

# MAGYAR FIZIKUS VÁNDORGYŰLÉS



Sopron  
2019. augusztus 21-24.



Eötvös Loránd (1848-1919) fizikus,  
geofizikus és a felsőoktatás  
megújítójának 100. évfordulója

Az UNESCO-val közösen emlékezve



**1EÖTVÖS**  
www.eotvos100.hu



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

Kedves Kollégák!

A hagyományokat folytatva ez év augusztusában – 21. és 24. között – kerül sor az Eötvös Loránd Fizikai Társulat háromévenként szervezett vándorgyűlésére, a magyar fizikusok és fizikatanárok legnagyobb, hazai találkozójára. Ennek helyszíne idén Sopron, a Soproni Egyetemnek a Lővegekben fekvő kampusza. Sopron nemcsak szubalpin klímájáról és látnivalóiról nevezetes, hanem iskoláiról és a fizika történetében játszott szerepéről is. A soproni líceum diákja volt Mikola Sándor, Rátz László és Vermes Miklós. A Széchenyi Gimnáziumban tanított Dér Zoltán. A soproni egyetem jogelődjének, a selmecbányai akadémiának volt a tanára Christian Doppler, Simonyi Károly pedig Sopronban építette meg első részecskegyorsítóját.

A vándorgyűlés mindegyik napján lesz néhány plenáris előadás. Ezekből, a párhuzamos szekciókban elhangzó mintegy 90 előadásból, valamint a kiállított közel 50 poszterből első kézből tájékozódhatunk az itthon és külföldön dolgozó magyar fizikusok elmúlt három évben elért kiemelkedő kutatási eredményeiről.

A magyar fizikus közösség számára különösen fontos, hogy ebben az évben emlékezünk meg Eötvös Loránd halálának 100. évfordulójáról. A vándorgyűlésen is hangsúlyosan fog megjelenni Eötvös munkásságának aktualitása. Ehhez kapcsolódóan, és kihasználva a hely közelségét, az egyik délután meglátogatjuk a nagycenki MTA Széchenyi István Geofizikai Observatóriumot.

Az ENSZ 2019-et a Periódusos rendszer évének nyilvánította. Erről is megemlékezünk egy előadással.

Köszönöm a szervezőbizottság munkáját. Nevük az egyes szekciók mellett olvasható. Nélkülük a vándorgyűlés nem jött volna létre. Ez a programfüzet pedig nem jött volna létre Szalay Szilárd segítségével.

Eredményes részvételt, hasznos beszélgetéseket, a régi együttműködések elmélyítését, új együttműködések kialakulását kívánom mindazoknak, akik elfogadták a hívást Sopronba.

Sólyom Jenő

**A vándorgyűlés előadásainak színhelye:  
Soproni Egyetem, P épület  
Sopron, Cházár András tér 1. (Erzsébet kert)**

A fogadás helyszíne:  
GyIK Rendezvényház  
Sopron, Ady Endre út 10.

## Program

**2019. augusztus 21. 14 óra:**

**Ünnepélyes megnyitás**

**Köszöntők**

**A Társulat Érmének és díjainak átadása**

**Nyitó előadások:**

**Krausz Ferenc** (MPI Garching and LMU Munich): *Attosecond Science – From Basic Research to Cancer Detection*

**Lente Gábor** (PTE): *A periódusos rendszer első 150 éve*

**2019. augusztus 21. 16 óra:**

**Emlékezés Eötvös Lorándra**

**Sólyom Jenő** (MTA Wigner FK és ELTE): *Eötvös Loránd az ember*

**Cserti József** (ELTE): *Eötvös Loránd a fizikus*

**Wesztergom Viktor** (MTA CsFK): *Eötvös Loránd a geofizikus*

**2019. augusztus 21. 18:30:**

**Fogadás**

**2019. augusztus 22. 9 óra:**

**Plenáris előadások 1.**

**Barnaföldi Gergely Gábor** (MTA Wigner FK): *A nagyenergiás magfizika jövője a CERN ALICE-kísérletben és tovább...*

**Veszprémi Viktor** (MTA Wigner FK): *A Higgs-bozon kutatása: befejezett vagy csak most kezdődik?*

**Kovács András** (Forschungszentrum Jülich): *Millárd éves anyagtudomány: mágneses meteoritok vizsgálata transzmissziós elektronmikroszkópiával*

**2019. augusztus 22. 11 óra:**

**Szekcióelőadások**

**CsDe1. Anyagtudomány I. (szervező: Vida Ádám)**

1 – **Ispánovity Péter Dusán** (ELTE): *Diszlokációlavinák statisztikus tulajdonságai*

2 – **Buza Gábor** (BZN): *Első tapasztalatok a 277 fs-os, 1064 nm-es lézérimpulzusok és szilárd anyagok kölcsönhatásáról*

3 – **Iszály Zsófia** (Debreceni Egyetem): *Felerősített és „szuperlokális” mágneses lézertérápia*

4 – **Pósa László** (BME): *Időskálák néhány nanométer nagyságú grafén-SiO<sub>x</sub>-grafén membránokban*

5 – **Gyöngyösi Szilvia** (Debreceni Egyetem): *Fémoxid vékonyrétegek és restaurátori gyakorlatban alkalmazott műgyanták áteresztésvizsgálata*

**CsDe2. Atomfizika és kvantumelektronika I. (szervező: Dombi Péter, Hopp Béla)**

1 – **Hack Szabolcs** (ELI): *Attoszekundumos fényimpulzusok előállítása Thomson-szórással*

2 – **Kálmán Orsolya** (MTA Wigner FK): *Nemlineáris kvantumos protokollok kezdeti zajra való érzékenysége*

3 – **Polónyi Gyula** (PTE): *Nagy határfokú terahertzkeltés félvezető kristályokkal*

4 – **Derzsi Aranka** (MTA Wigner FK): *Elektronfűtési módok és átmeneteik rádiófrekvenciás plazmaforrásokban*

**CsDe3. Elméleti részecskefizika (szervező: Zimborás Zoltán)**

1 – **Somogyi Gábor** (Debreceni Egyetem): *Milyen erős az erős kölcsönhatás?*

2 – **Csörgő Tamás** (MTA Wigner FK): *A tökéletes kvarkfolyadék cseppjeinek geometriája*

3 – **Nógrádi Dániel** (ELTE): *Összetett Higgs-modellek rácson*

4 – **Bajnok Zoltán** (MTA Wigner FK): *A holografikus dualitás*

**CsDe4. Magfizika (szervező: Gyürky György, Kovács Péter)**

1 – **Kiss Gábor Gyula** (MTA Atomki): *A későneutron-kibocsátás jelenségének szisztematikus vizsgálata*

2 – **Szegedi Tibor Norbert** (MTA Atomki és Debreceni Egyetem): *A robbanásos elemszintézis modellezésében használt magpotenciálok kísérleti vizsgálata*

3 – **Csedreki László** (INFN): *Az elemszintézis legfontosabb neutrontermelő folyamata: A  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$  reakció direkt mérése a LUNA-ban*

4 – **Riczu Gábor** (MTA Atomki): *Sokcsatornás dinamikai szimmetria, és alkalmazásai a  $^{28}\text{Si}$ -ben*

5 – **Kiss Miklós** (Berze Nagy János Gimnázium, Gyöngyös): *Hozam és gyakoriság*

2019. augusztus 22. 14 óra:

Szekcióelőadások

**CsDu1. Anyagtudomány II. (szervező: Pécz Béla)**

- 1 – Gali Ádám (MTA Wigner FK): *Szilárdtestbeli ponthiba-quantumbitek ab initio elmélete*
- 2 – Major Márton (TU Darmstadt, MTA Wigner FK): *Szupravezető nióbbium üregrezonátorok nitridálásának anyagtudományi aspektusai*
- 3 – Tőkési Károly (MTA Atomki): *Szilárd anyagok optikai tulajdonságainak felülvizsgálata a visszaszórt elektronok energiaveszteségi spektroszkópiái spektrumának „fordított” Monte-Carlo módszerének elemzése alapján*
- 4 – Szilágyi Edit (MTA Wigner FK): *Sugárzástűrés meghatározása ionlumineszcenciával*
- 5 – Szitás Ádám (SZTE): *Azobenzol molekuláris kapcsoló adszorpciós tulajdonságainak vizsgálata h-BN nanoháló felületén*

**CsDu2. Atomfizika és kvantumelektronika II. (szervező: Dombi Péter, Hopp Béla)**

- 1 – Rácz Péter (MTA Wigner FK): *Nanooptikai közelterek meghatározása szubnanométeres érzékenységgel*
- 2 – Földi Péter (SZTE és ELI): *A magasfelharmonikus-keltés fázisteres leírása*
- 3 – Varró Sándor (MTA Wigner FK és ELI): *Cooper-minimum nemesgázokon keltett magasrendű felharmonikusok spektrumában*
- 4 – Mezei János Zsolt (MTA Atomki): *A magasan gerjesztett Rydberg-állapotok szerepe a molekulafragmentációban. Elektron-, foton- és anionindukált ütközési folyamatok hideg ionizált közegekben.*

**CsDu3. Kísérleti részecskefizika (szervező: Zimborás Zoltán)**

- 1 – Barna Dániel (MTA Wigner FK): *Magyar részvétel a Future Circular Collider tervezésében*
- 2 – Nagy Márton (ELTE): *Femtoszkipia: kvantumstatisztikus korrelációk a nagyenergiás fizikában*
- 3 – Vértesi Róbert (MTA Wigner FK): *Nehéz kvarkok keletkezése az LHC ALICE-kísérleténél*
- 4 – Veres Gábor (ELTE): *Kozmikus sugárzás a laborban*

**CsDu4. Topologikus fázisú anyagok (szervező: Asbóth János)**

- 1 – Asbóth János (BME és MTA Wigner FK): *Topológia és Anderson-lokalizáció kapcsolata periodikusan gerjesztett rendszerekben*
- 2 – Pályi András (BME): *Topologikus tulajdonságok egyszerű kölcsönható spinrendszerekben*
- 3 – Salamon Péter (MTA Wigner FK): *Hangolható optikai örvények keltése önszerveződő topológiai defektrácsokkal nematikus folyadékkristályban*
- 4 – Rózsa Levente (U Hamburg): *Topologikus tulajdonságok vizsgálata szupravezető Re felületen elhelyezett mágneses átmenetifém-atomokban*

2019. augusztus 22. 20 óra:

Plenáris előadás 2.

**Völgyesi Lajos** (BME): *Az Eötvös-inga működése, története, alkalmazásai és átalakítása az ekvivalenciaelv újramérésére*

**2019. augusztus 23. 9 óra:**

**Plenáris előadások 3.**

**Kopasz Katalin** (SZTE Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola): *A „Fizikai mérések” című tantárgy tapasztalatai, fejlesztési kérdései*

**Geresdi Attila** (QuTech & Kavli Institute on Nanoscience, TU Delft): *Hogyan építsünk szupervezetőkből kvantumszámítógépet?*

**Harmat Péter**<sup>1</sup>, **Hülber Erik**<sup>2</sup> és **Balázs László**<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Datalist Kft., <sup>2</sup>Radosys Kft. <sup>3</sup>Óbudai Egyetem): *Bemutakozik az Ipari fizika csoport*

**2019. augusztus 23. 11 óra:**

**Szekcióelőadások**

**PéDe1. Amorf és nanoszerkezetű anyagok (szervező: Czigány Zsolt)**

1 – **Jurek Zoltán** (DESY): *Nanorészecskék intenzív femtoszekundumos röntgenimpulzusokban*

2 – **Veres Tamás** (MTA Wigner FK): *Másolódó határfelületek megfigyelése rezonáns diffúziószórással*

3 – **Jenei Péter** (ELTE): *Modern fémhabok mikroszerkezete és mechanikai tulajdonságai*

4 – **Cora Ildikó** (MTA EK): *In situ TEM és ex situ fűtési kísérletek a  $\kappa$  Ga-oxidon*

**PéDe2. Kvantumelmélet (szervező: Szalay Szilárd)**

1 – **Barankai Norbert** (ELTE): *Kvantumrendszerek aktív dekoherenciavédeleme*

2 – **Mosonyi Milán** (BME): *Rényi-divergenciák a klasszikus-quantum csatornakódolásban*

3 – **Koniorczyk Mátyás** (MTA Wigner FK): *A Bell-egyenlőtlenségek játékelméleti szerkezetéről*

4 – **Vértesi Tamás** (MTA Atomki): *Hitelesített véletlenszámok kvantummechanikai előállítására*

5 – **Tóth Géza** (UPV/EHU és MTA Wigner FK): *Összefonódottság két, egymástól térben szeparált atomi sokaság között*

**PéDe3. Sugárvédelem (szervező: Vincze Árpád)**

1 – **Vincze Árpád** (OAH): *Atomerőművi blokkok sugárvédelmi tervezési kritériumai*

2 – **Pesznyák Csilla** (BME és Országos Onkológiai Intézet): *Első európai nukleáris verseny középiskolások részére*

3 – **Elek Richárd** (Nemzeti Népegészségügyi Központ): *Az ionizáló sugárzások egyes alkalmazásai régen és ma*

4 – **Pócsa Tamás** (Országos Onkológiai Intézet): *Modern sugárterápiás technikák*

5 – **Hirn Attila** (MTA EK): *A Pille fedélzeti termolumineszcens dózismérő rendszer az űrhajósok szolgálatában*

6 – **Füri Péter** (MTA EK): *A légzőrendszer radonleányelemek bomlásából származó sugárterhelésének modellezése*

**PéDe4. Termodinamika (szervező: Ván Péter)**

1 – **Imre Attila** (BME és MTA EK): *Szuperkritikus pszeudoforrás, azaz meddig folyadék a folyadék*

2 – **Nagy Ágnes** (Debeceni Egyetem): *Fisher-információ, Rényi-dimenziók és entrópiák*

3 – **Kovács Róbert** (BME és MTA Wigner FK): *Ballisztikus transzport: elméleti és kísérleti eredmények*

4 – **Ván Péter** (MTA Wigner FK és BME): *Termogravitáció és fázismezők*

2019. augusztus 23. 14 óra:

Szekcióelőadások

**PéDu1. Atomok 2 és 3 dimenzióban (szervező: Pécz Béla, Csík Attila)**

- 1 – **Gulyás Szilvia** (Debreceni Egyetem): *Mágneses vékonyfilmek vizsgálata*
- 2 – **Soha Márton** (MTA Atomki): *n-típusú szilíciumcellák vizsgálata különböző átmeneti-fémek szabályozott ppb-szintű szennyeződéssel*
- 3 – **Vári Gábor** (SZTE): *Rh(111) felületen létrehozott hexagonális bór-nitrid nanoháló kölcsönhatása fémekkel*
- 4 – **Piszter Gábor** (MTA EK): *Lepkék pikkelyeiben előforduló fotonikus nanoszerkezetek alkalmazása optikai elvű gőzérzékelőként*
- 5 – **Hajdu Péter** (MTA Atomki): *Nehézionok kölcsönhatása orvosi implantátumok felületével: fizika és biológia*

**PéDu2. Gravitációs és más kísérletek a tanításban (szervező: Szeidemann Ákos, Ujvári Sándor)**

- 1 – **Komáromi Annamária** (Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest): *A torziós ingától az űrgravimetriáig*
- 2 – **Radnóti Katalin** (ELTE, SZTE): *Hőtani témák kutatásalapú feldolgozása az általános iskolában*
- 3 – **Szalai Tamás** (SZTE): *A 2019-es Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia (IOAA) tapasztalatai*
- 4 – **Szeidemann Ákos** (Eötvös József Gimnázium és Kollégium, Tata): *Mozgás a forgó Földön: a ciklonoktól az Eötvös-mérlegig – „vezetett túra” középiskolásoknak*

**PéDu3. Új irányok a szilárdtest-kutatásban, elmélet (szervező: Cserti József)**

- 1 – **Deák András** (BME):  *$Mn_3X$  ( $X=Sn, Ge, Ga$ ) gyenge ferromágnessége*
- 2 – **Széchenyi Gábor** (ELTE): *Topologikus Majorana-quantumbitek kiolvasása*
- 3 – **Kormányos Andor** (U Konstanz és ELTE): *Berry-görbület és spin-pálya csatolás atomi vastagságú kétdimenziós anyagokban*
- 4 – **Hagymási Imre** (LMU München): *Szimmetriavédett topologikus fázisok nemegyensúlyi viselkedése*

2019. augusztus 23. 16 óra:

Szekcióelőadások

**PéDu4. Gravitáció (szervező: Zimborás Zoltán, Ván Péter)**

- 1 – **Dálya Gergely** (ELTE): *Mit tanultunk az Univerzumról a gravitációs hullámok legújabb megfigyelési időszakában?*
- 2 – **László András** (MTA Wigner FK): *Az általános relativitáselmélet tesztelése spinpolarizált részecskenyalábokkal*
- 3 – **Gergely Árpád László** (SZTE): *Módosított gravitációelméletek és tesztelésük*
- 4 – **Tóth Gyula** (BME): *Az EPF-kísérlet megismétlésének első eredményei*

**PéDu5. Neutron-szinkrotron (szervező: Belgya Tamás)**

**1 – Mezei Ferenc** (MTA Wigner FK és ESS): *Fejlődő perspektívák a neutronnyalábok széles körű használatában*

**2 – Vankó György** (MTA Wigner FK): *Ultragyors vizsgálatok hatékony funkcionális molekulák tervezéséhez*

**3 – Almásy László** (MTA Wigner FK): *Folyadékegyek szerkezete nanométeres mérettartományban. Neutron- és röntgenszórás.*

**4 – Nagy Gergely** (MTA Wigner FK): *Tilakoidmembránok szerkezetváltozása különféle stresszorok hatására*

**PéDu6. Új irányok a szilárdtest-kutatásban, kísérlet (szervező: Simon Ferenc)**

**1 – Nemes-Incze Péter** (MTA EK): *Méhsejtrács nehézfémekből, egy lehetséges út a szobahőmérsékletű topologikus szigetelők megvalósítására*

**2 – Beke Dávid** (MTA Wigner FK): *Ponthiba-kvantumbitek előállítása és vizsgálata nanoklaszterekben*

**3 – Pekker Áron** (MTA Wigner FK): *Fotofizikai vizsgálatok ólom-halogenid-perovszkit-szénnanoszerkezet hibrid rendszereken*

**4 – Makk Péter** (BME): *Nanoáramkörök nagyfrekvenciás vizsgálata*

**2019. augusztus 23. 17:30–18:30 és 20:00-22:00:      Poszterszekció**



2019. augusztus 24. 9 óra:

Szekcióelőadások

**SzDe1. A fizikatanítás megújítása (szervező: Szeidemann Ákos, Ujvári Sándor)**

- 1 – Nádás József (Óbudai Egyetem): *Világos? – Világítástechnika alapfokon*
- 2 – Miltner Tímea (Tömörkény István Gimnázium, Szeged): *Radioaktív sugárzások orvosi alkalmazásainak tanítási lehetőségei*
- 3 – Varga János (Székesfehérvári Szakképzési Centrum Széchenyi István Műszaki Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája): *Fizikai képletek egyszerűsítése – új, (övegyszerű) összefüggések*
- 4 – Ujvári Sándor (Lánczos Kornél Gimnázium, Székesfehérvár): *Modern fizikai mérőkísérletek. Az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny mérési feladatai*

**SzDe2. Modern gépi tanulás a fizikában (szervező: Csabai István)**

- 1 – Csabai István (ELTE): *Gépi tanulás a tudományokban – a gépi tanulás tudománya*
- 2 – Orbán Gergő (MTA Wigner FK): *Mesterséges intelligencia architektúrák azonosítása agykérgi hálózatokban*
- 3 – Jakovác Antal (ELTE): *A megértés megértése – a gépi tanulás „fizikája”*

**SzDe3. Új berendezések és lehetőségek a magyar anyagtudományban (szervező: Pécz Béla)**

- 1 – Rajta István (MTA Atomki): *Világszínvonalú kutatói környezet kialakítása az MTA Atomki új Tandetron Laboratóriumában*
- 2 – Tapasztó Levente (MTA EK): *Alacsony hőmérsékletű pásztázó alagútmikroszkópia és spektroszkópia alkalmazása a kétdimenziós anyagok kutatásában*
- 3 – Veres Miklós (MTA Wigner FK): *Spontán és koherens Raman-spektroszkópia*
- 4 – Pécz Béla (MTA EK): *Gömbihiba-korrigált TEM – a magyar anyagtudomány open laboratóriuma*

2019. augusztus 24. 11 óra:

Plenáris előadások 4.

