

Summer Student Internship

Témajavaslatok a Wigner FK-ból

az UK-ban tanuló egyetemisták számára

Részecske- és Magfizikai Intézet (RMI) – [6 téma]

Integrálható kvantumtérelméletek vizsgálata

Bajnok Zoltán (Elméleti Osztály, Holografikus Kvantumtérelméleti Kutatócsoport)

A természet elemi építőköveinek fizikai elmélete a kvantumtérelmélet. Ezt használjuk az elektronok viselkedésének leírására a szilárdtest-fizikában, csakúgy, mint a proton-proton ütközések eredményeinek megjósolásakor a genfi Nagy Hadronütköztetőben. Mivel 3+1 dimenziós kölcsönható kvantumtérelméletet a mai napig senkinek sem sikerült egzaktul megoldani, előtérbe kerültek olyan numerikus módszerek, mint a rácsérelmélet vagy a csonkolt Hilbert tér közelítés. Ezen módszerek közelítéseken alapulnak: a rácselméletek például a folytonos téridőt egy véges sok pontból álló téridőráccsal helyettesítik, míg a csonkolt Hilbert tér közelítés a végestérfogatú elmélet diszkrét állapotterét vágja le (csonkolja) egy bizonyos energiánál. A mérhető fizikai mennyiségek a közelítés megszüntetésével kaphatóak meg, így a rácsérelméletekben a kontinuum határesetet kell venni, míg a csonkolt Hilbert tér közelítésben az energialevágást kell eltávolítani. Mivel ezen lépések a numerikus számítások során technikailag kivitelezhetetlenek, így a rácsállandó vagy a levágásfüggésre analitikus számolásokkal renormálási csoport egyenleteket származtatunk. Ezen egyenletek további közelítéseket tartalmaznak és alkalmazhatóságukról csak egzakt megoldással történő összehasonlításból szerezhetnénk tudomást. Szerencsére a kétdimenziós integrálható modelleket egzaktul meg lehet oldani.

A jelentkező feladata végestérfogatú energiaspektrum és lokális operátorok mátrixelemeinek vizsgálata a csonkolt állapotter közelítés segítségével és a kapott eredmények összevetése egzakt számolásokkal. A jelentkező lehet PhD, MSc vagy BSc-s hallgató.

Fotoionizációs folyamatok szimulációja rubídium gázban

Barna Imre Ferenc (Plazmafizikai Osztály, Lézergyorsítók Kutatócsoport)

Modellezni kívánjuk a rubídium atomok külső elektronjának kötött állapotok spektrumának változását periódikus elektromágneses tér (lézertér) jelenlétében. A szimulációs vizsgálatokat a Floquet módszerrel végezzük el. A témába való elmélyülésre olyan diákokat várunk, aki már tanult kvantummechanikát. Gyakorlatilag egy időfüggetlen kvantummechanikai, atomi sajátérték problémát vizsgálunk, ami egy mátrix diagonalizálását jelenti. A folyamattal fotoionizációs jelenségeket tanulmányozhatunk, amelyek alapvető fizikai kérdések. A rubídiumban lezajló fotoionizációs folyamat a valóságban a CERN AWAKE kísérlethez szolgáltat fontos elméleti hozzájárulást.

A módszer részben megismerhető az alábbi tanulmányból: [ArXiv: 1711.10928.pdf](https://arxiv.org/abs/1711.10928)

Lézer-plazma gyorsítók tanulmányozása

Djotján Gagik (Plazmafizika Osztály, Hideg plazma és atomi fizika erős térben kutatócsoport)

A nyári gyakorlat során be szeretnénk mutatni a diákoknak az új típusú részecskegyorsítás elveit, a bennük rejlő lehetőségeket és a megvalósításuk feltételeit. Áttekintjük a már létező lineáris és cirkuláris részecskegyorsítási módszereket, rámutatunk azok korlátjaira, és felvázoljuk a továbblépés egyik lehetséges útját: a lézer-plazma részecskegyorsítást. A szükséges elméleti ismeretek megszerzése mellett a hallgatók bekapcsolódnak a Plazmafizikai Osztály lézer laboratóriumában folyó kísérleti munkába. Elsajátítják a plazmadiagnosztika módszereit, megismerkednek az aktuálisan futó projektekkel. Egyrészt lehetőség van a CERN-ben végzett AWAKE elektron gyorsítási kísérlethez kapcsolódóan, a kutatócsoport által végzett interferometrikus és abszorpciós spektroszkópiai plazmasűrűség-mérések és plazma-homogenitás vizsgálatokban való részvételre, továbbá a kapott mérési eredmények kiértékelésébe és értelmezésébe bekapcsolódni. Másrészt lehetőség van az ELI-ALPS telephelyre tervezett, lézeres ion-nyaláb keltéshez szükséges kísérleti berendezés tervezésében és megalkotásában való részvételre. A munka ezen része során a résztvevők megismerkednek a nagyteljesítményű lézerimpulzusok fókuszálásának technikájával, a mintából kilépő ionok energiaspektrumának mérési módszerével. Tervezett időtartam: 1 hónap.

