzel kapcsolatban még sok a nyitott kérdés, pl. az adalékatomok, illetve kristályhibák mozgása implantáció közben vagy utóhőkezelés során, e folyamatok irányíthatósága, tervezhetősége az implantáció, illetve utóhőkezelés paramétereitől, stb. Félvezető eszközök adalékolására kis áramú, kis dózisu ionimplantációkat alkalmaznak. Ujabban azonban egyre több területen van szükség közepes- és nagy dózisu ionimplantációra. Ezek a területek — a teljesség igénye nélkül — például:

- Rácskárosodások, fázisképződés, implantáció által előidézett amorfizáció, illetve visszakristályosodás meghatározása különböző félvezető és szigetelő egykristályokban.
- Felületmódosítás ionimplantációval: fémek, kerámiák, polimerek és egyéb szerkezeti anyagok mechanikai tulajdonságai megváltoznak a nagy dózisu ionimplantáció hatására. Így lehetőség nyílik keményebb — és ezért kopásállóbb — felületek, illetve kevésbé törékeny kerámiák, egyszóval jobb felületi tulajdonságú szerkezeti anyagok előállítására.
- Ionsugaras szintézis: nemegyensúlyi fázisok kialakítása és azok vizsgálata
- Ionsugaras keverés („ion-beam mixing”): Megfelelően megválasztott energiájú és dózisu ionsugaras besugárzás hatására a határfelületek atomjai összekeverednek, megváltoznak a határfelület-közeli rétegek tulajdonságai (mechanikai feszültség, optikai tulajdonságok, elektromos tulajdonságok, sávszélesség, stb.). A módszer alkalmazását legújabban kiterjesztették a nanoszerkezetek (nanoszemcsék, szuperrácsok, multirétegek) tulajdonságainak módosítására is.
- Ionimplantáció hatása porózus anyagokra. Az ionimplantáció hatására nemcsak a fent említett folyamatok mennek végbe, hanem maga a pórusszerkezet is módosul.
- Nagy dózisu ionimplantáció esetén fellépő sugárkárosodások, felületi deformációk, mint pl. a hólyagosodás, hámlás vizsgálata. Ez a terület a jövő fúziós reaktorai szempontjából tekinthető kiemelkedő fontosságúnak: a szerkezeti anyagokba kerülő H és He izotópok hatásait vizsgálják.

A fiatal kutató feladata az RMKI meglévő tapasztalataira és az intézet meglévő és gyorsító-technikai infrastruktúrájára alapozva az ionimplantáció fent felsorolt hatásainak tanulmányozása lesz néhány jól megválasztott, technológiailag fontos anyagon,