Csonka Szabolcs (BME): *Rashba effect in nanostructures*

Zimborás Zoltán (MTA Wigner FK): *A kvantumösszefonódás modern aspektusai*

Domokos Péter (MTA Wigner FK): *Hideg atomok és fotonok: kvantummemória*

Fáth Gábor (Morgan Stanley): *Fizikusok a Wall Streeten*

**P1 – Andrásik Attila<sup>1</sup>, Flender Roland<sup>1,2</sup>, Budai Judit<sup>1</sup>, Szörényi Tamás<sup>1</sup>, Hopp Béla<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>SZTE, <sup>2</sup>ELI): *Optikai üvegek 34 femtoszekundumos lézerimpulzusok által keltett egyfóvées ablációjának és a tranziens reflexió változásának vizsgálata*

**P2 – Ábrók Levente<sup>1,2</sup>, Buhr Ticia<sup>3</sup>, Nagy Dávid<sup>1,2</sup>, Márton István<sup>1</sup>, Kövér Ákos<sup>1</sup>, Burkhard Beckhoff<sup>4</sup>, Ricz Sándor<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>MTA Atomki, <sup>2</sup>DE, <sup>3</sup>JLU Giessen, <sup>4</sup>PTB): *Fotoelektron-szögeloszlások dipólközelítésen túli vizsgálata*

**P3 – Budai László<sup>1</sup>, Márton Zsuzsanna<sup>2,3</sup>, Dombi Péter<sup>3,4</sup>, Tőkési Károly<sup>1\*</sup>** (<sup>1</sup>MTA Atomki, <sup>2</sup>PTE, <sup>3</sup>ELI, <sup>4</sup>MTA Wigner FK): *Ezüst-nanorészecskék lézerbesugárzása után kibocsátott fotoelektronok vizsgálata*

**P4 – Demes Sándor, Huszánk Róbert, Kovács Sándor, Herczku Péter, Szikszai Zita, Furu Enikő, Juhász Zoltán, Sulik Béla** (MTA Atomki): *Elsődleges ütközési folyamatok molekulákban, valamint másodlagos kémiai hatások polimerekben ionbombázás hatására*

**P5 – Derzsi Aranka<sup>1</sup>, Bastien Bruneau<sup>2</sup>, Andrew Gibson<sup>2</sup>, Jean-Paul Booth<sup>2</sup>, Donkó Zoltán<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>MTA Wigner FK, <sup>2</sup>EP-CNRS-UP-S-UPMC): *Elektronegatív gázkisülések részecskealapú modellezése*

**P6 – Homik Zolt, Gilicze Barnabás, Szatmári Sándor** (SZTE): *Nagy intenzitású, nagy kontrasztú UV lézerrendszer*

**P7 – Buzády Andrea<sup>1</sup>, Gálos Réka<sup>1</sup>, Tong Lin<sup>2</sup>, Xiaojun Wu<sup>2</sup>, Tóth György<sup>1</sup>, Makkai Géza<sup>1</sup>, Kovács László<sup>3</sup>, Hebling János<sup>1</sup>, Pálfalvi László<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>PTE, <sup>2</sup>Beihang University, Beijing, China, <sup>3</sup>MTA Wigner FK): *Mg-mal adalékolt kongruens és sztöchiometrikus LiNbO<sub>3</sub> kristály dielektromos jellemzőinek hőmérsékletfüggése a THz-es frekvenciatartományon*

**P8 – Gyöngy András<sup>1</sup>, Tibai Zoltán<sup>1</sup>, Asuthos Sharma<sup>2</sup>, Hebling János<sup>1</sup>, Tóth György<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>PTE, <sup>2</sup>ELI): *Egyciklusú CEP-stabil attoszekundumos impulzusok keltése THz-es impulzusok Thomson-szórásával*

**P9 – Hartmann Péter<sup>1,2</sup>, Jorge C. Reyes<sup>2</sup>, Truell W. Hyde<sup>2</sup>, Juhász Zoltán<sup>3</sup>** (<sup>1</sup>MTA Wigner FK, <sup>2</sup>Baylor University, USA, <sup>3</sup>Pannon Egyetem): *Ionizációs hullámok a PK-4 mikrogravitációs porosplazma-kísérletben*

**P10 – Bali Krisztián<sup>1,2</sup>, Kovács Zsolt<sup>1,2</sup>, X. Ropagnol<sup>3,4</sup>, Gilicze B.<sup>1</sup>, M. Zhuldybina<sup>4</sup>, F. Blanchard<sup>4</sup>, C. M. Garcia Rosas<sup>3</sup>, Szatmári S.<sup>1</sup>, Földes I. B.<sup>1,2</sup>, Ozaki T.<sup>3</sup>** (<sup>1</sup>SZTE, <sup>2</sup>MTA Wigner FK, <sup>3</sup>INRS-EMT, <sup>4</sup>ÉTS): *Intenzív szubterahertzes sugárzások keltése speciális UV lézerekkel*

**P11 – Magashegyi István<sup>1</sup>, Földi Péter<sup>1,2</sup>** (<sup>1</sup>SZTE, <sup>2</sup>ELI): *Charges displaced by short laser pulses in solids*

**P12 – Márton István<sup>1</sup>, Nagy Dávid<sup>1,2</sup>, Ábrók Levente<sup>1,2</sup>, Gulyás László<sup>1</sup>, Kovács T. S. Sándor<sup>1</sup>, Herczku Péter<sup>1</sup>, Kövér Ákos<sup>1</sup>, Ricz Sándor<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>MTA Atomki, <sup>2</sup>DE): *Vákuum ultraibolya fotonok által tetrahidrofuránról keltett fotoelektronok energia- és szögeloszlása*

**P13 – Fenyvesi Edit<sup>1</sup>, Molnár József<sup>2</sup>, Czellár Sándor<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>MTA Wigner FK, <sup>2</sup>MTA Atomki): *Investigation of infrasound noise background at Mátra Gravitational and Geophysical Laboratory (MGGL)*

**P14 – Racskó Bence, Gergely Árpád László** (SZTE): *Null rétegek kinetic gravity braiding skalár-tenzor elméletekben*

**P15 – Kruzsicz Bernadett<sup>1</sup>, Timár J.<sup>1</sup>, Q. B. Chen<sup>2</sup>, Sohler D.<sup>1</sup>, Kuti I.<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>Debreceni

Egyetem, <sup>2</sup>Beijing University): *Kísérleti bizonyíték a <sup>105</sup>Pd-atommag imbolygó mozgására*

**P16 – Rozgonyi Tamás<sup>1</sup>, Pápai M.<sup>2</sup>, K. B. Møller<sup>2</sup>, T. Penfold<sup>3</sup>, Papp M.<sup>1</sup>, Keszthelyi T.<sup>1</sup>, Vankó Gy.<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>MTA Wigner FK, <sup>2</sup>DTU, <sup>3</sup>Newcastle University): *Funkcionális Fe(II)-komplexek vizsgálata kvantumkémiai és kvantumdinamikai számításokkal*

**P17 – Farkas Zsuzsanna** (SZTE): *A fénytan története – Bárány Eötvös Loránd előadása az 1888/89-es tanév második félévében*

**P18 – Inczeffly Szabolcs** (Ócsai Bolyai János Gimnázium): *Lissajous-görbék síkban és térben*

**P19 – Borbélyné Bacsó Viktória<sup>1</sup>, Nándori István<sup>1,2</sup>, Marián István Gábor<sup>1</sup>, Nicolo Defenu<sup>3</sup>, Andrea Trombettoni<sup>4,5</sup>** (<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, <sup>2</sup>MTA Atomki, <sup>3</sup>Universität Heidelberg, Germany, <sup>4</sup>CNR-IOM DEMOCRITOS Simulation Center, Trieste, Italy, <sup>5</sup>SISSA and INFN, Trieste, Italy): *A sine-Gordon-modell elliptikus deformációja*

**P20 – Márián István Gábor<sup>1</sup>, Nicolo Defenu<sup>2</sup>, Ulrich Jentschura<sup>3</sup>, Andrea Trombettoni<sup>4</sup>, Nándori István<sup>1,5</sup>** (<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, <sup>2</sup>Universität Heidelberg, <sup>3</sup>Missouri S&T University, <sup>4</sup>SISSA, <sup>5</sup>MTA Atomki): *Skálafüggés a kozmológiában*

**P21 – Zsigmond Anna Júlia** (MPI): *A neutrínó természetének kutatása a GERDA-kísérlettel*

**P22 – Bácsi Ádám** (SZIE): *Unsteady heat transfer in the presence of process inversion symmetry*

**P23 – Jakab Dávid<sup>1,2</sup>, Szirmai Gergely<sup>2</sup>, Zimborás Zoltán<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>PTE, <sup>2</sup>MTA Wigner FK): *Bipartit-szimmetria sértése SU(3) spinrendszerben*

**P24 – Solymos Adrián<sup>1</sup>, Jakab Dávid<sup>2,3</sup>, Zimborás Zoltán<sup>3</sup>** (<sup>1</sup>ELTE, <sup>2</sup>PTE, <sup>3</sup>MTA Wigner FK): *Általánosított Werner-állapotok megoszthatósága*

**P25 – Legeza Örs<sup>1</sup>, Christian Krumnow<sup>2</sup>, Libor Veis<sup>3</sup>, Jens Eisert<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>MTA Wigner FK, <sup>2</sup>FU-Berlin, <sup>3</sup>CAS-JHIPC): *Attosecond electron dynamics via tensor network state methods in strongly correlated systems*

**P26 – Máté Mihály, Szalay Szilárd, Legeza Örs** (MTA Wigner FK): *Többrészrendszer-összefonódás vizsgálata spinláncokon mátrixszorzat-állapotos módszer alkalmazásával*

**P27 – Szalay Szilárd** (MTA Wigner FK): *Az összefonódási szélesség és az összefonódási mélység dualitása*

**P28 – Boross Péter<sup>1</sup>, Asbóth János<sup>1,2</sup>, Széchenyi Gábor<sup>3</sup>, Oroszlány László<sup>2,3</sup>, Pályi András<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>MTA Wigner FK, <sup>2</sup>BME, <sup>3</sup>ELTE): *Egy egyszerű topologikus kvantumkapu a Su-Schrieffer-Heeger-modell alapján*

**P29 – Hetényi Balázs<sup>1</sup>, Mohammad Yahyavi<sup>2</sup>, Luqman Saleem<sup>2</sup>, Dóra Balázs<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>BME, <sup>2</sup>Bilkent University, Ankara, Turkey): *Topologikus átmenetek értelmezése a polarizációamplitúdó segítségével*

**P30 – Frank György** (BME): *Topologically protected degeneracies in simple spin systems*

**P31 – Tőkési Károly<sup>1</sup>, H. Bentarki<sup>2</sup>, A. Makhoute<sup>2,3</sup>** (<sup>1</sup>MTA Atomki, <sup>2</sup>Moulay Ismail University, <sup>3</sup>Université Libre de Bruxelles): *Akusztikus-optikai csatolás Sapphire phoXonic üregekben*

**P32 – Csősz Gábor, Szolnoki Lénárd, Simon Ferenc** (BME): *A spinrelaxáció jelensége*

*gének vizsgálata numerikus módszerekkel*

**P33 – Kucska Nóra, Gulácsi Zsolt** (Debreceni Egyetem): *Korrelált vezető felületek spin-pálya kölcsönhatás és külső terek jelenlétében*

**P34 – Okvátovity Zoltán, Simon Ferenc, Dóra Balázs** (BME): *Mágneses rezonancia Weyl-félfémekben*

**P35 – Thiering Gergő<sup>1</sup>, Gali Ádám<sup>1,2</sup>** (<sup>1</sup>Wigner RCP, <sup>2</sup>BUTE): *Ab initio magneto-optical spectrum of Group-IV – Vacancy colour centres in diamond*

**P36 – Udvarhelyi Péter<sup>1,2</sup>, Nagy R.<sup>3</sup>, Kaiser F.<sup>3</sup>, S.-Y. Lee<sup>4</sup>, J. Wrachtrup<sup>3</sup>, Gali Á.<sup>2,5</sup>** (<sup>1</sup>ELTE, <sup>2</sup>Wigner RCP, <sup>3</sup>University of Stuttgart and IQST, <sup>4</sup>KIST, Seoul, Republic of Korea, <sup>5</sup>BUTE): *Spectrally stable defect qubits with no inversion symmetry for robust spin-to-photon interface*

**P37 – Gresits Iván<sup>1,2</sup>, Thuróczy Gy.<sup>1</sup> Sági O.<sup>2</sup>, Homolya I.<sup>2</sup>, Bagaméry G.<sup>3</sup>, Gajári D.<sup>3</sup>, Babos M.<sup>3</sup>, Major P.<sup>3</sup>, Márkus B. G.<sup>3</sup>, Simon F.<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>Nemzeti Népegészségügyi Központ, <sup>2</sup>BME, <sup>3</sup>Mediso Kft.): *Mágneses nanorészecskéken alapuló rákterápia módszertanának vizsgálata és fejlesztése*

**P38 – Kollarics Sándor<sup>1</sup>, Bojtor A.<sup>1</sup>, Holczer K.<sup>2</sup>, Gali Á.<sup>1,3</sup>, Beke D.<sup>3</sup>, Klujber G.<sup>1</sup>, Szieberth M.<sup>1</sup>, and Simon F.<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>BME, <sup>2</sup>UCLA, <sup>3</sup>MTA Wigner FK): *Nitrogén-vakancia centrumok vizsgálata elektronspin-rezonancia és fotolumineszcens spektroszkópiai módszerekkel*

**P39 – Márkus Bence Gábor<sup>1</sup>, Gmitra M.<sup>2</sup>, Dóra B.<sup>1</sup>, Csősz G.<sup>1</sup>, Fehér T.<sup>1</sup>, Jánosy A.<sup>1</sup>, Szirmai P.<sup>3</sup>, Náfrádi B.<sup>3</sup>, Forró L.<sup>3</sup>, Zólyomi V.<sup>4</sup>, Fabian J.<sup>2</sup>, and Simon F.<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>BME, <sup>2</sup>University of Regensburg, <sup>3</sup>FBS EPFL, <sup>4</sup>University of Manchester): *Óriás spin-relaxációs anizotrópia és anomális hőmérsékletfüggés grafitban*

**P40 – Bodnár Eszter, Soha Márton, Fodor Tamás, Vad Kálmán, Hakl József, Takáts Viktor** (MTA Atomki): *Szemcsehatár-diffúzió vizsgálata LEIS-szel*

**P41 – Sajti Szilárd<sup>1</sup>, Bottyán László<sup>1</sup>, Jean-Francois Moulin<sup>2</sup>, Amitesh Paul<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>MTA Wigner FK, <sup>2</sup>TU-München): *Szemcsehatármenti öndiffúzió <sup>56</sup>Fe/<sup>57</sup>Fe multirétegekben neutron-reflektometriával*

**P42 – Buga Csaba<sup>1</sup>, Hunyadi Mátyás<sup>1</sup>, Gácsi Zoltán<sup>1</sup>, Hegedűs Csaba<sup>2</sup>, Shinn-Jyh Ding<sup>3</sup>, Csík Attila<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>MTA Atomki, <sup>2</sup>Debreceni Egyetem, <sup>3</sup>Chung Shan Orvosi Egyetem, Taichung City, Tajvan): *Elektrosztatikus szórással létrehozott kalcium-szilikát réteg titán felületen*

**P43 – Jáger Gabriella** (Debreceni Egyetem): *Fázisszeperálódás atomisztikus modellezése*

**P44 – Juhász Laura<sup>1</sup>, Párditka Bence<sup>1</sup>, Petrik Péter<sup>2</sup>, Erdélyi Zoltán<sup>1</sup>, Cserháti Csaba<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, <sup>2</sup>MTA EK): *Porózus arany-nanorészecskék optikai tulajdonságainak kevert fém-oxid rétegekkel történő hangolása*

**P45 – Kovács Réka Lilla, Gyöngyösi Szilvia, Langer Gábor, Erdélyi Zoltán** (Debreceni Egyetem): *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vékonyréteg mechanikai stabilitásának hatása az áteresztési tulajdonságokra*

**P46 – Maloveczky Anna<sup>1</sup>, Buza Gábor<sup>1</sup>, Szabó Dávid<sup>1</sup>, Berczeli Miklós<sup>3</sup>, Ugi Dávid<sup>2</sup>, Vida Ádám<sup>1</sup>, Török Mátyás<sup>1</sup>, Szabó Ábel<sup>2</sup>, Maksa Zsolt<sup>2</sup>, Hajdú Ferenc<sup>1</sup>, Bak Richárd<sup>1</sup>, Musza Alexandra<sup>1</sup>** (<sup>1</sup>BZN, <sup>2</sup>ELTE, <sup>3</sup>Neumann János Egyetem): *Kísérleti eredmények femtoszekundumos lézerrel*

**P47 – László Z. Tóth, Lajos Daróczi and Dezső L. Beke** (University of Debrecen):

*Effect of the partial heating/cooling cycles on the asymmetry of the forward and reverse martensitic transformation of single crystalline Ni<sub>2</sub>MnGa alloy*

**P48 – Ugi Dávid, Ispánovity Péter Dusán (ELTE): Mikrodeformáció vizsgálata in situ mikroszlop kísérletekkel**

**P49 – Cserhádi Csaba<sup>1</sup>, Vecsei Gergő<sup>1</sup>, Csík Attila<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, <sup>2</sup>MTA Atomki): Al-Zn kétalkotós ötvözet fázisdiagramjának vizsgálata**

## Tiszteletbeli tagi székfoglaló

### *Attosecond Science – From Basic Research to Cancer Detection*

#### **Krausz Ferenc**

Max Planck Institute of Quantum Optics, Garching, Germany and Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany

Born around the turn of the new millennium, attosecond metrology has provided real-time insight into atomic-scale electron motion and light field oscillation, previously inaccessible to human observation. Until recently, this capability has relied on attosecond extreme ultraviolet pulses, generated and measured in complex vacuum systems. Next-generation attosecond metrology is now about to change this state of matters profoundly. Sub-femtosecond current injection into wide-gap materials can directly probe ultrafast electron phenomena in condensed matter systems and can also be used for sampling the electric field of light up to ultraviolet frequencies. Petahertz field sampling draws on a robust solid-state circuitry and routine few-cycle laser technology, opening the door for complete characterization of electromagnetic fields all the way from the far infrared to the vacuum ultraviolet. These fields, with accurately measured temporal evolution, serve as a unique probe for the polarization response of matter. Field-resolved spectroscopy will access valence electronic as well as nuclear motion in all forms of matter and constitutes a generalization of pump-probe approaches. Its implementation with a solid-state instrumentation opens the door for real-world applications, such as early cancer detection by measuring minuscule changes of the molecular composition of blood via field-resolved vibrational molecular fingerprinting.

## 2019, a periódusos rendszer nemzetközi éve (IYPT2019)

### *A periódusos rendszer első 150 éve*

#### Lente Gábor

Pécsi Tudományegyetem, Általános és Fizikai Kémiai Tanszék

Az Egyesült Nemzetek Szervezetének döntése szerint 2019 a Kémiai Elemek Periódusos Rendszerének Nemzetközi Éve lett. A világszervezet így méltó módon emlékezik meg arról, hogy Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1834–1907) orosz kémikus 1869-ben tette közzé először az általa kidolgozott periódusos rendszert [1-3]. A táblázat azóta a kémiatanulmányok általános érvényű alapjává vált, egyfajta térképpé, amely utat mutat kezdő tanulónak és tapasztalt professzornak egyaránt. Az előadás a periódusos rendszer megszületésének és tudományos elfogadásának történetét eleveníti fel a tudományos igényű és népszerű tudománytörténeti szakirodalom alapján [4-6].

Az előadás szerzőjének meggyőződése, hogy a periódusos rendszer megalkotása a 19. század közepén nem tudományos forradalom volt, hanem egy hosszú, sok fő- és mellékvágányon futó, de mégsem teljesen tudatos tudományos folyamat szükségszerű eredménye, amelyet aztán még évtizedekig módosítani és javítani kellett. Leopold Gmelin (1788–1853) heidelbergi kémiaprofesszor már 1843-ban írt könyvében a periódusos rendszerre emlékeztető táblázatban foglalta össze az ismert elemeket elsősorban a kémiai tulajdonságok korábban mások által is részben feltárt hasonlóságát követve. Eric Scerri, a periódusos rendszerrel foglalkozó tudománytörténész a periódusos rendszer nem kevesebb, mint hat felfedezőjét tartja nyilván [5]: Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois (1820–1886), John Alexander Reina Newlands (1837–1898), William Odling (1829–1921), Julius Lothar Meyer (1830–1895), Gustavus Detlef Hinrichs (1836–1923) és a munkát kiteljesítő Mengyelejev, aki végül is Lothar Meyerrel megosztva kapta meg ezért a munkáért 1882-ben az angol Királyi Társaság Davy-érmét. Az a tény, hogy a periódusos rendszer valóban az elemek természetes rendszere, csak 1913-ban vált nyilvánvalóvá két fizikus munkája révén: Henry Moseley (1887–1915) a rendszámot röntgenfluoreszcencia-kísérletek alapján fedezte fel [7], illetve az Niels Bohr (1885–1962) ekkor írta le először sikeresen az atomok elektronszerkezetét [8], s ezzel értelmezte az elemek kémiai tulajdonságaiban tapasztalható periodikusságot.

[1] Mengyelejev, D. I., *Zsurnal Russzkoje Fiziko-Khimicseszkoje Obscsesztvo* **1**, 60 (1869).

[2] Mengyelejev, D. I., *J. prakt. Chem.* **106**, 251 (1869).

[3] Mengyelejev, D. I., *Zeit. Chem.* **5**, 405 (1869).

[4] Lacza, T., *Bűvös táblázat. A kémiai elemek kultúrtörténete*, Liliium Aurum: Dunaszerdahely (2006).

[5] Scerri, E., *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*, Oxford University Press (2006).

[6] Lente, G., *Debreceni Szemle* **27**, 60 (2019).