Bekapcsolódás az ESA Juice űrszonda fejlesztésébe

Nagy János (Űrkutatási Osztály, Űrtechnikai Kutatócsoport)

Az Európai Űrügynökség (ESA: European Space Agency) 2022-ben tervezi a Juice űrszonda fellövését, amely a Jupitert hivatott közelről vizsgálni. Az Űrtechnikai Kutatócsoport a Juice misszió egyik műszer együtteséhez fejlesztett több tápegységet, amelyek két processzort és négy szenzort látnak el, a fedélzeti tápfeszültséget átalakítva, a műszerek által kívánt feszültségekkel. A feladat során több kapcsolóüzemű tápegység tervezését, fejlesztését és kivitelezését végezzük. A megfelelő megbízhatóság elérése és folyamatos ellenőrzése fontos követelmény. Az áramköri tesztek mellett számítógépes szimulációjával is ellenőrizzük az áramkörök megfelelő működését. A „worst case” analízis és a „part stress” analízisek elvégzéséhez feltehetőleg ORCAD Pspice szoftvert fogunk használni. A pályázó a számítógépes szimulációban, illetve egy tápegység bemérésében venne részt.

A meghirdetett témára BSc, MSc vagy PhD képzésben részt vevő hallgatót várunk, aki már tanult analóg áramkörök tervezésével kapcsolatos tárgyat és esetleg laborgyakorlatokat is végzett tanulmányai során.

Ritka események azonosítása és szerepük megértése az idegi hálózatban

Négyessy László (Komputációs Tudományok Osztálya, Elméleti Idegtudomány és Komplex Rendszerek Kutatócsoport):

Az idegi aktivitásban előforduló különleges események vizsgálata segíti a hálózat és idegsejt aktivitás, valamint a magatartás összefüggéseinek jobb megértését. Agykérgi aktivitás elektrofiziológiai módszerekkel regisztrált adatainak elemzésével, statisztikai és jelfeldolgozásban alkalmazott eljárások felhasználásával azonosítjuk az idegsejt aktivitásban ritkán megjelenő, kiugróan alacsony vagy magas aktivitású periódusokat. Vizsgáljuk ezek gyakoriságát és előfordulási szabályszerűségét valamint a környező hálózati aktivitással és,

éber állapotban, a feladat végrehajtása során a magatartással való kapcsolatát. A munka elméleti jellegű, döntően adatelemzés. A kísérleti adatokat együttműködő partnereinktől kapjuk.

Szükséges ismeretek: programozás (R, Python, Matlab és klonjai ill. hasonló), statisztika, elemi jelfeldolgozás (pl. Fourier és wavelet transzformáció, spektrális és áramforrás sűrűség). MSc és PhD hallgatókat várunk, de szívesen dolgozunk az említett ismeretekkel bíró BSc hallgatókkal is.

**Agyterületek kölcsönhatásának vizsgálata multimodális információfeldolgozás alatt
Somogyvári Zoltán (Komputációs Tudományok Osztálya, Elméleti Idegtudomány és
Komplex Rendszerek Kutatócsoport):**

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 kutatás célja, a különböző agyterületeken rögzített jelek között, irányított ok-okozati hatások kimutatása, a kutatócsoportunkban kidolgozott új matematikai elemzési módszerek alkalmazásával és az egyes sejttípusok szerepének megismerése az információ feldolgozásában. A gyakorlat során a jelentkező modern adatelemzési módszerekkel ismerkedhet meg, és kipróbálhatja azokat az együttműködésben részvevő laboratóriumokban mért agyi adatokra.

A gyakorlaton való sikeres részvételhez szükséges, hogy a jelentkező alapszintű programozási ismeretekkel rendelkezzen – előnyt jelent az R, Python, Matlab, Scilab, Octave programnyelvek valamelyikének ismerete. A kiterjedt kutatási programban találhatóak BSc, MSc és PhD hallgatók számára is megfelelő kihívást jelentő feladatok.

Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet (SZFI) – [8 téma]

**Femtosekundumos lézertudományi módszerek és kísérletek
Dombi Péter (Ultragyors és Attosekundumos Fizika Kutatócsoport)**

<https://www.szfi.hu/hu/laserphys>

**Amorf ötvözetek kísérleti és elméleti vizsgálata
Jóvári Pál (Folyadékszerkezet Kutatócsoport)**

A DVD és PC-RAM technológiákban használt amorf Ge-Sb-Te ötvözetek rövidtávú rendjének vizsgálata kísérleti eszközökkel és számítógépes modellezéssel