[7] Moseley H. G., *J. Philos. Mag. Ser. 6* **26**, 1024 (1913).

[8] Bohr N. H. D., *Nature* **92**, 231 (1913).

## Emlékezés Eötvös Lorándra

### *Eötvös Loránd az ember*

#### **Sólyom Jenő**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Eötvös Loránd halálának 100. évfordulója alkalmából az UNESCO támogatásával az egész világon megemlékeznek a klasszikus fizika egyik fejedelméről. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat vándorgyűlésén egy háromrészes sorozattal tiszteleg névadója előtt. Az előadásokban igyekszünk válaszolni arra kérdésre, hogy mit hagyott ránk Eötvös Loránd, aki fiatalabb korában még lovon járt be az ő elképzelései szerint tervezett fizikai intézetbe, később rektori, akadémiai elnöki, sőt rövid ideig miniszteri pozíciót is betöltött, és egyben tisztelgünk Eötvös Loránd nagysága előtt.

Az első előadás Eötvös Loránd életpályáját mutatja be, különös hangsúllyal annak kezdeti szakaszát.

### *Eötvös Loránd a fizikus*

#### **Cserti József**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A kiemelkedő fizikus, geofizikus, tanár és közéleti ember egyik legfontosabb hozzájárulása a fizikához az általa tervezett speciális inga, a ma már nemzetközileg is ismert Eötvös-inga. A hírnév annak köszönhető, hogy egyrészt az ingával nagy pontossággal lehet kimérni a Föld nehézségi erőterének a helyi változásait, és így a XX. század első felében az inga gyakorlati alkalmazása gazdasági szempontból is felbecsülhetetlen értékűvé vált. Másrészt Eötvös és társai a korábbi mérésekhez képest több nagyságrenddel pontosabban mutatták ki az ingakísérletekkel a súlyos és tehetetlen tömeg azonosságát, amiből az Einstein által kidolgozott általános relativitáselmélet alapköve, az ekvivalencia-elv következik. Az előadásban bemutatjuk ezeknek a kutatásoknak a fizikai hátterét. De röviden szólunk Eötvös két másik nemzetközi irodalomban is jegyzet kutatásáról, a felületi feszültségre vonatkozó Eötvös-törvényről és a Föld forgása miatt fellépő Eötvös-effektusról is.

### *Eötvös Loránd a geofizikus*

#### **Wesztergom Viktor**

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Intézet, Sopron

A Föld fizikai alakja, belső szerkezete, folyamatai, erőterei, légköri jelenségei, plazmakörnyezete neves természettudósok egész sorában ébresztett olyan gondolatokat, amik bolygónk „megértésén” túlmenően a fizika fejlődését is alapvetően meghatározták. William Gilbert 1600-ban a *De Magnete* című könyvében nem kevesebbet állított, mint hogy a Föld egy nagy mágnes. 76 évvel később megszületett Newton Principiája a tömegvonzás elméletével, majd nagy időléptékben Gauss következett a geomágneses tér elemzésével, az extraterresztrikus hatások leválasztásával.

A mai értelemben vett geofizika, legalábbis annak a földtani kutatással foglalkozó része Eötvös Loránd terepi ingakísérleteivel jött létre. A Ság-hegyen, majd a Balaton jegén, végül az egebli antiklinális szerkezeten végzett Eötvös-inga mérésekből meghatározott laterális tömegeloszlást alapvető földtani modellekhez sikerül kapcsolni, ezzel az inga lényegében a felszín alatti térség műszeres kutatásának első számú eszköze lett, s maradt is mintegy 50 éven keresztül.

Az előadás rövid áttekintést ad a bolygó megismerésének történetéről, az első geofizikai kutatómódszer kidolgozásáról és Eötvös munkásságának mai aktualitásáról.



## Plenáris előadások

### 1.1. *A nagyenergiás magfizika jövője a CERN ALICE-kísérletben és tovább...*

**Barnaföldi Gergely Gábor**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A CERN Nagy Hadronütköztető (LHC) nagyberendezésének dedikált nagyenergiás magfizikai kísérlete az ALICE-kísérlet. Az ALICE ultrarelativisztikus nehézion-ütközésekben vizsgálja a korai Univerzum őszanyagának, a kvark-gluon plazmának a tulajdonságait. A Magyar ALICE-Csoport ennek a kutatásnak aktív résztvevője. Mind elméleti, mind pedig kísérleti oldalról részt veszünk a kutatásokban. Előadásomban bemutatom az ALICE-kísérlet legújabb eredményeit, a magyar csoport hozzájárulását és LHC fejlesztését követő Run3 adatfelvételi időszak új kutatási irányait és kísérleti lehetőségeit.

### 1.2. *A Higgs-bozon kutatása: befejezett vagy csak most kezdődik?*

**Veszprémi Viktor**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A Higgs-bozon 2012-es felfedezésével a részecskefizika standard modelljének utolsó, hiányzó eleme is látszólag a helyére került. Azonban, az elmélet számos, a szakemberek által ismert problémára nem ad magyarázatot. Léteznie kell tehát egy kibővített elméletnek, amely a kihívás nagyságából ítélve egy merőben új jelenség felfedezésével kecsegteti a pozitívan gondolkodót. A Higgs-bozont kutató kísérletek, megbizonyosodván arról, hogy az eddig bevált elméleti számítási módszerek jól lefedik az eddig elvégezhető, inkább felfedező jellegű méréseket, figyelmüket a bozon részletes tulajdonságainak pontosabb vizsgálata felé fordították. Számos új eredmény lát napvilágot a bozon különböző keletkezési és bomlási folyamatainak valószínűségeiről, a fermionokhoz történő csatolási erősségeiről. Tanulmány tárgyát képezik a Higgs-bozon lehetséges anomáliás csatolásai vektorbozonokhoz, illetve párkeltésük valamely ismeretlen részecske bomlástermékeiként. Ezeknek az erőfeszítéseknek az eredményéből a mérőberendezések továbbfejlesztéseinek iránya is adódik. Az előadásomban röviden bevezetem a bozon felfedezésének történetét, áttekintést nyújtok a precíziós mérések eredményeiről, majd röviden részletezem a mérőeszközök felújításának ütemtervét, illetve az ezektől várható további kutatások irányát.

### 1.3. *Millárd éves anyagtudomány: mágneses meteoritok vizsgálata transzmissziós elektronmikroszkópiával*

**Kovács András**

Forschungszentrum Jülich, Németország

Bolygónkat nagy mennyiségű külső anyag éri el a világűrben minden pillanatban. Ezek döntő többsége az atmoszférában a sűrűlódás következtében elég. A felszínre érő meteoritok azonban lehetőséget biztosítanak olyan folyamatok vizsgálatára, amelyek évmilliárdokkal ezelőtt vagy évmilliárdok alatt történtek. Az előadásban egy általános kondrit kőmeteorit és egy nagy nikkeltartalmú vasmeteorit szerkezeti és mágneses tulajdonságait mutatjuk be, amelyeket pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) technikákkal vizsgáltunk. A mágneses állapotokat a hőmérséklet függvényében elektronholográfiával vizsgáltuk. Az első meteorit a Naprendszer keletkezése során jelen levő állapotokról tanúskodhat, míg utóbbi az évmilliárdok alatt kialakuló termodinamikai egyensúly következtében egy olyan mágneses fázist hoz létre, amely hasznos lehet mágneses anyagokat használó energiatakarékos technológiáknál.

## 2.1. *Az Eötvös-inga működése, története, alkalmazásai és átalakítása az ekvivalenciaelv újramérésére*

**Völgyesi Lajos<sup>1</sup>, Szondy György<sup>2</sup>, Ván Péter<sup>3</sup>, Tóth Gyula<sup>4</sup>, Barnaföldi Gábor<sup>3</sup>, Deák László<sup>3</sup>, Égető Csaba<sup>4</sup>, Fenyvesi Edit<sup>3</sup>, Harangozó Péter<sup>4</sup>, Gróf Gyula<sup>4</sup>, Kiss Bálint<sup>4</sup>, Lévai Péter<sup>3</sup>, Péter Gábor<sup>4</sup>, Somlai László<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Általános és Felsőgeodéziai Tanszék

<sup>2</sup>Egyesület a Tudomány és Technológia Egységéért, Budapest

<sup>3</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>4</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Korábban a méréseket ásványi nyersanyagok kutatása céljából végezték, ma egészen más, geodéziai és fizikai célokra használjuk az Eötvös-ingát. Mostanában újra elővettük a még működőképes régi zseniális műszereket, és a mai legmodernebb technikai, mechatronikai és számítástechnikai lehetőségeket felhasználva továbbfejlesztettük őket. Egy átalakított Eötvös–Pekár-ingával idén májusban megkezdjük az általános relativitáselmélet fontos alappilléreinek tekinthető híres Eötvös-féle ekvivalenciakísérlet újramérését. A témának egyik fontos aktualitása az Eötvös Loránd halála 100. évfordulójának tiszteletére 2019-ban tartott Eötvös-év.

A helyszínen megtekinthető egy felújított, működőképes AutERBal-inga is.

### 3.1. A „Fizikai mérések” című tantárgy tapasztalatai, fejlesztési kérdései

#### Kopasz Katalin

Szegedi Tudományegyetem Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola

Az SZTE Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola műszaki informatika orientációjú csoportja számára két éve bevezettünk egy kísérleti tárgyat Fizikai mérések címmel. Ennek a tárgynak a keretében a diákok főként tanulói mérőkísérleteket végeznek, minden esetben valamilyen számítógépes/elektronikai eszközt is használva. Az órák többségében egyéni vagy páros mérési gyakorlatok zajlanak, melynek eredményeiről elektronikusan készített jegyzőkönyvet kell készíteni. Az integráló tantárgy keretei között szükség van fizikai, mérés technikai és informatikai ismeretekre is. Az ismeretek gyakorlati alkalmazása, a megszerzett tudás új környezetben való felhasználása mellett a tanóra nem titkolt célja az is, hogy felkészítse a diákokat az egyetemi laborgyakorlatokra. Előadásomban az elmúlt két tanév tapasztalatairól, a fejlesztés további lehetőségeiről fogok beszélni.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

### 3.2. Hogyan építsünk szupravezetőkből kvantumszámítógépet?

#### Geresdi Attila

QuTech & Kavli Institute on Nanoscience, Delft University of Technology

A kvantumtechnológia a kvantummechanikában rejlő lehetőségeket hivatott kihasználni más-hogy nem megoldható problémák megoldására. Ilyenek például a feltörhetetlen titkosítás, a nagy molekulák szimulációja és tervezése, vagy a nagy léptékű optimalizációs problémák. Együtt kell azonban élnünk a rendkívül törekeny kvantumállapotok hátrányos tulajdonságaival is, mint amilyen a koherencia megszűnése véges (általában nagyon rövid) idő alatt.

A még kiaknázatlan technikai lehetőségek és a megoldásra váró problémák miatt a kvantumszámítógépek napjaink egy népszerű kutatási területét jelentik, és ezen belül is az egyik legfontosabb kérdés a kvantumbit, a klasszikus bit kvantumozott megfelelőjének megtervezése.

Az előadásom célja, hogy megismertessem a közönséget a témakör legfrissebb kutatási eredményeivel, különös tekintettel a szupravezetést kihasználó kvantumbitekre. Ezek a rendszerek a 20 évvel ezelőtti első mérések óta gyors fejlődésen mentek keresztül, és mostanra az egyik leginkább kiforrott kvantumszámítógépes architektúrát adják. Ezzel együtt számos kérdés vár megválaszolásra mind a gyakorlati alkalmazás, mind az alapkutatások területén. Előadásomban ezekről fogok átfogó képet adni.

### 3.3. *Bemutatkozik az Ipari fizika csoport*

**Harmat Péter<sup>1</sup>, Hülber Erik<sup>2</sup> és Balázs László<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Datalist Mérőrendszerek Kft. és ANTE Innovatív Technológiák Kft.

<sup>2</sup>Radosys Kft.

<sup>3</sup>Óbudai Egyetem és Research Link Consulting Kft.

Bemutatjuk egy éve megalakult csoportunk céljait és törekvéseit, valamint, hogy kiket hívunk tagjaink közé. Majd tevékenységi példaként, az ipari fizika jellegzetes nézőpontját bemutatva egyik tagunk egy tudományos vizsgálati módszer ipari alkalmazását mutatja be, másik tagunk egy tanulságos technológia-történeti érdekességet ismertet. Emellett a Vándorgyűlés plenáris záróelőadását (Fáth Gábor: Fizikusok a Wall Streeten) is egy tagunk tartja.

Hülber Erik témája a nukleáris nyomdetektorok a dozimetria tömegtermelésében és az alkalmazott kutatásokban. Bár régiesnek tűnhetnek, mégis a nukleáris nyomdetektorok azok, amik közel negyven éve őrzik alkalmazási pozíciójukat többféle dozimetriai területeken. Éppen a passzív működési elvvel járó megbízhatóság és az alacsony detektálási határ párosul a kedvező árfekvéssel, és ez vonzóvá teszi a nagy darabszámú dozimetriai mérés technikák számára, mint például épületek radonfelmérésére vagy személyi neutrondozimetriára.

Balázs László Edison munkásságának és a Stefan–Boltzmann-törvény felismerésének kapcsolatáról ad elő. Edison 1879-es első izzólámpa-szabadalmában már ráérezett a hőmérsékletszabályozás fontosságára, de még nem ismerhette a feketetest-sugárzás összefüggéseit, hiszen Stefan csak ugyanebben az évben publikálta a sugárzási teljesítmény hőmérsékletfüggését. A „nyers erő” elvén alapuló kísérletei Edison-nak ugyan elegendőek voltak az első, gyakorlatban használható izzólámpa kifejlesztéséhez, de a fényforrásiipar felvirágzása elképzelhetetlen lett volna a későbbi szisztematikus alap kutatás nélkül.

#### 4.1. *Rashba effect in nanostructures*

**Csonka Szabolcs, Kovács-Krausz Zoltán, Kocsis Mályás, Szentpéteri Bálint, Makk Péter**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Spin and momentum of an electron are independent quantum degrees of freedom. However, when an electron propagates in electric field coupling between spin and motion is induced. This so-called spin-orbit coupling is a key resource for spintronic or quantum electronic setups. Recently a new family of crystals were designed and realized (BiTeX X=I, Br), where a heavy element (Bi) is placed in a polar crystal structure, which results a giant Rashba type spin-orbit interaction.

In this contribution we present experimental examples, to what kind of peculiar electron transport features the giant Rashba spin-orbit interaction leads in BiTeBr based nanostructures: i) BiTeBr shows a non-reciprocal current-voltage characteristic in finite magnetic field i.e. by changing the sign of the voltage the size of the current also changes. Applying ionic gating technique the strength of this non-reciprocal response varies by more than a factor of 5. ii) When a Rashba band is placed in electric field spin polarization of the electrons is induced (called Rashba-Edelstein effect). Using a novel measurement setup where BiTeBr is combined with a graphene based spin valve, we observed a non-local spin signal consistent with Rashba-Edelstein effect.

#### 4.2. *A kvantumösszefonódás modern aspektusai*

**Zimborás Zoltán**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Schrödinger már röviddel a kvantummechanika megszületése után tárgyalta az összefonódás jelenségét, azonban a szabatos definíciója csak az 1980-as években alakult ki, elhatárolva azt más rokon fogalmaktól. Sokáig az összefonódás tanulmányozása a fizika alapjainak témaköréhez tartozott, azonban mára egy hasznos eszköz lett kvantuminformatikai, szilárdtest-fizikai, kvantumkémiai, sőt kvantumtérelméleti vizsgálatoknál. Az előadás során megpróbálunk egy összefoglaló képet nyújtani az összefonódásnak a mai fizikában betöltött szerepéről.

### 4.3. *Hideg atomok és fotonok: kvantummemória*

**Domokos Péter**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A kvantummechanika elveit kiaknázó eszközök alapvető eleme, hogy egyedi kvantumos objektumokat, amelyeket tiszta állapotban tudunk preparálni, kontrollált körülmények között kölcsönhatásba hozunk, és nemtriviális műveletet hajtsunk végre a kölcsönható rendszeren. Atomok és fotonok kontrollált kölcsönhatása központi feladat a kvantumtechnológiában, mert kapcsolatot teremt a kvantumos információ távolba juttatása (kvantumos kommunikáció) és az információ feldolgozása között (kvantumos számítás). Az előadásban ismertetem az atom-foton interfész sémáját, illetve bemutatom a Wigner FK-ban épülő rezonátoros kvantumelektrodinamika kísérletünk jelenlegi állását.

### 4.4. *Fizikusok a Wall Streeten*

**Fáth Gábor**

Morgan Stanley

A pénzügyi ipar évszázadok óta használ kvantitatív eszközöket. A nagy befektetési bankok és kockázati alapok a 70-es évek óta egyre nagyobb számban alkalmaznak fizikus végzettségű munkatársakat abban a reményben, hogy az erős kvantitatív háttér, a tudományos modellezésbeli jártasság és a praktikus hozzáállás segít nekik jobb előrejelző, árazó modelleket építeni, és a pénzügyi kockázatokat hatékonyabban kezelni. Tudományos szempontból a pénzügyi világ kiváló példája a kölcsönható ágensek által alkotott komplex dinamikus rendszereknek, amelyben a komplexitást az ágensek sokrétű stratégiája, a piac nemlineáris dinamikája, a kereskedett termékek bonyolultsága hozza létre. Az utóbbi évtizedekben az elemezhető piaci adatok mennyisége is ugrásszerűen nőtt, alkalmat adva statisztikus és adattudomány-alapú megközelítéseknek. Az előadásban áttekintem, hogy hol és hogyan keletkeznek pénzügyi adatok, ezeket milyen módon használják előrejelzésre, árazásra és kockázatkezelésre. Milyen lényeges különbségek vannak a pénzügyi modellek és a fizikában alkalmazott modellek között. Hogyan kezeli a pénzügyi modellezés a piacok tranzitivitását, önreferenciáját és a historikus adatok gyors elavulását. Mi következik a piacok visszafordíthatatlan elektronifikációjából, a döntési folyamatok automatizálásából, a kereskedési algoritmusok megszorodásából. Hogyan keletkezik társadalmi, gazdasági érték, hol keletkezik a kockázat, és mit tesz a pénzügyi szabályozás ezek kordában tartása érdekében. Hol és milyen módon tudnak a fizikusok ebben a folyamatban alkotó módon részt venni.

## Szekcióelőadások

### CsDe1.1. *Diszlokációlavinák statisztikus tulajdonságai*

**Ispánovity Péter Dusán**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Kristályos anyagok képlékeny (maradandó) alakváltozása általában a rács vonalszerű hibái, a diszlokációk mozgásával valósul meg. Mikrométeres mintákon végzett összenyomási kísérletek alapján nyilvánvalóvá vált az elmúlt évtizedben, hogy a deformáció ezen a skálán alapvetően különbözik a makroszkopikus esetben megszokott viselkedéstől: (i) az alakváltozás diszkrét, sztochasztikus események (ún. diszlokációlavinák) sorozataként áll elő, ill. (ii) ezen a skálán a mechanikai tulajdonságok erős mintaméretfüggést mutatnak (méreteffektusok). Mivel ezen jelenségek jelentősen befolyásolják a mikronos méretű eszközök tervezhető előállítását, a kapcsolódó kutatások hamar az anyagfizika homlokterébe kerültek. Az előadáson bemutatjuk a csoportunk által a témában végzett legfrissebb kutatásainak eredményeit. A kísérletek során mikronos méretű bazális síkra orientált Zn egykristály oszlopokat készítettünk fókuszált ionsugaras technikával, majd ezeket egy pásztázó elektronmikroszkópban egy nanoindentor segítségével *in situ* összenyomtuk, és felvettük a feszültség-deformációs görbéket. Ezzel párhuzamosan a mintában felszabaduló akusztikus jeleket is detektáltuk egy piezoelektromos érzékelő segítségével. A deformáció során számos diszlokációlavinát figyeltünk meg, melyek feszültségesésként jelennek meg a deformációs görbén. A detektált nagyszámú akusztikus jel pedig igen jó korrelációt mutat ezekkel a feszültségesésekkel, ami azt bizonyítja, hogy az akusztikus jeleket valóban a disszipatív kollektív diszlokációmozgás okozza. A jelek közti várakozási idők analízise alapján megállapítottuk, hogy a lavinák igen komplex belső struktúrával rendelkeznek, és gyakoriak a lavinán belüli többszörös aktivációk. Eredményeink jelentőségét az adja, hogy most először sikerült bizonyítani a direkt összefüggést a nanoindentációs és akusztikus mérések között, ami alapján lehetővé válik a tömbi mintákon végzett akusztikus mérések pontosabb értelmezése és kiértékelése.

### CsDe1.2. *Első tapasztalatok a 277 fs-os, 1064 nm-es lézerimpulzusok és szilárd anyagok kölcsönhatásáról*

**Buza Gábor, Maloveczky Anna, Rácz Pál, Szabó Gergely, Vida Ádám**

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. (BZN)

A BZN 2018 novemberében helyezte üzembe az első fs-os lézer berendezését. A sugárforrás Coherent gyártmányú, Monaco típusú egység. Átlagteljesítménye 750 kHz esetén 62.1 W, hullámhossza 1064 nm. Sugárminőségét jellemző adatok: nyaláb átmérő: 2.67 mm, divergenciája: 0.61 mrad,  $M^2$ : 1,05.

Sugárvezetése és formálása Scanlab gyártmányú egységekből áll, egy Varioscan típusú dinamikus fókuszáló egységből, a Scancube III 14 típusú sugáreltérítő egységből és egy 254 mm fókusztávolságú f-theta lencséből. A sugárformáló rendszer pozicionálására és a munkadarab mozgására Aerotech gyártmányú számítógép-vezérlésű tengelyek szolgálnak, két lineáris és egy forgó.

Tapasztalatszerzés céljából különböző anyagtypusokkal (ötvözetlen acél, öntöttvas, korrózióálló acél, réz, rézötvetetek, alumíniumötvet, amorf szalag, üveg, Si egykristály, ásványi anyag, borostyán, polimerek, bevonattal ellátott anyagok stb.) végeztünk kísérleteket. A változó paraméterek többnyire az ismétlési frekvencia (188 kHz–50 MHz), az átlagteljesítmény és az előtolási sebesség volt.

### CsDe1.3. *Felerősített és „szuperlokális” mágneses lézterápia*

**Iszály Zsófia, Márián István Gábor, Szabó István, Nándori István**

Debreceni Egyetem

Mágnesesnanorészecske-hipertermia egy alternatív daganatkezelési módszer. A mágneses nanorészecskékkel (10 nm-200 nm) végzett hőtermelés, azaz a lokalizált lézterápia több évtizedre tekint vissza. A szervezetbe juttatott mágneses nanorészecskék külső változó mágneses tér hatására hőt termelnek, ami felhasználható a tumorsejtek elpusztítására. A hipertermia hatékonyabbá tételének egyik lehetséges módja a megfelelő alkalmazott tér választása, például forgó tér a rezgő helyett. Az utóbbi esetet már sokan részletesen tanulmányozták, és a forgó tér iránt is egyre csak növekszik az érdeklődés. Az azonban még nem tisztázott, hogy milyen körülmények mellett lehet kedvezőbb a forgó tér a rezgőnél. Kutatómunkánk során az energiatermelés szempontjából összehasonlítottuk a rezgő teret a forgó térrel, valamint kombináltuk a rezgő és forgó teret különböző irányú statikus térrel. A statikus és forgó tér kombinációjával sikerült drasztikusan növelni a mágneses hőtermelést. Az effektus azért is jelentős, mert az általunk javasolt alkalmazott tér könnyen megvalósítható a gyakorlatban, és ami a legfontosabb, ezzel a kombinációval „szuperlokálizálható” a hőátadás: inhomogén statikus tér esetén a szövetek csak akkor és ott melegednek fel, amikor a statikus és a forgó tér aránya egy bizonyos értéket ér el.

### CsDe1.4. *Időskálák néhány nanométer nagyságú grafén-SiO<sub>x</sub>-grafén memrisztorokban*

**Pósa László<sup>1,2</sup>, Csontos Miklós<sup>2</sup>, Maria El Abbassi<sup>3</sup>, Michel Calame<sup>4</sup>, Halbritter András<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>3</sup>Technische Universitat, Delft, Hollandia

<sup>4</sup>Basel Universitat, Németország

A rezisztív kapcsoló vagy más néven memrisztor olyan passzív elektronikai eszköz, melynek ellenállása elektromos feszültség hatására reverzibilisen változtatható. A kapcsoló tartomány fizikai felépítéséből adódóan az eszköz akár 10 nm alatti mérettartományban is megvalósítható. Nanoméretű eszközök létrehozása esetén már a megbízható elektromos kontaktus kialakítása is sok kihívást tartogat, hiszen az eszköz méretével megegyező távolságra (< 5 nm) lévő elektródákra van szükség. Ez a jelenlegi litográfiás felbontás alatt van. Folytonos grafén szalag kontrollált szakításával azonban elérhető, hogy két, szobahőmérsékleten is atomi szintű stabilitással rendelkező kontaktus legyen egymástól pár nanométer (1 – 3 nm) távolságra.

A SiO<sub>x</sub> kapcsolásra képes aktív tartománya a grafén alatti hordozóban lett kialakítva a két elszakított grafénszakasz közötti 1–3 nm nagyságú résben. Eddig ilyen kis méretben (< 10 nm) nem mutatták be ennek a rendszernek a működését, tulajdonságai megegyeztek az irodalomban már fellelhető nagyobb rendszerekével. Továbbá demonstráltuk, hogy a rendszer működését számos különböző időskála vezérli. A kapcsolásra alkalmas feszültség hatására az ellenállás változása nem azonnal következik be, hanem a memrisztív rendszerekre jellemző időkéleltetés után ( $\tau_{\text{set}}$ ,  $\tau_{\text{reset}}$ ). Nagyságuk a feszültséggel exponenciálisan hangolható. Továbbá a kapcsolás nem folyamatos átmenetet, hanem hirtelen, gyors változást ( $\tau_{\text{switch}}$ ) mutat. Egy további időskála a holtidő ( $\tau_{\text{dead}}$ ), amely nem jellemző a rezisztív kapcsolókra. A kikapcsolást követően az eszköz nem kapcsolható vissza azonnal, hanem el kell telnie bizonyos időnek előtte, még akkor is, ha a bekapcsolásra alkalmas feszültség rajta van az eszközön. Ennek nagysága a környezet hőmérsékletétől erősen függ, azonban a meghajtó feszültségtől független. A holtidő alapvető jelentőségét az adja, hogy lehetővé teszi unipoláris memóriaelemek esetén is mindkét állapot tárolhatóságát és kiolvashatóságát alacsony feszültségen.



## CsDe1.5. *Fémoxid vékonyrétegek és restaurátori gyakorlatban alkalmazott műgyanták átteresztésvizsgálata*

**Gyöngyösi Szilvia<sup>1</sup>, Kovács Réka Lilla<sup>1</sup>, Langer Gábor<sup>1</sup>, Daróczi Lajos<sup>1</sup>, Bakonyi Eszter<sup>2</sup>, Erdélyi Zoltán<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem

<sup>2</sup>Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

Bevonatok, rétegek alkalmazásának egyik elsődleges célja az adott termék, tárgy védelme a környezet káros hatásaival szemben. Elsősorban a pára, illetve a környezetből származó különböző gázok ellen építünk ki védelmet a rétegekkel, és gátoljuk azok diffúzióját. Kutatásunk egyik fő irányvonala a restaurátorok által használt műgyanták pára- és gázáteresztésének vizsgálata. Hazánkban a kulturális örökség védelme nagy jelentőségű. Műkincsek, szobrok restaurálási folyamata hatalmas emberi – és anyagi erőforrást igényel. Tipikus példa erre a Magyar Nemzeti Múzeum Múzeumkertjében álló Arany János szoborcsoport és mellszobrok 2018-ban végzett restaurálási munkálatai, melyben részt vettünk. Részletes felületi vizsgálatokkal segítettük a szobrok megfelelő kezelési eljárásának kidolgozását. A kutatócsoportunk által fejlesztett pára- és gázáteresztés meghatározására alkalmas módszerrel információval szolgálunk a megfelelő védőbevonat kiválasztásához.

Kutatási területünk másik fő irányvonala az atomi rétegleválasztással előállított fémoxid vékonyrétegek vizsgálata, melynek gyakorlati alkalmazása szintén számos területen bír nagy jelentőséggel (flexibilis képernyők, orvosi implantátumok, elektronika). Több alkalmazási területet tekintve (csomagolóipar) elkerülhetetlen a flexibilis tulajdonságú anyagok (polimerek, papírok) alkalmazása. Felmerül a kérdés, hogy nem öntartó hordozók esetén a rétegek mechanikai stabilitása teljesíti-e a vele szemben elvárt követelményeket. A vékony kerámiarétegek ridegségükből adódóan a hordozó hajlításkor repednek. Az, hogy a kialakuló repedéshálózat milyen mértékben befolyásolja a réteg funkcióját, jelenleg nem ismert, erre vonatkozó irodalmi adatok nem állnak rendelkezésünkre. Fejlesztésünk arra irányul, hogy tömegspektrometriával egy adott rendszeren belül “in situ” végezzük el a tanszéken előállított vékonyréteg, illetve azok kontrollált módon létrehozott repedéshálózatának a gázáteresztésre gyakorolt hatását, mindezt kiegészítve a repedés morfológiai és számítógépi képelemzéssel végzett vizsgálatával.

A két kutatási terület ott kapcsolódik össze, hogy mind a restaurátori gyakorlatban alkalmazott műgyanta bevonatokat, mind az oxidrétegek pára- és gázáteresztését ugyanazon módszerrel mérjük. A mérési eredményekből matematikai modellt kidolgozva határozzuk meg a permeabilitást, diffúziós együtthatót és oldhatóságot. Ennek köszönhetően a rétegeken túlmenően önmagában többféle hordozó (papírok, polimerek) átteresztőképessége mérhető és vizsgálható. Módszerünk így alkalmazható számos területen, pl.: gyógyszeripar, élelmiszeripar.

## CsDe2.1. Attoszekundumos fényimpulzusok előállítása Thomson-szórással

**Hack Szabolcs<sup>1,2</sup>, Árpás Ferenc<sup>2</sup>, Kiss Olivér<sup>2</sup>, Tóth Zoltán<sup>2</sup>, Czirják Attila<sup>1,2</sup>, Varró Sándor<sup>1,3</sup>**

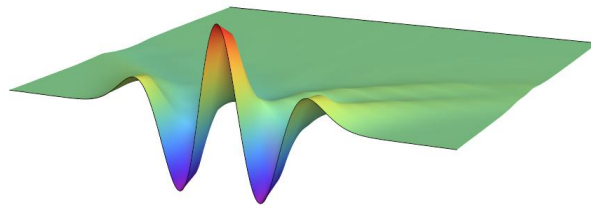
<sup>1</sup>ELI-ALPS Kutatóközpont, Szeged

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem

<sup>3</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Mint ismeretes, a jellemzően XUV spektrális tartományban található attoszekundumos fényimpulzusok lehetővé teszik számunkra az atomokban, molekulákban vagy szilárd testekben található elektronok dinamikájának valós idejű megfigyelését [1]. A manapság legelterjedtebb eljárás az attoszekundumos fényimpulzusok előállítására a magasrendű harmonikus keltése nemesgáz atomokon [2,3]. Ennek a módszernek azonban megvannak a maga korlátai a keletkező fényimpulzus intenzitására és hosszára nézve.

Előadásomban egy ígéretes alternatív eljárást mutatok be nemrégiben megjelent elméleti munkáink alapján [4,5]: egy lineárisan polarizált, néhány optikai ciklust tartalmazó közeli infravörös lézermimpulzus Thomson-szórása egy megfelelő paraméterekkel rendelkező relativisztikus elektroncsomagon olyan izolált, kb. 20 as hosszúságú fényimpulzust hozhat létre, amely akár  $\mu\text{J}$  energiával is rendelkezhet. Spektrumának számottevő része átfed az élettudományi kísérletek szempontjából kiemelt fontosságú, 2.33–4.37 nm hullámhossztartományban található víz ablakkal. Számításaink szerint ezek a Thomson-szórásból keletkező attoszekundumos fényimpulzusok közel lineárisan polárosok és nagyon jól kollimáltak. Egyik legfontosabb eredményünk alapján az attoszekundumos fényimpulzus vivő-burkoló fáziskülönbsége (CEP) – amely alapvető fontosságú bizonyos attoszekundumos pumpa-próba kísérleteknél [6] – tökéletesen követi a szóródó lézermimpulzus vivő-burkoló fáziskülönbségét.



*Thomson-szórással kapott attoszekundumos fényimpulzus térbeli és időbeli profiljának illusztrációja.*

- [1] Ferenc Krausz, Misha Ivanov, Rev. Mod. Phys. **81**, 163 (2009).
- [2] Győző Farkas, Csaba Tóth, Phys. Lett. A **168**, 447 (1992).
- [3] Giuseppe Sansone, et al., Science **314**, 443 (2006).
- [4] Szabolcs Hack, Sándor Varró, Attila Czirják, New Journal of Physics **20**, 073043 (2018).
- [5] Szabolcs Hack et al., European Physical Journal D **73**, 77 (2019).
- [6] Candong Liu, et al., Phys. Rev. Lett. **111**, 123901 (2013).

## CsDe2.2. *Nemlineáris kvantumozott protokollok kezdeti zajra való érzékenysége*

**Kálmán Orsolya<sup>1</sup>, Kiss Tamás<sup>1</sup>, Martin Malachov<sup>2</sup>, Igor Jex<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Czech Technical University, Prága, Csehország

Qubitek dinamikája nemlineárisra válhat, ha egy iterált kvantuminformaticai protokollban bizonyos qubiteken végzett mérési eredmények szerint szelektálunk. Ez a típusú dinamika komplex időfejlődéshez vezet, és a tiszta kezdőállapotok terében általában fraktálok választják el a konvergencia-régiókat. A kialakuló fraktálok egyben a kaotikus dinamikához vezető kezdőállapotok halmazát is alkotják. Kevert, azaz zajt is tartalmazó kezdőállapotok esetén bizonyos kezdőállapotok kitisztulnak, míg mások teljesen kevertté válnak az időfejlődés során. Egy speciális protokollt elemeztünk, és sikerült megmutatnunk, hogy a tiszta állapotokra jellemző fraktálhoz hasonló struktúra jelenik meg, melynek fraktáldimenziója egy kritikus mértékű zaj alatt nem változik. A kritikus zajt meghaladva a fraktál fázisátalakuláshoz hasonló módon eltűnik. Egy másik speciális esetben, amikor is minden tiszta kezdőállapot kaotikus viselkedést mutat, beláttuk, hogy tetszőlegesen kis zajt keverve a kezdőállapothoz, mindig a maximálisan kevert állapothoz való konvergenciát találunk. Eredményünk rávilágít arra, hogy az iterált nemlineáris protokollok jelentősen különbözhetnek egymástól zajtűrő képességük szempontjából.

## CsDe2.3. *Nagy hatásfokú terahertz-keltés félvezető kristályokkal*

**Polónyi Gyula<sup>1</sup>, P. S. Nugraha, N. M. Mbithi, Krizsán G., Monoszlai B., Tóth Gy., Pálfalvi L., M. I. Mechler, Hebling J., Fülöp J. A.**

<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem

Az intenzív impulzusok az alacsony THz frekvenciákon 0, 1 és 2 THz között lehetővé tesznek számos alkalmazást a nemlineáris THz spektroszkópiától a részecskegyorsításig. Ilyen impulzusok előállításának ma már hagyományosnak számító technikája az optikai egyenirányítás lítium-niobát (LN) kristályban, döntött-impulzusfrontú gerjesztéssel. Azonban az ebben az esetben szükséges nagy impulzusfront döntési szög hátrányos az alkalmazások számára és a THz energia további növelését akadályozzák: a korlátozott kölcsönhatási hossz, a leképezési hibák és a nemlineáris kölcsönhatások a pumpa és a THz között.

Az előadásomban egy alternatív módszert szeretnék bemutatni, mely a LN kristályt alkalmazó rendszerrel szemben további felskálázási lehetőségekkel rendelkezik. Félvezető kristályok, mint a ZnTe vagy a GaP szintén alkalmazható THz-keltésre optikai egyenirányítással, azonban eddig több nagyságrendnyi különbséggel elmaradtak hatásfokban és energiában a LN-alapú forrásoktól. Ennek egyik oka az erős kétfotonos abszorpció volt a pumpálás hullámhosszán. Ez kiküszöbölhető hosszabb hullámhosszú pumpálással, azonban ekkor meg kell dönteni az impulzusfrontot a megfelelő fázisillesztéshez. Szerencsére ez a döntési szög tipikusan feleakkora félvezetőknél, mint LN-nál. Emiatt félvezetőkből egyszerűbb kontaktrácsot készíteni, mint LN-ből.

Előadásomban bemutatom az elméleti és kísérleti eredményeinket, kiemelve a ZnTe anyagú kontakt-rács prototípusával elért eredményeket. Előadásom végén ismertetem mind a félvezető-alapú, mind a LN-alapú THz-es források fejlesztésének további perspektivikus irányait.

[1] J. A. Fülöp et al., *Optica* **3**, 1075 (2016).

[2] Gy. Polónyi et al., *Opt. Express* **24**, 23872 (2016).

[3] G. Polónyi et al., *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* **23**, 1 (2017).

[4] P. S. Nugraha et al., *J. Phys. B* **51**, 094007 (2018).

[5] P. S. Nugraha et al., *Opt. Lett.* **44**, 1023 (2019).

[6] L. Pálfalvi et al., *Opt. Express* **25**, 29560 (2017).

**CsDe2.4.** *Elektronfűtési módok és átmeneteik rádiófrekvenciás plazmaforrásokban***Derzsi Aranka**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A kapacitíven csatolt rádiófrekvenciás (RF) gerjesztésű gázkisülések sokoldalúan használható eszközként vannak jelen a félvezetőipartól kezdve a biomedikáig. Kutatásukat a bennük lejátszódó komplex fizikai jelenségek megértése mellett erősen motiválják a különböző alkalmazások, amelyekben alapvető fontosságú a plazmajellemzők és a külső kontroll-paraméterek közötti összefüggések feltárása, különös tekintettel a felületre érkező ionok fluxusának és energiaeloszlásának egymástól független szabályozhatóságára. A Particle-in-Cell/Monte Carlo Collisions (PIC/MCC) szimulációs módszert széles körben alkalmazzák az ilyen típusú gázkisülések részecskealapú numerikus leírására. Annak ellenére, hogy a plazma-felület határon lejátszódó különböző elemi folyamatok (például elektronvisszaverődés, másodlagos elektronemisszió) nagy hatással lehetnek a plazmajellemzőkre, a kapacitív RF gázkisülések PIC/MCC-szimulációiban a felületi folyamatok leírása gyakran pontatlan, elnagyolt. PIC/MCC-szimulációkkal, a felületi folyamatok realiztikus leírása mellett, vizsgáltuk a különböző plazmarészecskék (ionok, gyors atomok, elektronok) által kiváltott másodlagos elektronok hatását a gázkisülés működésére, az elektronfűtési és ionizációs dinamikára. A szimulációk megmutatták, hogy a másodlagos elektronok befolyásolják az ionjellemzők hangolhatóságát többfrekvenciás gerjesztés esetén, valamint rámutattak az elektronok által kiváltott másodlagos elektronok fontos szerepére az ionizációs dinamikában alacsony nyomások tartományában.

### CsDe3.1. *Milyen erős az erős kölcsönhatás?*

**Somogyi Gábor**

Debreceni Egyetem

A Nagy Hadronütköztető révén napjainkban hatalmas mennyiségű adat és ennek megfelelően nagyon precíz mérés áll rendelkezésre egy sor alapvető részecskefizikai folyamatra vonatkozóan. A mérések lehető legteljesebb kiaknázásához ugyanakkor elengedhetetlen a standard modell és különösen az erős kölcsönhatás pontos elméleti ismerete, illetve az elméletben szereplő alapvető paraméterek precíz meghatározása. Az előadásban az egyik legfontosabb ilyen paraméter, az erős csatolás, egy új meghatározását mutatom be. A mérés alapjául az elektron-pozitron szétsugárzásban mérhető energia-energia korreláció minden korábbinál pontosabb elméleti leírása szolgál. Az előadás során felvillantom mind az elméleti jóslat kiszámolásának, mind az eredmény kísérleti adatokkal történő összevetésének legfontosabb elemeit. Rámutatok, hogy a mérés bizonytalanságának csökkentése szempontjából alapvető fontosságú az erős csatolás szerinti perturbációs számításban a második sugárzási korrekciók figyelembevétele.

### CsDe3.2. *A tökéletes kvarkfolyadék cseppjeinek geometriája*

**Csörgő Tamás**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és Eszterházy Károly Egyetem, Gyöngyös

A PHENIX-kísérlet keretében elért legérdekesebbnek tűnő eredményeink 2018. december 10-én jelentek meg a Nature Physics folyóirat online kiadásában, 2019 márciusában pedig a nyomtatott változat a Nature Physics címlapsztorijává vált. A kapcsolódó eredményekről 2018. november 29-én a Physical Review Lettersben is közöltünk cikket. Ezek az eredményeink minden korábbinál erősebb kísérleti bizonyítékot szolgáltattak arra, hogy miniatűr részecskék atommagokkal való ütközésekor létrehozhatóak a világegyetemünket az ősrobbanás utáni pillanatokban kitöltő tökéletes kvarkfolyadék cseppjei. Ezekről az eredményekről, és a magyar PHENIX-csoport kutatásait segítő egzakt relativisztikus hidrodinamikai megoldásokról, és elméleti eredményeink kísérleti alkalmazásairól szól a javasolt áttekintő, összefoglaló jellegű előadás.

### CsDe3.3. *Összetett Higgs-modellek rácson*

**Nógrádi Dániel**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A standard model kiterjesztési közül egy nagy család az elemi Higgs-skalár-sektort egy erősen kölcsönható új mértékelméletre cseréli. Ezekben a modellekben a Higgs-bozon összetett, elemi új fermionok kötött állapota, a QCD-ből ismert  $\sigma$ - vagy  $f_0$ -részecske analógja, így megoldódik a természetességi probléma. Ha konkrét új mértékcsoportot és új fermionszektorot választunk, akkor konkrét jóslatokat kapunk LHC-ben megfigyelendő új részecskékre. Ezek tulajdonságai a QCD-hez hasonlóan csak nem perturbatív módszerekkel, elsősorban rácstérelméleti szimulációkkal vizsgálhatók. Az előadásban az általánosságokat, illetve egy konkrét modell esetén szimulációs eredményeket fogunk áttekinteni.