<https://www.szfi.hu/HU/neutronphys>

**Inhomogén populációdinamikai modellek számítógépes vizsgálata
Juhász Róbert (Komplex Rendszerek Kutatócsoport)**

A kontakt-folyamat, vagy másik nevén az SIS (susceptible-infected-susceptible) modell egy rácson értelmezett, sztochasztikus részecske-rendszer, ami egy idealizált populációdinamikai- vagy járványterjedési modellként fogható fel, és az egyensúlyi rendszerekhez hasonló kritikus ponttal (folytonos fázisátalakulással) rendelkezik. A növényökológiai alkalmazás szempontjából felmerülő kérdés, hogy a helyi változó környezeti feltételek (ún. környezeti gradiens) mellett kialakuló vegetációs határ milyen (fraktál)tulajdonságokkal rendelkezik. A

feladat ennek elméleti vizsgálata, főleg számítógépes szimuláció útján, a gradiens kontakt-folyamat olyan valóságghűbb változatában, amely véletlenszerű térbeli inhomogenitást (rendezetlenséget) is tartalmaz. A feladat végrehajtásához a C programozási nyelv ismerete szükséges. <https://www.szfki.hu/hu/complexsystems>

Kvantuminformatikai rendszerek viselkedése

Kiss Tamás, Asbóth János, Kálmán Orsolya (Kvantuminformatika és a Kvantummechanika Alapjai Kutatócsoport)

Kvantuminformatikai rendszerek dinamikai viselkedését tanulmányozzuk különféle elméleti eszközökkel. A hallgató a következő kutatások valamelyik részfeladatába kapcsolódhat be:

- 1., Kvantumos bolyongások dinamikája perkolációs gráfokon. A kvantum bolyongások keresési algoritmusok és más kvantuminformatikai protokollok megvalósítására alkalmasak.
- 2., Kvantumos bolyongások és topologikus invariánsok. A kvantum bolyongás mint 'toy model' szilárdtestfizikai jelenségek modellezésére is használható: a topológikus szigetelők és kapcsolódó jelenségek jobb megértését célozzuk.
- 3., Mérésekkel befolyásolt iteratív dinamika qubiteken és komplex káosz. Egy egyszerű kvantuminformatikai protokoll iteratív alkalmazva valódi determinisztikus káoszhoz vezet, amelynek tulajdonságait (érzékenység a kezdeti feltételekre, fraktálok a kezdőállapotok terében, felhasználásuk kvantumállapotok megkülönböztetésére) csak most kezdjük megérteni.

Referenciák:

- 1., Strongly trapped two-dimensional quantum walks, Bálint Kollár, Tamás Kiss, Igor Jex, arXiv:1501.05844
- 2., Spectral flow and global topology of the Hofstadter butterfly, Janos K. Asboth, Andrea Alberti, arXiv:1611.07052
- 3., Quantum state matching of qubits via measurement-induced nonlinear transformations, Orsolya Kálmán, Tamás Kiss, arXiv:1708.03610
<https://www.szfki.hu/hu/quantumopt/qinf.html>

Towards the realization of ultracold atoms trapped in optical resonators

Clark Thomas, Dombi András, Domokos Péter (Kvantumoptika Kutatócsoport)

A gyakornok laboratóriumi fejlesztésben vesz részt, amelynek távlati célja atomokon alapuló kvantumtechnológiák megvalósítása. A kísérleti feladat Rb atomok lézeres hűtése, mágneses és optikai csapdázása, illetve a hideg atomi gáz elektromágneses csatolása nagy jóságú tényezőjű optikai mikrozónatorba zárt fotonokhoz. A nyári gyakorlat során lézerek és optikai rezonátoros stabilizálásába, illetve a teljes kísérlet vezérlésének fejlesztésébe lehet bekapcsolódni.

<https://www.szfki.hu/hu/quantumopt/qopt.html>

Szerves-fémkoordinációs vázszerkezetek előállítása és vizsgálata

Kováts Éva, Pekker Sándor (Szerkezetkutató Laboratórium)

<https://www.szfki.hu/hu/structurelab>

Topológikus hibák folyadékkristályokban (Topological defects in liquid crystals) **Buka Ágnes, Salamon Péter (Részben Rendezett Rendszerek Kutatócsoport)**

Topological defects - points, lines or walls - might appear in an orientationally ordered medium spontaneously or might be produced by controlled methods. The last includes application of fields and specially designed surfaces with solids, liquids or gases. The complex geometrical confinement of anisotropic fluids by micro and nanoscaled cavities or channels with carefully designed surface treatment on their inner side is one of the possible methods. The inverse situation is also interesting, when solid objects or colloids are imbedded into the fluid, then defects will be created at the interface. Even the free surface (air-liquid crystal interface) acts as a source of topological defects. The study of these complex orientational fields in liquid crystals provides a novel direction for developing new optical, photonics, rheological, topological and microfluidic materials.

<https://www.szfki.hu/hu/structliq>

Plazmonikus fém nanoszerkezetek felületerősített Raman-szóráshoz **Veres Miklós (Nanoszerkezetek és Alkalmazott Spektroszkópia Kutatócsoport)**

Előnyös tulajdonságaiknak köszönhetően a plazmonikus nanoszerkezetek tervezése, előállítása 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 arany vékonyréteg nagyteljesítményű impulzuszézerrel történő kezelésével, és a képződött struktúrák 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.

<https://www.szfki.hu/hu/nanostr>

Budapest, 2018. március 26.