### CsDe3.4. *A holografikus dualitás*

**Bajnok Zoltán**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Jelen világgépünk szerint négy alapvető kölcsönhatás van (erős, gyenge, elektromágneses és gravitációs), melyeknek a relativitáselmélettel összhangban lévő kvantumos leírása csak részecskék kicserélődésével valósítható meg. Az elektromágneses kölcsönhatás során pl. fotonok, az erős esetén gluonok cserélődnek ki. De amíg a többfotonos folyamatok járuléka egyre kisebb, addig a többgluoncseréseké egyre nagyobb, lehetetlenné téve az erős folyamatok pontos számítását. Sőt a gravitációs kölcsönhatásnak máig sincs elfogadható kvantumos leírása.

Az utóbbi évek átütő sikere annak megsejtése, hogy gluonikus elméletek eggyel magasabb dimenziós gravitációs (húr)elméletek hologramjai lehetnek. Ezen holografikus kapcsolat duális abban az értelemben, hogy amíg a gluonikus elmélet erősen kölcsönható, addig a gravitáció klasszikus, és amikor a gravitáció kvantumossá válik, akkor a gluonikus elmélet gyengén kölcsönható lesz (mint az elektromágnesség).

Előadásomban áttekintem, hogy integrálható módszerek felhasználásával hogyan lehet egyzaktul megoldani a legegyszerűbb holografikus kapcsolatot, és az eredményeket felhasználni az erősen kölcsönható mértékelmélet egyes folyamatainak leírására.

## CsDe4.1. *A későneutron-kibocsátás jelenségének szisztematikus vizsgálata*

**Kiss Gábor Gyula**

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A stabilitás völgyétől távol található, nagy neutrontöbbletű magok béta-bomlása jellemzően a leánymag neutronszeperációs energiája feletti nívóra vezet; így előfordulhat, hogy a bomlást nem (csak) gamma-legerjesztődés, hanem neutronkibocsátás (is) követi. Ezen neutronok fontos szerepet játszanak az asztrofizikai r-folyamat során a vasnál nehezebb elemek neutrongazdag izotópjainak keletkezésében, illetve a kibocsátási valószínűségek mérésével értékes magszerkezeti információkat is nyerhetünk.

Az elmúlt évben a Tokió mellett található RIKEN Nisina gyorsítóközpontban számos mérést végeztünk a későneutron-kibocsátás jelenségének vizsgálata céljából. Ezen előadás során célom az első kísérletek eredményeinek, illetve a kutatási programnak a bemutatása.

## CsDe4.2. *A robbanásos elemszintézis modellezésében használt magpotenciálok kísérleti vizsgálata*

**Szegedi Tibor Norbert<sup>1,2</sup>, Kiss Gábor Gyula<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem

A stabilitási völgy neutrongazdag oldalán a  $^{56}\text{Fe}$  és az  $^{109}\text{Ag}$  között található stabil izotópok jelenlegi tudásunk szerint magas hőmérsékletű, ám rövid időskálájú eseményekben – például neutronsillagok születése vagy összeolvadása – keletkeznek az úgynevezett gyenge r-folyamat során  $(\alpha, n)$  és  $(\alpha, xn)$  reakciók révén [1-4]. A folyamat modellezéséhez kiterjedt – több ezer reakciót tartalmazó – reakcióhálózat-számolások szükségesek, melyekhez az  $\alpha$ -indukált hatás keresztmetszeteket a globális  $\alpha$ -részecske-mag optikai potenciálokra támaszkodó Hauser-Feshbach statisztikus modell szolgáltatja.

A különböző  $\alpha$ -részecske-mag optikai potenciálokkal számolt hatás keresztmetszet jóslatok között azonban akár nagyságrendi eltérések is lehetnek [3-4]. A magpotenciálok vizsgálata céljából a  $^{96}\text{Zr}(\alpha, n)^{99}\text{Mo}$  és a  $^{100}\text{Mo}(\alpha, n)^{103}\text{Ru}$   $\alpha$ -indukált magreakciók hatás keresztmetszetét mértem az Atomkiban az aktivációs módszerrel. A mérési eredményeket több különböző optikai potenciállal számolt elméleti becsléssel is összehasonlítottam, és javaslatot teszek a gyenge r-folyamat modellezése során használt potenciálok alkalmazhatóságára.

[1] Y. -Z. Qian and G. J. Wasserburg, Phys. Rep. **442**, 237 (2007).

[2] A. Arcones and F. Montes, Astrophys. J. **731**, 5 (2011).

[3] J. Bliss et al., J. Phys. G **44**, 054003 (2017).

[4] F. Pereira and F. Montes, Phys. Rev. C **93**, 034611 (2016).

**CsDe4.3.** *Az elemszintézis legfontosabb neutrontermelő folyamata: a  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$  reakció direkt mérése a LUNA-ban***Csedreki László<sup>1,2</sup>, Giovanni Francesco Ciani<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Gran Sasso Science Institute (GSSI), L'Aquila, Olaszország<sup>2</sup>INFN Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), Assergi, Olaszország<sup>3</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$  magreakció rendkívül fontos az asztrofizikai kutatások szempontjából. Ez a reakció a legfőbb neutronforrás a nehézelemek úgynevezett s-folyamatban történő születéséhez a termikusan pulzáló alacsony tömegű aszimptotikus óriáscsillagok (AGB) esetében. Az AGB csillagokat jellemző hőmérsékletek esetén a  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$  reakció releváns energiatartománya, az úgynevezett Gamow-ablak, 140 és 230 keV között található. Ebben a tartományban a reakció tipikus hatáskeresztmetszete extrém alacsony, picobarn nagyságrendű, ezért a direkt méréseket elsősorban a földfelszíni környezeti neutronhátter korlátozza.

Az elmúlt évtizedek során számos kísérletet végeztek a reakció hatáskeresztmetszetének meghatározása céljából, azonban a  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$  magreakció Gamow-ablakba extrapolált hatáskeresztmetszete közel egy nagyságrendnyi bizonytalansággal terhelt, amit egyrészt az alacsonyenergiás kísérleti adatok nagy bizonytalansága, másrészt a  $^{17}\text{O}$  mag küszöbenergia-közeli nivójának vitatott ismerete okoz.

Az olaszországi Gran Sasso d'Italia hegység gyomrában található Gran Sasso-i Nemzeti Laboratóriumban (LNGS) a neutronhátter mintegy 3 nagyságrenddel alacsonyabb a földfelszínen mérhetőnek, köszönhetően az 1400 méternyi (3800 méter vízzel egyenértékű) kőzet kozmikus sugárzással szembeni árnyékoló hatásának. A LUNA (Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics) együttműködés egyik elsődleges célja a jelenleg a világon egyetlen mélyen a föld alatt üzemelő részecskegyorsítóval és nagy hatásfokú, alacsonyhátterű neutrontetektor-rendszerével a  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$  reakció hatáskeresztmetszetének a Gamow-ablakban való direkt mérése.

Ebben a munkában kiemelkedő szerepet játszik a debreceni MTA Atomki, ahol a mérésekhez használt céltárgyak elkészítése és minőségi jellemzőinek – mint vastagság és összetétel – meghatározása történt. Továbbá a kísérletben használt neutrontetektor-rendszer hatásfokának meghatározását is itt végeztük.

Előadásomban bemutatom a  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$  reakció asztrofizikai jelentőségét és a LUNA-együttműködés keretében végzett mérés előzetes eredményeit.



## CsDe4.4. Sokcsatornás dinamikai szimmetria, és alkalmazásai a $^{28}\text{Si}$ -ban

**Riczu Gábor, Cseh József**

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

Az atommagok alapvető modelljei különböző fizikai képeken alapulnak: héjmodell, folyadék-cseppmodell és klasztermodell. Ezen szerkezetmodellek metszete (sokfőhég-közelítésben is) egy  $U_s(3) \otimes U_x(3) \supset U(3) \supset O(3)$  dinamikai szimmetria [1], ahol  $s$  a valenciahéjra vagy belső klaszterstruktúrára utal, és  $x$  jelöli a főhégjerjesztést. Ez a szimmetria azonos a sokcsatornás dinamikai szimmetriával, ami különböző klaszterkonfigurációkat köt össze [2,3]. Ebből adódóan alkalmas különböző konfigurációk részletes leírására egy egységes képben [4], valamint figyelemre méltó prediktív ereje van [5].

Előadásomban ezen szimmetriáról és alkalmazásairól szeretnék beszélni a  $^{28}\text{Si}$ -ban.

- [1] Cseh J, Phys. Conf. Ser. **580**, 012046 (2015).
- [2] Cseh J, Phys. Rev. C **50**, 2240 (1994).
- [3] Cseh J, Kato K, Phys. Rev. C **87**, 067301 (2013).
- [4] Cseh J, Riczu G, Phys. Lett. B **757**, 312 (2016).
- [5] Adsley P et. al, Phys. Rev. C **95**, 024319 (2017).

## CsDe4.5. Hozam és gyakoriság

**Kiss Miklós**

Berze Nagy János Gimnázium, Gyöngyös

A neutronbefogásos magszintézis szokásos megközelítése a kis neutronsűrűség mellett bekövetkező lassú folyamatokkal (s-process,  $10^8 \text{ cm}^{-3}$ ) és a nagy neutronsűrűségű környezetben bekövetkező gyors folyamatokkal (r-process,  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ) magyarázza a tapasztalt gyakoriságokat.

Manapság egyre több szó esik a közepes neutronsűrűségű folyamatokról (m-process, vagy i-process), mert bizonyos magok keletkezése csak így magyarázható. A magszintézis modellek próbakövének a tapasztalt gyakoriságok reprodukálását tekintik.

Lehetséges egy másik megközelítés is. Bizonyos maghármások módot adnak, egyensúlyi keletkezést feltételezve, hogy segítségükkel megadjuk milyen neutronsűrűség mellett lehetséges az egyensúlyi keletkezés. Vizsgálataink szerint ehhez közepes neutronsűrűség szükséges ( $10^{10} - 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ ). Ezzel kapcsolatos eredményeimről számolok be.

**CsDu1.1.** *Szilárdtestbeli ponthiba-kvantumbitek ab initio elmélete***Gali Ádám**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A szilárdtestekben előállítható ponthiba-egyfononforrások és -kvantumbitek nagy jelentőséggel bírnak a fizika új tudományterületén, amely a kvantuminformációs elmélet, a kvantumoptika és a szilárdtest-fizika metszéspontján helyezkedik el. Ezen egyfononforrások és kvantumbitek fejlesztése azonnali kvantumtechnológiai alkalmazásokhoz vezethet a szenzorok és biztonságos kommunikáció területén.

A kvantumbitek gyakran olyan egyfononforrások, amelyeknek van elektronspinje, így egyszerre optikailag és mágnesesen is aktív. Ezen ponthibákban az elektron-fonon kölcsönhatással csatolt spin-pálya kölcsönhatás, az elektronspin és magspinnek közötti hiperfinom-kölcsönhatás, illetve magas spinű állapot esetén az elektron spin-spin kölcsönhatás mind fontos szerepet játszanak a kvantumbit működése szempontjából. Ezen kölcsönhatások kiszámításával a kedvező tulajdonságú kvantumbitek azonosíthatunk.

A fenti megoldások közül kiemelem az ún. gyémántbeli nitrogén-vakancia (NV) színcentrumot. A gyémántbeli NV-centrum kvantumbit koherenciaideje viszonylag hosszú és szobahőmérsékleten is jól mérhető. Bemutatom az NV-centrum, mint kvantumbit mérésének alapját, amelynek pontos mechanizmusát nemrég sikerült ab initio módszereinkkel részleteiben megérteni, ahol részben az elektronok közötti korreláció, részben az erős elektron-fonon csatolás játszik döntő szerepet. A fenti számítási módszereket más gyémántbeli kvantumbit-jelöltekre is alkalmaztuk, amelyekben az elektronok pályáján keresztül erős elektronspin-fonon csatolást jósoltunk meg, amely új utat követhet ki abban az irányban, hogy a szilárdtestbeli ponthiba kvantumbitek fononokon keresztül csatoljuk össze. Az első kísérleti eredmények alapján az általunk jósolt magnetooptikai tulajdonságok valóban megjelennek ezekben a kvantumbitekben.

## CsDu1.2. Szupravezető nióbbium üregrezonátorok nitridálásának anyagtudományi aspektusai

**Major Márton<sup>1,2</sup>, Lambert Alff<sup>1</sup>, Michaela Arnold<sup>1</sup>, Jens Conrad<sup>1</sup>, Stefan Flege<sup>1</sup>, Ruben Grewe<sup>1</sup>, Norbert Pietralla<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Technische Universität Darmstadt

<sup>2</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A részecskegyorsítóknál alkalmazott szupravezető üregrezonátorok tömbi nióbbiumból készülnek. A nióbbiumot magas olvadáspontja, könnyű alakíthatósága és relatíve magas kritikus hőmérséklete (a kémiai elemek között a legmagasabb) tette ideális jelöltté a hagyományos réz rezonátorok leváltására. A rádiófrekvenciás szupravezető (superconducting radio frequency - SRF) üregek jósági tényezője mára meghaladja a 1010-et, a modern gyorsítók (XFEL, ESS) nélkülözhetetlen komponensei. Több évtizedes alap kutatás és technológiai innováció után a Nb-technológia mára megérett, megközelítve az elméleti határokat.

További teljesítményjavulás, technológiai áttörés új anyagok (anyagrendszerek) kutatásától várható. Magasabb kritikus hőmérsékletű szupravezetők alkalmazásával lehetőség nyílik a részecskegyorsítók 4.5 K-es üzemeltetésére a ma megszokott 2 K helyett, ami jelentősen egyszerűsíti a hűtőrendszert, lehetővé téve kompakt laboratóriumi gyorsítók építését. A CERN-i kutatók vezetésével tervezett FCC (Future Circular Collider) szupravezető gyorsítójához réz-nióbbium kompozit üregeket javasolnak. Itt réz üregrezonátort vonnának be nióbbiummal, ami a réz jó hővezető képessége miatt szintén lehetővé tenné a 4.5 K üzemet. Ahhoz hogy ez a megoldás versenyképes legyen a tömbi nióbbiummal, javítani kell a Nb-film minőségén. A jelenlegi Nb/Cu üregek jósági tényezője meredeken esik a gyorsító tér növelésekor.

Az alternatív szupravezető anyagok között két anyagcsalád, a nióbbium nitridálással módosított felülete, illetve az így előállítható NbN, továbbá a Nb<sub>3</sub>Sn ötvözet kutatása előrehaladott. A nióbbium-nitrogén fázisdiagramon a köbös NbN-nek a legmagasabb a kritikus hőmérséklete.

A TU Darmstadt gyorsítófizikusaival együttműködve vizsgáltuk a NbN rendszert. A hőkezeléshez egy speciálisan nióbbium rezonátorüregek hőkezelésére épített kályhát használtunk. A hőkezelt Nb minták tulajdonságait a TU Darmstadt anyagtudományi intézetében vizsgáltuk. Szekunder ion tömegspektroszkópiával (SIMS) meghatároztuk a hőkezelés hatását a szennyező elemek mélységprofiljára (H, C, N). Kimutattuk a nitrogén diffúzióját. Röntgen diffrakcióval (XRD) igazoltuk a NbN és Nb<sub>2</sub>N fázisok keletkezését. Röntgentextúra-mérésekkel kimutattuk a nióbbium szemcseméret-növekedését.

A kutatási projekt végső célja az optimális paraméterek megtalálása, és gyorsító üregrezonátorok nitridálása a jósági tényezők összehasonlításával.

**CsDu1.3.** *Szilárd anyagok optikai tulajdonságainak felülvizsgálata a visszaszórt elektronok energiaveszteségi spektroszkópiai spektrumának „fordított” Monte-Carlo-módszerének elemzése alapján***Tőkési Károly<sup>1</sup>, L.H. Yang<sup>2</sup>, J. Tóth<sup>1</sup>, D. Bo<sup>3</sup>, Z.J. Ding<sup>2</sup>**<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen<sup>2</sup>University of Science and Technology of China, Hefei, China<sup>3</sup>National Institute for Materials Science, Tsukuba, Japan

Folyamatos érdeklődés és erőfeszítés van a szilárd anyagok optikai állandóinak meghatározására, mivel azok fontosak mind az alapkutatásokban, mind az alkalmazásokban. A jelen kutatások újraeledését részben az indokolja, hogy sok anyagnak még mindig alig ismertek ezek az adatok, vagy az aktuális adatbázisban rendelkezésre álló adatok pontatlanok.

Az elmúlt években nagy pontosságú módszert fejlesztettünk ki, amely a vizsgált mintáról visszaszórt elektronok energiaveszteségi spektroszkópiai méréseire épül. A módszert fordított Monte-Carlo-módszernek neveztük el [1]. A módszerünk ötvözi a visszaszórt elektronveszteségi spektrumok pontos szimulációját egy globális optimalizálási eljárással. A kezdeti teszt veszteségi függvényünket egy sokparaméteres függvénnyel írjuk le. Az időigényes iteratív számítási eljárás végen a számított és a mért spektrumoknak a mérési hibán belül egyezniük kell. Ekkor az iteráció utolsó veszteségi függvénye lesz az adott anyagra jellemző nagy pontosságú veszteségi függvény, amelyből származtathatóak az anyag optikai jellemzői. Ebben a munkában az eljárás hatékonyságát mutatjuk be különböző minták alkalmazásával [2-4].

A munkát az OTKA KH 126886 pályázat támogatta.

[1] B. Da et al., J. Appl. Phys. **113**, 214303 (2013).

[2] H. Xu et al., Phys. Rev. B **95**, 195417 (2017).

[3] L.H. Yang et al., Appl. Surf. Sci. **456**, 999 (2018).

[4] H. Xu et al., J. Appl. Phys. **123**, 043306 (2018).

## CsDu1.4. Sugárzástűrés meghatározása ionlumineszcenciával

**Szilágyi Edit<sup>1</sup>, Bányász István<sup>1</sup>, Kostka Pál<sup>1</sup>, Kótai Endre<sup>1</sup>, Kovács Imre<sup>1</sup>, Szőkefalvi-Nagy Zoltán<sup>1</sup>, Zolnai Zsolt<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

A lumineszcencia az a jelenség, amikor gerjesztett molekulák fényt bocsátanak ki, kivételt képez a hőmérsékleti sugárzás, amelyet nem sorolunk a lumineszcencia tárgykörébe. A gerjesztés módjától függően beszélhetünk foto-, katód-, kemi-, radio-, vagy biolumineszcenciáról, és legújabban ionlumineszcenciáról; itt a fényemissziót megelőző gerjesztés ionsugaras besugárzás következménye. Ionnyaláb-anyag kölcsönhatás során sok szigetelő, félvezető és fém anyag erős fénykibocsátást produkál. A fény detektálásával, valamint energiájának és intenzitásának meghatározásával információ nyerhető az anyagban eleve jelen lévő, illetve az ionbesugárzás folyamán keletkező színcentrumokról, hibahelyekről, és ezek kémiai környezetéről. Az ionlumineszcencia egy hatékony mérési módszer, amely más ionsugaras analitikai (IBA) módszerekkel is kombinálható. Az IBA-módszerek jól kiegészítik egymást, de bizonyos mérési feladatokra az ionlumineszcencia a legalkalmasabb.

Az ionok különféle rugalmas és rugalmatlan ütközésekben adják át energiájukat az anyagnak. E folyamatok hibahelyeket keltenek, amelyek hatása ezután sugárzó és nem sugárzó elektronátmenetekben jelentkezhethet. A minta ionlumineszcencia-válasza erősen függhet a mintába jutó ionok számától (fluenciától). A legtöbb esetben az ionlumineszcencia intenzitása lecsökken, miután elegendő mennyiségű nem detektálható sugárzó, vagy nem sugárzó átmenetet adó hibahely keletkezett, de az is előfordulhat, hogy a nyaláb szerkezetmódosító hatására jön létre detektálható sugárzó átmenet. Az ionlumineszcencia intenzitásának meghatározása a sugárzás fluenciájának függvényében arra is lehetőséget ad, hogy megállapítsuk az anyag sugárzástűrését. A sugárzástűrés fontos tulajdonság pl. űrbeli alkalmazásoknál, illetve más, radioaktív sugárzású környezetben működtetett félvezetőeszközöknél.

Az ionlumineszcencia – csakúgy, mint a többi ionsugaras mérési módszer – kombinálható az egykristályos anyagokon fellépő csatornahatással is. A sugárzástűrés mérések ebben az esetben a hibahelyek kristályrácsbeli elhelyezkedéséről adhatnak információt.

A fentiekre mutatunk példákat  $\text{SiO}_2$ , illetve  $\text{MgO}$  minták ionlumineszcenciás méréseiből. A méréseket a Wigner FK RMI 5 MV-os Van de Graaff-gyorsítójának kéttengelyű goniométerrel ellátott szórókamrájában végeztük. A vizsgálandó anyagokat 2 MeV energiájú,  $\sim 4$  nA áramerősségű  $^4\text{He}^+$ -nyalábbal bombáztuk, a kiváltott fényt egy Maya2000Pro OceanOptics spektrométerrel analizáltuk.

**CsDu1.5.** *Azobenzol molekuláris kapcsoló adszorpciós tulajdonságainak vizsgálata h-BN nanoháló felületén***Szítás Ádám<sup>1</sup>, Farkas Arnold Péter<sup>1,2</sup>, Óvári László<sup>1,2</sup>, Palotás Krisztián<sup>1,3</sup>, Berkó András<sup>1</sup>, Gubó Richárd<sup>2</sup>, Pásztor Tibor<sup>1</sup>, Kónya Zoltán<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem<sup>2</sup>ELI-ALPS Kutatóközpont, Szeged<sup>3</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Molekuláris kapcsolókon, olyan legalább két stabil állapottal (pl. konformációs izomerek) rendelkező molekulákat értünk, melyeknél a két állapot közötti reverzibilis átváltás, kapcsolás megvalósítható egy külső impulzus segítségével pl. termikusan vagy bevilágítással, lézer segítségével [1]. A fotokromatikus molekuláris kapcsolók lehetővé teszik a molekulageometria és a funkcionális tulajdonságok változtatását fényvel való gerjesztés hatására, maga a kapcsolás lehet cisz-transz izomerizáció, mint pl. az azobenzol esetén. A molekulakapcsolás alkalmazási lehetőségeit már vizsgálták oldatokban is, azonban a mindennapi alkalmazások szempontjából a szilárd felületen lévő molekulakapcsolók kerülnek előtérbe. Az izomerizáció sikerességét nagyban befolyásolja a felület és a molekula közötti kölcsönhatás, továbbá a felületeken kötött molekulák tulajdonságai eltérhetnek a gázfázisú állapothoz képest. Inertnek vélt kétdimenziós monorétegek (pl. hexagonális bór-nitrid, h-BN) molekuláris kapcsolókkal való együttes alkalmazása egy lehetséges megoldást kínál az adszorbatum-szubsztrát kölcsönhatás kiküszöbölésére, gyengítésére, és a kapcsolási tulajdonságok vizsgálatára [2-4].

Munkánk során az azobenzol/h-BN/Rh(111) rendszert és az azobenzol adszorpciós tulajdonságait vizsgáltuk felületanalitikai módszerekkel. Sikeresen adszorbeáltattunk 170 K-en azobenzolt a Rh(111) egykristályon kialakított h-BN nanoháló felületére. Az adszorpciós geometria meghatározása, illetve a fiziszorbeált/kemiszorbeált réteg stabilitásának vizsgálata kiemelkedő fontosságú volt, mert a molekulakapcsolás alapja a cisz-transz izoméria. A molekula orientációját szögfüggő nagy felbontású elektronenergia-vesztései spektroszkópiás (HREELS) mérésekkel végeztük. Megállapítottuk, hogy szobahőmérsékleten az azobenzol monorétegesen és a felülettel párhuzamos orientációval, döntően transz állapotban kötődött meg. A kötési energia viszonyairól, a molekula stabilitásáról hőmérsékletprogramozott deszorpciós (TPD) mérések segítségével tájékozódunk. Ezek alapján elmondható, hogy az azobenzol-multiréteg deszorpciója 300 K alatt befejeződik, majd a monoréteg egy széles (400-600 K-ig) hőmérsékleti tartományban deszorbeálódik. Utóbbi megfigyelés a h-BN nanoháló felületén lehetséges többféle adszorpciós centrummal (pórus, fal és él pozíciók) magyarázható.

Az adszorpciós réteg strukturális jellegét pásztázó alagútmikroszkópos (STM) mérésekkel is követtük. Az empirikus munkával párhuzamosan a kutatócsoportban sűrűségfüggő elméleti (DFT) számításokat is végeztek. A két említett módszer eredményei jól megfeleltethetők egymásnak, és megerősítik, hogy a legkedvezőbb azobenzol adszorpciós pozíció a h-BN nanoháló felületén a pórusokban található.

[1] Ed. Ben Feringa, *Molecular switches*, Wiley (2001).

[2] K. Ichimura, S. K. Oh, and M. Nakagawa, *Science* **288**, 1624 (2000).

[3] J. E. Green et al., *Nature* **445**, 414 (2007).

[4] L. Óvári et al., *Int. J. Mass Spectrom.* **277**, 223 (2008).

## CsDu2.1. *Nanooptikai közelterek meghatározása szubnanométeres érzékenységgel*

**Rácz Péter, Pápa Zsuzsanna, Sándor Péter, Lovász Béla, Bánhegyi Balázs, Dombi Péter**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Nanooptikai közelterek karakterizálása elektronemisszió alapuló kísérleti módszerekkel a maximális térerősség nagyságának meghatározásának, valamint a plazmonok időbeli dinamikájának tanulmányozásának a céljából alapvető fontosságú. Felületi plazmonok gerjesztése olyan speciális elektromágneses jelenség, amely lehetővé teszi az elektromos tér koncentrációját nanométeres méretskálán. A térerősség a gerjesztés körülményeitől függően akár tízszer–harmincszor is nagyobb lehet, mint a plazmont keltő fényé (térnövekmény). Ha a plazmonokat ráadásul ultrarövid, femtoszekundumos lézerpulzusokkal keltjük, akkor mind térbeli, mind időbeli koncentráció elérhető. Míg a térnövekménynek fontos alkalmazásai vannak hatékonyabb napelem-cellák fejlesztésében, egyes molekulák optikai módon történő nagy érzékenységű detektálásában és több más érdekes területen, mint például rákterápiás módszerek fejlesztésében, addig a térnövekmény mellett ultrarövid plazmonoknak akár fontos szerepe lehet új típusú optoelektronikai eszközök, valamint ultragyors kapcsolók megalkotásában. Ezért a térnövekménynek valamint az ultrarövid plazmontér időbeli dinamikájának a minél pontosabb és kvantitatív ismerete az alap kutatás kérdéskörén túl lényeges az alkalmazások számára is. Ehhez kapcsolódóan egyrészt egy alapvetően új eljárást dolgozunk ki a plazmon térnövekmény mérésére, amely fém nanorészecskékről, illetve fém vékonyrétegekről ultrarövid lézerpulzusok által indukált elektronemisszió vizsgálatán alapul [1]. A kísérleti módszer felhasználásával továbbá kimutattuk érdes fém vékonyrétegeken a haladó és a lokalizált plazmonok közötti csatolást is [2]. Ezen túlmenően az elektronemisszió vizsgálatát optikai interferométeren alapuló autokorrelációs mérési eljárással kombinálva a plazmontér időbeli lefutása is tanulmányozható, és minden eddiginél rövidebb plazmon hullámcsomagokat tudunk előállítani.

[1] P. Rácz et al., *Nano Lett.* **17**, 1181 (2017).

[2] J. Budai et al., *Nanoscale* **10**, 16261 (2018).

## CsDu2.2. *A magasfelharmonikus-keltés fázisteres leírása*

**Földi Péter**

Szegedi Tudományegyetem és ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged

A magas rendű felharmonikusok megjelenése kellően erős optikai gerjesztés esetén egy erősen nemlineáris folyamat, amelynek sok alkalmazása van. A jelenség hagyományos leírásakor mind a gerjesztő teret, mind pedig a felharmonikusokat is tartalmazó másodlagos sugárzást klasszikus időfüggő mezőnek tekintjük. A folyamat kvantált mezőket használó, kvantumoptikai leírása jelenleg formálódik, először a kevés fotonot tartalmazó felharmonikus módusok dinamikájának a jellemzését adtuk meg [1].

Emellett, meglepő módon, kísérleti bizonyíték van arra, hogy az erős, sok fotonot tartalmazó gerjesztő impulzus fotonszám-statisztikája az anyaggal való kölcsönhatás után a felharmonikusokra jellemző modulációt mutat [2]. A megfigyelés megértésében sokat segít, ha egyetlen, kezdetben koherens állapotban lévő gerjesztő módus és egy kétállapotú modellatom dinamikáját vizsgáljuk. Ennek a problémának a megoldásában sokáig el lehet jutni analitikus módszerekkel, és a dinamika jól szemléltethető a módus Wigner-függvényének a segítségével. Ez a fázisteres módszer alkalmas arra, hogy a lokalizált kezdőállapot részekre esésén keresztül intuitív képet adjon a fotonszám-statisztika változásáról.

[1] A. Gombkötő et al., Phys. Rev. A **94**, 013853 (2016).

[2] N. Tsatrafyllis et al., Phys. Rev. Lett. **122**, 193602 (2019).

## CsDu2.3. *Cooper-minimum nemesgázokon keltett magasrendű felharmonikusok spektrumában*

**Varró Sándor**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged.

A nemesgázatomokból lineáris fotoeffektussal keltett elektronok energiaspektrumában régóta ismert az ún. Cooper-minimum, amelynek közvetlen környezetében az elektronhozam gyakorlatilag eltűnik. Ez a jelenség a különböző ionizációs csatornákhöz tartozó átmeneti amplitúdók interferenciájával magyarázható. Az utóbbi évtizedben számos kísérletben hasonló minimumot figyeltek meg nemesgázokon keltett magasrendű felharmonikusok spektrumában is, amelyet az ad hoc bevezetett „rekombinációs dipólmomentumban” fellépő interferenciával magyaráznak. Megmutatjuk, hogy az általunk korábban publikált sokfotonos Kramers–Heisenberg-formula természetes módon tartalmazza ezeket a rekombinációs dipólmomentumokat, s így ez az általános formula egyben a felharmonikusok spektrumában megjelenő Cooper-minimum koherens leírási keretét is adja.



**CsDu2.4.** *A magasan gerjesztett Rydberg-állapotok szerepe a molekulafragmentációban. Elektron-, foton- és anionindukált ütközési folyamatok hideg ionizált közegekben.*

**Mezei János Zsolt<sup>1</sup>, Ch. Jungen<sup>2</sup>, I. F. Schneider<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>University College London, Egyesült Királyság

<sup>3</sup>Normandy University Le Havre, Franciaország

A hideg ionizált környezetek – mint a korai Univerzum, a csillagközi tér, a bolygók légköre, valamint a laboratoriumi technikai plazmák – kinetikus modellezése elektronok, fotonok és ionok által létrehozott elemi gerjesztési folyamatok és molekula fragmentációs reakciók alapos ismeretén alapszik. Előadásomban a sokcsatornás kvantumdefektuson (Multichannel Quantum Defect Theory) alapuló elmélet keretein belül áttekintem ezen elemi folyamatokért felelős kölcsönhatásokat és mechanizmusokat, illetve bemutatom a különböző molekuláris rendszerekre számolt hatáskeresztmetszeteket és reakciósebességeket, rámutatva a magasan gerjesztett kötött Rydberg-állapotok fontosságára.

### **CsDu3.1.** *Magyar részvétel a Future Circular Collider tervezésében*

**Barna Dániel<sup>1</sup>, Novák Martin<sup>2</sup>, Facskó Benedek<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A Future Circular Collider Study projekt az LHC utáni következő gyorsítógyűrű koncepciótervét hivatott kidolgozni. A Wigner Fizikai Kutatóközpontban 2016-ban alakult kutatócsoportunk elsősorban a nyalábkicsatolás területén vesz részt az együttműködésben. A kutatóintézetben épülhet meg a következő években az új koncepción alapuló szupravezető „SuShi szeptum mágnes” első prototípusa. Előadásomban bemutatom az eddig elvégzett tesztek, magát az új koncepciót, illetve a több fizikai jelenséget is magába foglaló szimulációkat. Szó lesz továbbá egy új nyalábmanipulációs módszerről, aminek a segítségével egyszerűen megoldható a nyaláb egyenletes elosztása a nyalábtető felületén.

### **CsDu3.2.** *Femtoszkópia: kvantumstatisztikus korrelációk a nagyenergiás fizikában*

**Nagy Márton**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A kvantumstatisztikus korrelációk érdekes kapcsolatot jelentenek a nagyenergiás fizika és a kvantumoptika között. A két terület közös kiindulópontja R. Hanbury Brown és R. Q. Twiss mérése, akik a távcsövekbe a beérkező fotonok között intenzitáskorrelációt találtak – ezt nevezzük ma HBT-effektusnak. Kiderült, hogy a korreláció tulajdonságai a vizsgált csillag (a Szíriusz) látszólagos szögátmérőjét adják meg. A kvantumoptika területét aztán R. Glauber munkája nyitotta meg. G. Goldhaber, S. Goldhaber, W-Y. Lee és A. Pais proton-proton annihilációban keletkező pionok korrelációit vizsgálva (és ezekben a  $\pi$ -mezont keresve) az eredményeket a Bose–Einstein-korrelációk módszerével tudták megmagyarázni. Az előadásban áttekintjük a terület alapjait, illetve a kvantumstatisztikus korrelációk segítségével a nagyenergiás fizikában elért eredményeket, többek között a részecskekeletkezés téridőbeli struktúrájára, a kvark-hadron átmenet mikéntjére vonatkozóan. Végül bemutatjuk a RHIC, LHC és SPS kísérleteinek legújabb méréseit, melyek szerint a hadronkeltő forrás alakja Lévy-eloszlásnak felel meg.

### CsDu3.3. *Nehéz kvarkok keletkezése az LHC ALICE-kísérleténél*

**Vértesi Róbert**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A Világegyetem keletkezése utáni töredék másodpercben a világot egy forró, erősen kölcsönható anyag, az ún. kvark-gluon plazma töltötte ki. A CERN LHC ultrarelativisztikus nehézion-ütközéseiben létre tudjuk hozni ezt a közeget. Az ütközésekben keletkező nehéz (b és c) kvarkok megfigyelésével számos ponton juthatunk közelebb az erős kölcsönhatás nem perturbatív tartományának megértéséhez. Mivel a nehéz kvarkok nagyrészt kezdeti, kemény QCD-folyamatokból származnak, élettartamuk során azonban kölcsönhatnak a forró és hideg maganyaggal, így alkalmasak arra, hogy az erősen kölcsönható közeget tomográfias módon megismerjük velük. A könnyű és nehéz kvarkok hadronizációját összehasonlítva a színtöltés és a kvarktömeg fragmentációra gyakorolt hatását érthetjük meg. A nehéz kvarkoknak a kollektív mozgásban való részvétele pedig a plazma termalizációjáról, a kvarkok koaleszcenciájáról hordoz információt. Az előadásban az ALICE-kísérlet néhány új, a fenti kérdésekbe betekintést engedő eredményét mutatom be.

### CsDu3.4. *Kozmikus sugárzás a laborban*

**Veres Gábor**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A Földet százezer-milliárd olyan proton bombázza a világűrből minden másodpercben, melyek energiája egyenként nagyobb, mint egy teraelektronvolt, és az ebből származó kozmikus sugárzás a mindennapi életünk része. A Genf melletti Nagy Hadronütköztetőben (LHC) is éppen ugyanennyi proton száguld körbe egy-egy nyalábban, hasonló energiával. Mit tanulhatunk tehát a kozmikus sugárzásról a laboratóriumban? Milyen eszközöket használunk a méréshez, és milyen mennyiségeket tudunk mérni? Ennek a témának néhány frissebb eredményét tekintem át ebben az előadásban.

**CsDu4.1. Topológia és Anderson-lokalizáció kapcsolata periodikusan gerjesztett rendszerekben****Asbóth János<sup>1</sup>, Rakovszky Tibor<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>2</sup>Technical University München

Az 1980-ban felfedezett kvantum Hall-effektus érdekes kihívás elé állította az elméleti fizikusokat: hogyan tud a mágneses tér létrehozni tökéletes elektromos vezetést rendezetlen félvezető vékonyrétegekben, ahol az Anderson-lokalizáció miatt azt várjuk, hogy az elektronok energiasajátállapotai térben lokalizáltak? Az egyszerű magyarázat, hogy a tömbi rész Anderson-szigetelő marad, a tökéletes vezetésért a minta szélén megjelenő ún. élállapotok a felelősek. Bár a válasz nagyjából stimmel, Laughlin topológiai érvelése (ún. Laughlin-pumpa) szerint a történet kicsit bonyolultabb: az élállapotok energiában delokalizált tömbi állapotokat kell, hogy összekössenek, ezért mindig, amikor topologikusan védett élállapotot látunk, tudhatjuk, hogy a tömbi részben nem teljes az Anderson-lokalizáció, kell legyen delokalizált állapot is. A rendezetlenség növelésével ilyen rendszerekben egyfajta Anderson-átmenet játszódik le: az élállapot energiában egyre rövidebb, a delokalizált állapotok energiában egymás felé „levitálnak”, végül párosával „annihilálódnak”.

A 2010-es években periodikusan gerjesztett vékonyrétegek elméleti modelljeiben ún. anomális élállapotokat is találtak, melyek nem delokalizált állapotokat kötnek össze. Az ilyen élállapotokra nem alkalmazható a Laughlin-pumpa, ezek olyan rendezetlen rendszerekben is megjelenhetnek, ahol a tömbi rész teljesen Anderson-lokalizált: ez az ún. anomális Floquet–Anderson-szigetelő. Azt a kérdést tettük fel, mi történik periodikusan gerjesztett topologikus vékonyrétegben, ha “rúgásokkal” rendezetlenséget teszünk rájuk: mikor ad ez Anderson-szigetelőt, mikor anomális Floquet–Anderson-szigetelőt, és milyen átmenet van a két eset között. A kérdést egy egyszerű és hatékony modellen, az ún. kvantum bolyongáson vizsgáltuk, a szórási mátrix segítségével.

## CsDu4.2. *Topologikus tulajdonságok egyszerű kölcsönható spinrendszerekben*

**Pályi András, Scherübl Zoltán, Frank György, Csonka Szabolcs, Zaránd Gergely**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Fizikai rendszerek topológiai tulajdonságainak vizsgálata feltárhat olyan robusztus jelenségeket, melyek függetlenek a rendszer mikroszkopikus részleteitől. Egy jól ismert példa a kvantum Hall-effektus: egy alacsony hőmérsékletre hűtött, mágneses térbe helyezett kétdimenziós elektronrendszer Hall-vezetőképessége kvantálttá válik, és értékét az elektronrendszer állapotát jellemző topologikus invariáns, az egész értékű Chern-szám adja meg.

Az előadásban elméleti és kísérleti eredményekkel illusztrálom, hogy a Chern-szám egyszerű kölcsönható spinrendszerekben is megjósolhat robusztus tulajdonságokat. Példaként bemutatok egy két spinből álló, mágneses térbe helyezett, spin-pálya-csatolt rendszert. A rendszer alapállapota a mágneses tér bizonyos értékeinél degenerálttá válik, és a degenerációs pontok ebben a háromdimenziós mágneses paraméterterben különböző geometriákat mutathatnak: a legegyszerűbb esetben ezek izolált pontok, de lehetnek pontok, hurkok és zárt felületek különböző kombinációi is. Bemutatom, hogy a Chern-szám alkalmazásával a mikroszkopikus részletek ismerete nélkül megjósolható ezen degenerációs geometriák létezése és robusztussága. Bemutatom továbbá egy kettős kvantumdoton elvégzett alacsony hőmérsékleti mérés eredményeit is, ahol a topologikus megfontolások alapján várt degenerációs pontokat detektáltuk. Az eredmények általánosíthatók nagyobb spinű, és több spinből álló rendszerekre is, így várhatóan elősegítik az egyszerű kvantumrendszereket jellemző geometriai és topológiai struktúráknak, és azok fizikai következményeinek, megértését és kísérleti azonosítását.

[1] Z. Scherübl et al., arXiv:1804.06447 [cond-mat.mes-hall] (2018, Comms. Phys.-ben megjelenés előtt).

### CsDu4.3. Hangolható optikai örvények keltése önszerveződő topológiai defektrácsokkal nematikus folyadékkristályban

Salamon Péter<sup>1</sup>, Éber Nándor<sup>1</sup>, Yuji Sasaki<sup>2</sup>, Hiroshi Orihara<sup>2</sup>, Buka Ágnes<sup>1</sup>, Fumito Araoka<sup>3</sup>

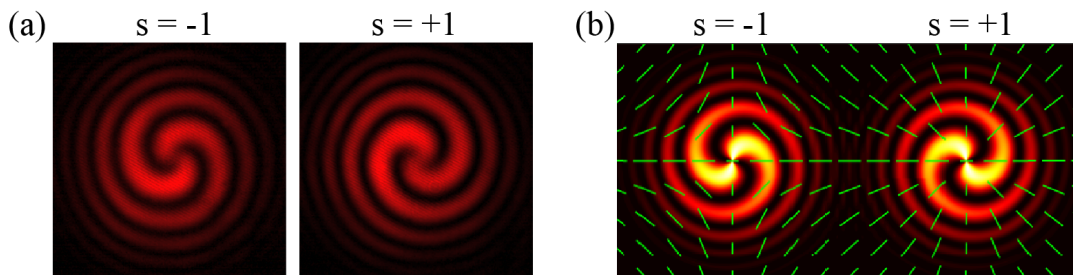
<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Hokkaido University, Sapporo, Japan

<sup>3</sup>RIKEN Center for Emergent Matter Science, Wako, Japan

Egy nemrég felfedezett, elektromos tér által keltett topológiai defektrács optikai tulajdonságait vizsgáltuk egy nematikus folyadékkristályban [1,2]. A négyzetrácsmintázatot, melynek elemi cellája ellentétes topológiai töltésű hibahelyekből áll, kvantitatív polarimetriával, fénydiffrakcióval és interferometriával (ábra) tanulmányoztuk.

Megmutattuk, hogy a defektrács segítségével hangolható optikai örvények kelthetők, két-fajta mechanizmus által. Egyfelől az egyes hibahelyek képesek a cirkulárisan polarizált fényt ellentétes kiralitású örvénnyalábbá konvertálni. Másfelől egy diszlokációt tartalmazó defektrácson való fényelhajlás, a diffrakció rendjétől függő pályaperdületet hordozó optikai örvényeket képes létrehozni. Mindkét esetben az optikai örvények keltésének hatékonysága elektromos térrel hangolható. Kísérleti eredményeinket optikai szimulációkkal is alátámasztottuk.



Az optikai örvények mért (a) és számolt (b) interferogramjai Gauss-referenciával. Az örvénnyalábok keltése  $s = \pm 1$  topológiai töltésű umbilikus defektek segítségével történt, melyek elektromos tér hatására, egy önszerveződött négyzetrács részeként álltak elő.

A szerzők köszönik az alábbi projektek anyagi támogatását: NKFIH FK125134, PD121019, JSPS-MTA mobilitási (NKM-49/2016).

[1] P. Salamon et al., Phys. Rev. Applied **10**, 044008 (2018).

[2] R. Amano et al., RSC Advances **8**, 41472 (2018).

## CsDu4.4. *Topologikus tulajdonságok vizsgálata szupravezető Re felületen elhelyezett mágneses átmenetifém-atomokban*

**Rózsa Levente**

Universität Hamburg, Németország

Elméleti megjósolásuk óta a Majorana-fermionok, melyek önmaguk antirészecskéi, jelentős kutatási erőfeszítések tárgyaivá váltak a részecskefizikában. Ezek szilárdtest-fizikai megfelelői a Majorana-féle kötött állapotok, amelyek topologikus szupravezetőkben alakulhatnak ki, és a jövőben kvantumszámítógépekben kerülhetnek alkalmazásra nemtriviális statisztikájuk miatt. Az elméleti javaslatok alapján topologikus szupravezetők és Majorana-féle kötött állapotok megfigyelhetők közös s-típusú szupravezetők és mágneses rendszerek kombinálásával is [1], és az utóbbi években kísérletileg is jelentős lépéseket tettek ezen rendszerek vizsgálata terén. A Majorana-állapotok egyértelmű kísérleti azonosítását azonban nehezzé teszi az ezen rendszerekben párhuzamosan fellépő jelenségek sokasága.

Ebben a munkában az elemi szupravezető Re (0001) felületén elhelyezett Mn, Fe és Co atomok tulajdonságait vizsgáltuk pásztázó alagútmikroszkópia és -spektroszkópia, illetve kapcsolódó elméleti számítások segítségével [2]. Az adatok d-pályáinak betöltöttsége függvényében a spingerjesztések, Kondo-rezonanciák és Yu–Shiba–Rusinov-állapotok nagy változatosságot mutattak. Az eredmények alapján valószínűsíthető, hogy a Fe-atomokból épített egyatomos láncok végein Majorana-állapotok figyelhetők meg, amit az ilyen láncokon elvégzett mérések is támogatnak [3]. A Majorana-állapotok kialakulása azonban erősen függhet a láncban megfigyelhető mágneses rendeződés típusától, amit elektronszerkezet-számítási módszerek segítségével vizsgáltunk [4].

[1] J. Alicea, Rep. Prog. Phys. **75**, 076501 (2012).

[2] L. Schneider et al., arXiv:1903.10278 [cond-mat.supr-con] (2019).

[3] H. Kim, et al., Sci. Adv. **4**, eaar5251 (2018).

[4] A. Lászlóffy, L. Rózsa, K. Palotás, L. Udvardi, L. Szunyogh, Phys. Rev. B **99**, 184430 (2019).

**PéDe1.1.** *Nanorészecskék intenzív femtoszekundumos röntgenimpulzusokban*

**Jurek Zoltán, Sang-Kil Son, Beata Ziaja, Robin Santra**

Center for Free-Electron Laser Science, Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Németország

Az évezredünkben megépített és napjainkban már működő új generációs csúcsröntgenforrások, a röntgen szabadelektron lézerek (XFEL), extrém tulajdonságú, femtoszekundumos impulzushosszú és akár a  $10^{20} \text{ W cm}^{-1}$ -nél is nagyobb intenzitású koherens impulzusokat állítanak elő. Ezek a paraméterek a femtoszekundumos időskálájú folyamatok, a nanoméretű részecskék és a nagy energiasűrűségű anyag kísérleti vizsgálatában indítanak meg ugrásszerű fejlődést, forradalmasítva számos tudományágat.

A nagy intenzitást megkívánó méréseknél (pl. nanorészecskék, egyedi molekulák röntgendiffrakciós vizsgálatok) elkerülhetetlen az anyag ionizációjának rendkívüli felgyorsulása, pl. az elektromágneses tér akár többször is közvetlenül fotoionizálhatja ugyanazt az atomot femtoszekundumokon belül. Az ilyen kísérletek tervezéséhez ezért fontos a sugárzás által kiváltott komplex anyagi dinamika ismerete.

Előadásomban ismertetem, elsősorban elméleti számolásokra és szimulációkra támaszkodva, de számos, napjainkban végzett kísérleti eredménnyel is színesítve, az egyre komplexebb anyag (atomok, molekulák, atomklaszterek, kiterjedt anyag) intenzív röntgenimpulzus által kiváltott viselkedésének eddig feltárt főbb tulajdonságait és ezen ismereteink jelentőségét különböző alkalmazási területeken.



## PéDe1.2. Másolódó határfelületek megfigyelése rezonáns diffúz szórással

Veres Tamás<sup>1</sup>, Sajti Szilárd<sup>1</sup>, Wacha András<sup>2</sup>, Bálint Szabolcs<sup>1</sup>, Bottyán László<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>MTA Természettudományi Kutatóközpont, Budapest

Vékonyrétegek, felületek, felületeken lévő objektumok vizsgálatára számos olyan röntgen- és neutronszerelési kísérlet végezhető, amelyekben mind a beeső, mind a szórt nyaláb a felülettel kis szöveget zár be. Spekularis reflektometriával, amikor is a beesési és visszaverődési szög egyenlő, a minta síkjában átlagolt szóráshosszsűrűség kapható meg a mélység függvényében. Ha – pl. nem sík határfelületek, mágneses domének, zárványok, szóró nanoobjektumok miatt – a minta síkbeli eltolási szimmetriája sérül, akkor más irányokban is fellép az ún. offspekuláris szórást.

Előadásom témája az érdekes határfelületű rétegrendszereken végzett szórási kísérletek értelmezése, amelyek alapján a minta határfelületeinek ön- és keresztkorrelációja határozható meg. Amennyiben a minta periodikus rétegrendszer, és a távoli határfelületek között is erős korreláció van, az offspekuláris szórási képből a Bragg-feltételhez hasonló esetben erősítést, Rezonáns Diffúz Szórást (RDS) figyelhetünk meg.

A neutronnyaláboknak a forrástól (reaktormagtól, spallációs targettól) a felhasználás helyéig (a mérőberendezésig) történő hatékony vezetésére széles beesésszög-tartományban nagy spekuláris reflektivitású neutron-szupertükrök használatosak. Ezek többnyire mágneses porlasztással készült, nagyszámú (esetleg több ezer), lassan növekvő vastagságú réteget tartalmazó, lokálisan szinte periodikus Ni(Mo)-Ti multirétegek.

Ezen rétegszerkezetek sajátos offspekuláris neutronszerelési képét RDS-ként értelmeztem, és perturbatív (DWBA) közelítéssel meghatároztam a rétegrendszer jellemző korrelációs hosszait.

A röntgenszerelés kis beesési szög melletti pontkollimált mérésével (GISAXS) az MTA TTK kissetű röntgenberendezésén vékony (néhány, néhány száz tíz) réteggű periodikus rétegrendszerket vizsgáltam. Azt találtam, hogy amennyiben az érdekes és a hullámszámvektor-változás szorzata nem kicsi, akkor a mérési eredményeket nem lehet a határfelületek ön- és keresztkorrelációs függvényeinek lineáris leképezéseként értelmezni. Nemlineáris megközelítésben meghatároztam a korrelációs paramétereket. Megmutattam, hogy a nemlineáritás és a határfelületi érdekes hullámhosszfűggő másolódása a szórási képből hasonló jellegzetességekre vezet.

Végül példákat mutatok be kis beesési szögben végzett szóráskísérletekre, amelyek a hordozó felületén lévő szóróobjektumok alakjára és elrendezésére érzékenyek, és amelyek hagyományos transzmissziós elrendezésben nem vizsgálhatók.

### PéDe1.3. *Modern fémhabok mikroszerkezete és mechanikai tulajdonságai*

Jenei Péter<sup>1</sup>, Hyeji Park<sup>2</sup>, Wiener Csilla<sup>3</sup>, Kicheol Hong<sup>2</sup>, Pham Tran Hung<sup>1</sup>, Gi-Gap Han<sup>2</sup>, Gubicza Jenő<sup>1</sup>, Choe Heeman<sup>2</sup>

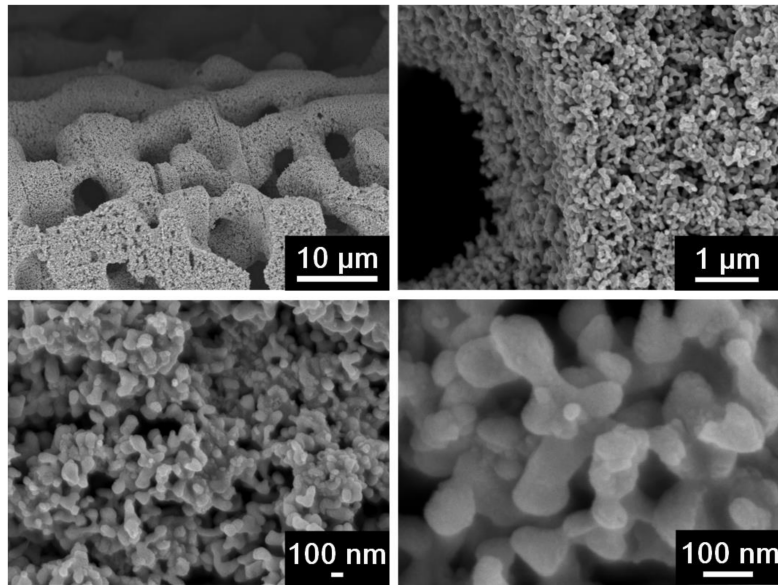
<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

<sup>2</sup>Kookmin University, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Jelenleg az elektrokémiai energiatárolás leghatékonyabban lítiumion akkumulátorokkal történik. A kutatás során olyan elektródát fejlesztünk, amely a jelenleg használatos Li-ion akkumulátorok energiasűrűségét növelné, ráadásul az akkumulátorok élettartama is növekedne. A fejlesztés innovatív alapötlete, hogy az akkumulátor anódjának anyagát ónnal bevont nanopórusos rézhabból készítjük. A habban lévő pórusok miatt növekszik a Li-ionok felvételére és tárolására szolgáló aktív felület nagysága, illetve az akkumulátor töltése és kisütése során bekövetkező térfogatváltozást a pórusok felveszik, így az anód kevésbé roncsolódik a használat során.

Ehhez ún. hierarchikus struktúrával rendelkező nanopórusos rezet használunk (ábra). A hierarchikus struktúrával rendelkező nanopórusos fém esetén a pórusok mérete két méretskálán jelenik meg. Esetünkben a fémekben lévő üregek, és a köztük lévő fémfalak is mikrométeres nagyságúak (kb. 1 – 10  $\mu\text{m}$ ), míg a fal maga is habszerkezetet mutat, de az itt található üregek mérete a 100 nm-es tartományba esik.



*Elektronmikroszkópos felvétel a hierarchikus struktúrával rendelkező réz habról*

Ilyen nanopórusos anyagot hozhatunk létre ötvözetek ötvözőanyagainak szelektív kioldásával (angolul: dealloying), ahol az ötvözetben található kevésbé nemes fémet kioldjuk, míg a nemesebb fém az eljárás következtében nanopórusossá válik. Az előadás során bemutatom, hogy az előállítási körülmények milyen hatással vannak az anyag mechanikai tulajdonságaira, valamint szerkezetére, beleértve a falak fázisösszetételét, szemcseszerkezetét, rácshiba struktúráját és a pórusszerkezetét.

A kutatási projektet a 2018-2.1.17-TÉT-KR-2018-00003 azonosítójú pályázat támogatta.

## PéDe1.4. *In situ* TEM és *ex situ* fűtési kísérletek a $\kappa$ Ga-oxidon

**Cora Ildikó<sup>1</sup>, Fogarassy Zsolt<sup>1</sup>, Pécz Béla<sup>1</sup>, Francesco Mezzadri<sup>2</sup>, Francesco Boschi<sup>2</sup>, Matteo Bosi<sup>2</sup>, Roberto Fornari<sup>2</sup>, Aleksander Recnik<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche, Párma, Olaszország

<sup>3</sup>Jožef Stefan Institute, Ljubljana

A Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> egy széles tiltottsávú ( $\sim 4.7$  eV) félvezető oxid, mely igen ígéretesnek mutatkozik UV, opto- és nagy teljesítményű elektronikában való alkalmazásokban. A pármái csoporttal kooperációban Ga-oxid félvezető rétegeket vizsgáltunk. A pármái csoport végezte a rétegnövesztést gőzfázisú epitaxiával (VPE)[1], valamint a differenciális pásztázó kalorimetriás (DSC) méréseket[2], mi pedig a szerkezetvizsgálatot transzmissziós elektronmikroszkóppal és szimulációkkal. A rétegeket (001) felületű  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ra növesztették 650 °C-on 100 mbar-on 15 percig.

Kereszt- és síkmetszeti TEM lamellákat hőkezeltünk 980 °C-ig *in situ* TEM-ben és vizsgáltuk a  $\kappa \rightarrow \beta$ , azaz az ortorombos  $\rightarrow$  monoklin szerkezeti átalakulást. A szerkezeti átalakulást videón rögzítettük, majd a minták részletes szerkezetvizsgálatát (BF, HRTEM, SAED) is elvégeztük. Valamint *ex situ* hőkezelését is elvégeztük vizsgálva az  $\kappa \rightarrow \gamma$  szerkezetátalakulást. A  $\kappa$  fázis ortorombos Pna2<sub>1</sub> tércsoportú, ahol az oxigének rétegződése 4H, a Ga-központú pedig okta- és tetraéderek láncokat formálnak a szerkezetben. A vékonyréteg 2 – 5 nm nagyságú  $\kappa$  szerkezetű doménekből állnak, melyek egymás (110)-szerinti ikerpárjai[3]. A  $\beta$  fázis monoklin C2/m szimmetriájú, melyben az oxigének alrácsa köbös rétegződésű, a Ga pedig a  $\underline{b}$  tengellyel párhuzamosan láncokat alkotnak.

Fornari et al. [2] korábban rögzítette a minták DSC-görbáját, valamint XRD-profilját 0 – 1000 °C tartományban. 650 °C körül egy gyenge endoterm csúcsot rögzítettek, amit szerkezeti megfigyeléseink alapján a szemcse/ikerhatárok, valamint antifázis határok mozgásához kötöttünk, mely szerkezeti változások nagyobb doménméretet eredményeztek a vékonyrétegben. Fornari et al. [2] 650 °C és  $\sim 850$  °C között egy rendezetlen, amorf fázist írnak le. Vizsgálataink alapján nem találtunk ilyen rendezetlen, amorf fázist. A kinetikusan vezérelt  $\kappa \rightarrow \beta$  fázisátalakulás masszív topotaktikus folyamat, minthogy az oxigének rétegződési iránya mindkét fázisban megegyezik. Meghatároztuk a két fázis közötti szerkezeti kapcsolatot, és modelleztük a határfelületet. A  $\kappa$  és a  $\beta$  fázis között a laterális határfelületen megjelenik a köbös spinellrácsú  $\gamma$  polimorf is, ami a Ga-oxidok egyik metastabil polimorfja.

*Ex situ* hőkezelési kísérletek során (820 °C-ig, 2 °C min<sup>-1</sup> sebességgel) sikerült elkapni a  $\kappa \rightarrow \gamma$  szerkezeti átalakulást, valamint kisméretű mintában sikerült először előállítani a  $\gamma$  polimorfot. HRTEM- és SAED-képek feldolgozásával valamint szimulációkkal pontosítottuk annak szerkezetét. A  $\gamma$  köbös  $Fd\bar{3}m$  tércsoportú spinellanalóg polimorf.

[1] F. Mezzadri et al., Inorg. Chem. **55**, 12079 (2016).

[2] R. Fornari et al., Acta Materialia **140**, 411 (2017).

[3] I. Cora et al., CrystEngComm **19**, 1509 (2017).

## **PéDe2.1.** *Kvantumrendszerek aktív dekoherenciavédeleme*

**Barankai Norbert**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A szimulációra és/vagy számításra alkalmas kvantumrendszerek érzékenysége közismert. Előadásomban bemutatom a környezeti zajjal szemben való védekezés aktív formáit, azaz mindazokat a törekvéseket, melyek a rendszer dinamikájába való külső beavatkozás által kívánják ezen rendszerek koherenciáját fenntartani.

## **PéDe2.2.** *Rényi-divergenciák a klasszikus-kvantum csatornakódolásban*

**Mosonyi Milán**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A különböző entrópiafogalmak egyaránt fontos szerepet játszanak a termodinamikában (pl. a lehetséges állapotátmenetek karakterizációjában), illetve az információelméletben (pl. a kvantum-információ optimális hatékonyságú tárolásának leírásában). Ebben az előadásban az entrópiáknál általánosabb divergenciák kvantum-információelméletbeli szerepével foglalkozunk, és megmutatjuk, hogy bizonyos Rényi-divergenciákból származtatott információs mennyiségek pontos karakterizációját adják egy klasszikus-kvantum csatorna információtovábbítási kapacitásának a Holevo-kapacitás fölötti kódolási ráta-tartományban.

## **PéDe2.3.** *A Bell-egyenlőtlenségek játékelméleti szerkezetéről*

**Koniorczyk Máttyás<sup>1</sup>, Bodor András<sup>2</sup>, Pintér Miklós<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Pécsi Tudományegyetem

<sup>3</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Eredményeink a kvantummechanikai nemlokalitás vizsgálatával kapcsolatosak. Az elmúlt évek felismerése, hogy a Bell-típusú kísérletekben vizsgált nemlokális korrelációk vizsgálata sok hasonlóságot mutat a nemkooperatív játékelméletből ismert bayesi játékokéval. A bemutatott kutatás is ebbe a vonalba illeszkedik. Bemutatunk egy eljárást, amely alkalmas nemlokális, illetve kvantum előnnyel rendelkező játékok, illetve Bell-típusú kísérletek konstruálására. Játékelméleti szempontból elemzünk bizonyos Bell-egyenlőtlenségeket, ami nagyban hozzásegít az adott egyenlőtlenség intuitív megértéséhez.

## PéDe2.4. *Hitelesített véletlenszámok kvantummechanikai előállítása*

**Vértesi Tamás**

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A véletlenszerű események több tudományágban is meghatározó szerepet kapnak. Egyfelől a természet jobb megértéséhez járulnak hozzá, másfelől fontos erőforrásként viselkednek fizikai folyamatok szimulációjában, illetve titkosítási algoritmusokban. Ugyanakkor sokszor nehéz eldönteni egy véletlennek látszó eseménysorozatról, hogy valóban véletlen-e, vagy pedig létezik olyan megfigyelő, aki előre meg tudja jósolni az események kimeneteleit. Példaként vegyünk egy eszközt, amelyről eladója azt állítja, hogy valódi véletlenszámokat állít elő. Van-e lehetőségünk arra, hogy a véletlenszámok valódiságáról a készülék dobozának felnyitása nélkül győződjünk meg? Az előadásban arról fogok beszélni, hogy bizonyos esetekben ez megtehető, amire a kvantummechanika különös nemlokális tulajdonsága ad egyedi lehetőséget.

[1] A. Acín, S. Pironio, T. Vértesi, and P. Wittek, Phys. Rev. A **93**, 040102 (2016).

## PéDe2.5. *Összefonódottság két, egymástól térben szeparált atomi sokaság között*

**Tóth Géza**

University of the Basque Country UPV/EHU, Bilbao, Spanyolország és MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Egy módszert mutatunk be, amellyel összefonódottságot lehet detektálni egy többqubites Dicke-állapot két része között. A módszer egy egyszerű bizonytalansági reláción alapul kollektív impulzusmomentum-komponensekkel, és a szám-fázis bizonytalanságra emlékeztet. Az összefonódottsági kritériumunk figyelembe veszi a különböző tökéletlenségeket, amelyek egy kísérletben megjelenhetnek, pl. azt, hogy a részecskeszám változik kísérletről kísérletre. A kritériumot kísérletben is használták, és összefonódottságot detektáltak vele két Bose–Einstein-kondenzátum között.

[1] K. Lange et al., Science **360**, 416 (2018).

### **PéDe3.1.** *Atomerőművi blokkok sugárvédelmi tervezési kritériumai*

**Vincze Árpád**

Országos Atomenergia Hivatal, Budapest

Az előadás áttekinti az atomerőművek tervezési kritériumai közül a sugárvédelmi szempontú követelményeket a nemzetközi ajánlások, külföldi gyakorlat és a hazai szabályozás alapján. Részletesen kitér az előadás a sugárvédelmi tervezési alapelvek közül az indokoltság, optimalás és a dózis kritériumok rendszerére. Bemutatásra kerül a mélységben tagolt védelem és a lehetséges üzemállapotok (normál, tervezési alap és kiterjesztett tervezési alap) összerendelése, az egyes állapotokhoz tartozó dóziskritériumok, és az azokkal összefüggő kockázatok szintjei.

### **PéDe3.2.** *Első európai nukleáris verseny középiskolások részére*

**Pesznyák Csilla**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és Országos Onkológiai Intézet

A BME Nukleáris Technikai Intézete számára kiemelten fontos a fiatalok minél korábbi megszólítása, hiszen Európa-szerte zajlik az atomerőművek üzemidő-hosszabbítása, több ország épít új atomerőművi blokkokat, és az orvoslás területén is jelentős fejlődés zajlik a nukleáris fizikán alapuló orvosdiagnosztikai és klinikai terápiás eszközök területén, így a szakember-utánpótlás biztosítása elengedhetetlen. A BME Nukleáris Technikai Intézete alapításától tagja az európai országok nukleáris oktatásban meghatározó egyetemei hálózatának, az ENEN-nek (European Nuclear Education Network). 2019. július 1–5. között a BME adott otthont az ENEN BSc nyári iskolájának két témakörben (az egyiket nukleáris energia és radioaktív hulladék-kezelés, a másikat orvosi fizika és sugárvédelem), és az első ízben megrendezett európai középiskolai nukleáris versenynek. Ezek a rendezvények a Horizon 2020 európai uniós kutatási programban elnyert ENEN+ projekt keretében valósultak meg.

A 2019. július 1–5. között zajló Első Európai Nukleáris Versenyen háromfős csapatok vettek részt (2 középiskolás tanuló és tanáruk), akiknek nukleáris témájú (nukleáris energia, sugárvédelem, radioaktív hulladékkezelés, orvosi alkalmazások) 3 perces, angol nyelvű videót kellett összeállítaniuk. A megmérettetésre 25 csapat munkája érkezett be 10 országból. A legjobb 15 csapat a következő országokból érkezett: Belgium (1 csapat), Bulgária (2 csapat), Egyesült Királyság (1 csapat), Magyarország (3 csapat), Montenegró (1 csapat), Olaszország (5 csapat), Spanyolország (1 csapat), Ukrajna (1 csapat).

A beérkezett kisfilmeket nemzetközi szakmai zsűri értékeli, és a legjobb 15 videót készítő csapat lehetőséget kapott arra, hogy a BME-n az egyhetes tudományos tábora alatt bemutassa munkáját.

### **PéDe3.3.** *Az ionizáló sugárzások egyes alkalmazásai régen és ma*

**Elek Richárd**

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest

Ionizáló sugárzások alatt a sugárzások olyan fajtáit értjük, amelyek természetüknél fogva képesek arra, hogy közvetlen vagy közvetett módon, ionizáció révén kölcsönhatásba lépjenek az anyaggal. Az ionizáló sugárzások természete korántsem vált nyilvánvalóvá felfedezésükkel, és hosszú évtizedeknek kellett eltelnie ahhoz, hogy ezek károsító képességét felismerjék.

Sajnos leggyakrabban az empirikus tényadatok gyűjtése, és néhány önkéntes, vagy gyanútlan áldozat halála, olykor tudatlanság vagy éppen a túlbuzgóság vezetett ahhoz, hogy a sugárzások biológiai hatásait komolyabban megismerhette az emberiség.

Tisztelegve az úttörő tudósok és az ionizáló sugárzás akkor még ismeretlen hatásait felderítő áldozatok előtt, ezen előadás szemez mindazon alkalmazásokból, ötletekből és eszközökből, amelyek a XIX–XX. században újonnan felismert jelenség minél szélesebb körű kihasználására törekedve születtek. Ezek között egyaránt említésre kerülnek a röntgenberendezések, valamint mindazon tömegcikkék, amelyek radioaktív anyagot tartalmaztak, úgymint ékszeresek, gyógyszerkészítmények vagy éppen kozmetikumok, roboráló szerek.

A sugárbiológiai ismereteink bővülésével és az 1960-as években lefektetett modern sugárvédelmi elvek elterjedésével az ionizáló sugárzásokat kiaknázó csodaszerek száma jelentősen visszaszorult, azonban még így is sok említésre méltó példa akad napjainkban is olyan szerekből, amelyek radioaktív anyagot tartalmaznak, és fogyasztói cikként igyekeznek azokat értékesíteni.

Az előadás elsősorban az indokoltságra fektet hangsúlyt a sugárvédelem hármas alapelveiből (indokoltság – korlátozás – optimálás). Bemutat néhány olyan esetet és példát, ami megmosolyogtató lehet, ugyanakkor fontos következtetése, amelyet érdemes magunkévá tenni, hogy kellő óvatossággal és körültekintéssel szabad csak megtennünk az első lépéseket az ismeretlenbe.

### **PéDe3.4.** *Modern sugárterápiás technikák*

**Pócza Tamás**

Országos Onkológiai Intézet

A rákos megbetegedések Magyarországon és világszinten is a vezető halálokok közé sorolhatóak. A sebészi és szisztémás kezelések mellett körülbelül a betegek 40 %-ának van szüksége sugárkezelésre. A sugárterápia korábban az esetek többségében csak kiegészítő kezelésként volt használható, de manapság egyes esetekben már a műtéttel egyenértékű túlélési statisztikát lehet vele elérni, kedvezőbb mellékhatásprofil mellett. A legújabb fejlesztések segítségével néhány mm pontossággal végezhető el a beteg kezelése, így az ép szövetek védelme mellett, a leadható terápiás dózis is növelhető. A pontosság növekedése fizikusi részről a minőségbiztosítási rendszerek átalakítását követeli meg. Szigorúbb kritériumokat kell alkalmazni a besugárzóeszközök működési paramétereinek vizsgálatakor, és a mechanikai-dozimetriai tulajdonságok gyakoribb ellenőrzése is szükségessé válik. A modern technikák segítségével lehetőség nyílik a tumoron belüli rezisztensebb régiók dóziseszkalációjára, a mozgó tumorok követésére, illetve a kezelés közben fellépő anatómiai változások követésére. A reprodukálhatóság és a jobb konzisztencia érdekében egyre több mesterségesintelligencia-alapú, automata megoldás jelenik meg a piacon a kontúrozás, a tervezés, illetve a minőség-ellenőrzés segítésére.

### **PéDe3.5.** *A Pille fedélzeti termolumineszcens dózismérő rendszer az űrhajósok szolgálatában*

**Hirn Attila, Apáthy István, Csőke Antal, Deme Sándor**

MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Idén van 40 éve annak, hogy a legismertebb hazai, űrben használt műszer, a Pille első változata elkészült. A berendezést Farkas Bertalan vitte magával 1980-ban a Szaljut-6 űrállomásra. Különböző változataival azóta valamennyi állandóan lakott űrállomás fedélzetén végeztek méréseket, sőt az amerikai űrsikló fedélzetére is eljutott. Jelenleg a Nemzetközi Űrállomás (ISS) orosz szegmensében a szolgálati dozimetriai rendszer részeként üzemel. A történet pedig közel sem ért véget. Legutóbb 2018 nyarán jutott fel a Pille legújabb példánya, hogy az ott már 15 éve folyamatosan és megbízhatóan működő rendszert leváltsa. A tervek szerint a rendszer egészen az űrállomás élettartamának végéig, azaz legalább 2024-ig fogja szolgálni az orosz űrhajósokat az ISS fedélzetén. A rövid történeti áttekintés után a 2018. év fejleményeit, valamint a rendszer legújabb fejlesztéseit mutatjuk be.

### **PéDe3.6.** *A légzőrendszer radonleányelemek bomlásából származó sugárterhelésének modellezése*

**Füri Péter**

MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

A radonleányelemek belégzése a természetes eredetű sugárterhelés fő forrása. A dohányzás után a radon okozza a legtöbb tüdőrákos esetet. A sugárvédelem fontos feladata tehát a radonleányelemek bomlásából származó sugárterhelés vizsgálata.

A leányelemek légzőrendszeri kiülepedéseloszlása kísérleti eljárásokkal ma még nem vizsgálható a szükséges felbontással. Numerikus modellekkel azonban akár a kis légutakban ( $d < 2$  mm) is szimulálható a belélegzett radioizotópok kiülepedéseloszlása, nyáktisztulása, illetve a bomlások által okozott sugárterhelés is.

A légzőrendszer sugárterhelését meghatározó változók realiztikus modellezéséhez egy egyéni szabható nyáktisztulási, illetve sejtmag dózismodellt dolgoztunk ki a Sztochasztikus Tüdőmodellben. Az elvégzett szimulációk eredményei alapján kijelenthető, hogy a sugárterhelés rendkívül inhomogén a légzőrendszerben, valamint a nyáktisztulás jelentősen befolyásolja az elnyelt sejtmag dóziseket. Ezen eredmények jól demonstrálják, hogy a radonleányelemek bomlásából származó sugárterhelés meghatározásához egy olyan dozimetriai modellre van szükség, mely képes a belélegzett radonleányelemek kiülepedésének, nyáktisztulásának és bomlásának lokális, azaz legalább légúti generációfelbontású szimulálására. E cél eléréséhez egyedülálló eszköz a Sztochasztikus Tüdőmodell Radact változata.



### PéDe4.1. Szuperkritikus pszeudoforrás, azaz meddig folyadék a folyadék

**Imre Attila**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

A kritikus nyomás és hőmérséklet feletti szuperkritikus régió léte lehetőséget ad arra, hogy a kritikus pontot „megkerülve” forrás (elsőrendű fázisátmenet) nélkül juthassunk folyadékból gőzfázisba és vissza. Az ilyen átmenetek esetén egy ideig még folyadékszerű állapot, majd egy hőmérsékletben és nyomásban nem nulla szélességű régió után gőz/gázszerű állapotokkal találkozhatunk. A  $p$ - $T$  térben köztük levő diffúz régiót, illetve az ezen való áthaladást pszeudoforrásnak nevezik. A pszeudoforrás sok szempontból tényleg olyan, mintha a forrás egy „szétkent” változata lenne. Az előadásban megmutatjuk, hogy a pszeudoforrás valójában nem az általunk jól ismert forrás jelenségével rokon, hanem a jóval kevésbé ismert, úgynevezett spinodális anomáliákkal.

### PéDe4.2. Fisher-információ, Rényi-dimenziók és entrópiák

**Nagy Ágnes**

Debreceni Egyetem

A termodinamika felépíthető a Fisher-információ [1] felhasználásával [2]. A kanonikus sokaságban a Fisher-információ, melynek paramétere az inverz hőmérséklet, az energia szórásnégyzetével egyezik meg. A termodinamika jól ismert entrópiareprezentációja helyett Fisher-információ-reprezentációt is használhatunk a megfelelő Legendre-transzformáltak előállításával.

A kaotikus dinamikai rendszerek vizsgálhatók a termodinamika és a statisztikus fizika módszereivel. A multifraktálok termodinamikája [3,4] átfogalmazható a „Fisher-termodinamika” segítségével [5-7]. A Fisher-információ kifejezhető a Rényi-dimenzióval. Tovább általánosítva a formalizmust megadhatjuk a Fisher-információt a Rényi-entrópiával.

[1] R. A. Fisher, Proc. Cambridge Philos. Soc **22**, 700 (1925).

[2] A. Porporato, Phys. Rev. E **89**, 042126 (2014).

[3] Tél Tamás, Fizikai Szemle **38**, 414 (1988).

[4] C. Beck, F. Schlögl, *Thermodynamics of chaotic systems: An introduction*, Cambridge Univ. Press (1993).

[5] B. Godó, Á. Nagy, Chaos **26**, 083102 (2016).

[6] B. Godó, Á. Nagy, Chaos **27**, 073104 (2017).

[7] B. Godó, Á. Nagy, J. Math. Phys. **58**, 052702 (2017).

### **PéDe4.3.** *Ballisztikus transzport: elméleti és kísérleti eredmények*

**Kovács Róbert**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Fourier-hővezetésen túli jelenségek megléte több évtizede ismert és kísérletileg is bizonyított. Annak ellenére, hogy már lassan 70 éve annak, hogy Peshkov [1] folyékony héliumban kimutatta a hő hullámterjedési formáját („második hang”), valamint a ’60-as évek végén Jackson, Walker és McNelly [2] a ballisztikus hőterjedést is sikeresen kimutatta kísérleti úton, az irodalomban nincsen egy általánosan elfogadott elmélet e jelenségek modellezésére.

A jelen munkában egyrészt a nemegyensúlyi termodinamika belső változókkal és Nyíri-szorzókkal való kiegészítését tárgyaljuk, amely elsősorban a ballisztikus hővezetéshez kapcsolódó NaF-kísérleteken került tesztelésre [3]. Itt két teljes kísérletsorozat kiértékelését mutatjuk be, amelynek egyik eredménye a relaxációs idők hőmérsékletfüggésének kimutatása.

Másfelől, a hővezető szilárd közegekre alkalmazott nemegyensúlyi termodinamikai hátteret kiegészítjük ritka (alacsony nyomású) gázok leírására is, amely a klasszikus Navier–Stokes–Fourier-egyenletek kiterjesztéséhez vezet. Mivel a kapcsolódó kísérletekben széles, több nagyságrendet átölelő nyomástartományok játszanak szerepet, ezért központi kérdés a viszkozitás és a hővezetési tényező tulajdonságainak ismerete, és azoknak a modellezésben való figyelembevétel.

Végül, a ritka gázok és az alacsony hőmérsékletű hővezetési jelenségek közötti analógiákról is szót ejtünk, az egyenletek szerkezetére, az egyes mennyiségek közötti szükséges csatolásokra való tekintettel.

[1] V. Peshkov, J. Phys. (Moscow) **381**, (1944).

[2] H. E. Jackson, C.T. Walker and T.F. McNelly, Phys. Rev. Lett. **25**, (1970).

[3] R. Kovács and P. Ván, Int. J. Heat and Mass Transfer **83**, 613 (2015).

## PéDe4.4. Termogravitáció és fázismezők

Ván Péter

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A klasszikus kontinuumelméletek gyengén nemlokális, azaz az alapmezők térbeli deriváltjait magasabb rendben tartalmazó kiterjesztéseit gyengén nemlokálisnak nevezzük. A hidrodinamikában legalább Van der Waals, illetve Korteweg óta ismertek ilyen elméletek, a rugalmasságtanban pedig például a Cosserat testvérek, Mindlin és Eringen munkái mutatnak ebbe az irányba. A nemegyensúlyi termodinamika keretein belül szisztematikus és konstruktív módszerek fejlődnek az utóbbi időben gyengén nemlokális általánosításokra is. Ezek előnyei, hogy automatikusan termodinamikailag konzisztensek, azaz nem sértik a második főtételt.

A legérdekesebb példákat akkor kapjuk, ha a kontinuum struktúráját absztrakt módon modellező belső változókat is megengedünk. A fázismezőmodellek (Allen–Cahn, Cahn–Hilliard, etc.) is ilyenek, de általánosított kontinuumok, illetve a hővezetés Fourier-egyenletének legújabb, kísérletileg is sokoldalúan igazolt kiterjesztései is ebbe az elméletcsaládba tartoznak [1, 2].

Ebben az előadásban megmutatom, hogy egyetlen skalár belső változó gradienségyzetes gyenge nemlokalitással a második főtétel következményeként kényszerek nélkül az Allen–Cahn-, mérlegkényszerrel a Cahn–Hilliard-egyenletet kapjuk. Ha pedig az energia gyengén nemlokális kiterjesztését vizsgáljuk, akkor ugyanaz a módszer a gravitációs potenciálra vonatkozó Poisson-egyenletre vezet három feltétel teljesülése esetén. Egyrészt a belső változó energia típusú, abban az értelemben, hogy a belső energiasűrűség additívan leválasztható része. Ezen kívül a vonatkozó folyamatok ideálisak, azaz nem disszipatívok, nem termelnek entrópiát. Harmadszor pedig a kontinuitási egyenlet, az impulzuserő és az energiamérleg szokásos formája fennállnak és kényszerek az entrópiamérleg kiszámításában [3].

A kapott gravotermomechanika fontos sajátossága, hogy a gravitációs tér az impulzuserőlegben akár térfogati, akár felületi erőnek is tekinthető. A termodinamikai keretelméletben a gravitációs feszültség a természetes, ekkor kapunk világos egyszerű általánosításokat disszipatív csatolásokat más kölcsönhatásokkal, illetve a vonatkozó kezdetiérték-feladatok természetes peremfeltételei megváltoznak.

Röviden tárgyalunk ellenőrzési lehetőségeket és jóslatokat, például a gravotermikus instabilitás, a newtoni zaj illetve a relativisztikus elméletek kapcsán.

[1] Ván P., Generalized Models and Non-classical Approaches in Complex Materials **V1**, 745 (2018).

[2] A. Berezovski and P. Ván, *Internal Variables in Thermoelasticity*, Springer (2017).

[3] P. Ván and S. Abe, arXiv:1905.10631 [cond-mat.stat-mech] (2019).

## PéDu1.1. *Mágneses vékonyfilmek vizsgálata*

**Gulyás Szilvia**

Debreceni Egyetem

A nanoszerkezetű filmekben lejátszódó diffúziós folyamatok és szilárdtest-reakciók gyakran sajátos, a mikrokristályos anyagokban megfigyelhetőtől eltérő (vagy ott nem jelentős) folyamatokat indukálnak, vagy ilyenek során mennek végbe. Ezen folyamatok során kialakuló, sok esetben rendezett fázisok befolyásolják az anyagok fizikai (pl. mágneses) tulajdonságait, ezért kialakulásuk körülményeinek feltárása, a keletkezés elősegítésének, vagy éppen elkerülésének lehetőségei lényeges kérdések.

A vizsgálatokhoz Fe/Pt(/X) és Fe/Pd(/X) vékonyréteg-rendszereket készítettünk magnetronos porlasztással. Az elkészült mintákat vákuumban hőkezeltük viszonylag alacsony hőmérsékleten (300 – 500 °C), majd a hőkezelés során bekövetkező változásokat szekunder neutrálisrész tömegspektrométerrel (SNMS) és röntgendiffrakcióval (XRD) vizsgáltuk. A mérési eredmények alapján mindkét rendszer esetében a harmadik komponens (X) jelentősen befolyásolta, elősegítette a rendezett fázisok kialakulását.

## PéDu1.2. *n-típusú szilíciumcellák vizsgálata különböző átmenetifémek szabályozott ppb-szintű szennyeződésével*

**Soha Márton<sup>1</sup>, Braun Mihály<sup>1</sup>, Takáts Mihály<sup>1</sup>, Csík Attila<sup>1</sup>, Hakl József<sup>1</sup>, Fodor Tamás<sup>1</sup>, Michael Haslinger<sup>2</sup>, Mateusz Gocyla<sup>2</sup>, Joachim John<sup>2</sup>, Vad Kálmán<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>IMEC, Leuven, Belgium

A félvezető szilíciumcellák szennyeződése nagymértékben befolyásolja azok működési tulajdonságait, mint például a kisebbségi töltéshordozók élettartamát. A gyártás során el kell kerülni a fém szennyeződéseknek a szilíciumba történő beépülését (a szilíciumöntvény fűrészelése utáni sérülések eltávolítása), mivel csökkentik a napelemek teljesítményét. Ennek a hatásnak a feltárása érdekében szabályozott szennyezéseket végeztünk úgy, hogy a szilíciumlemezeket híg HCl-alapú (pH = 1.3) oldatba merítettük, amelyek pontosan meghatározott mennyiségű 30, 100, 300 és 1000 ppb fémkoncentrációt tartalmaztak. A két leggyakoribb és leginkább károsító átmeneti fém, a vas és a réz volt tesztelve. Két különböző módszert alkalmaztunk a felületi szennyeződés meghatározására, és egy módszert a kisebbségi töltéshordozók élettartamának mérésére. Az élettartam-mérőműszer tartalmaz egy, a Sinton Instruments által előállított WCT-120 típusú fotovezető-mérési rendszert, amelyet mintavételi lépésként használnak a lemezekon lévő fotolumineszcencia-mérésekhez. Ezt a rendszert a kisebbségi töltéshordozó élettartamának mérésére is használtuk. A felszíni fémkoncentrációkat a TXRF (Total Reflection X-ray Fluorescence, Teljes Visszaverődés Röntgen Fluoreszcencia) mérésekkel vizsgáltuk, és a LA-ICP-MS-re (Laser Ablation Inductively Coupled Mass Spectrometry, Lézer Abláció Induktív Csatolt Plazma Tömegspektrometria) egy eljárást dolgoztunk ki a fémkoncentráció és a behatolási mélység meghatározására. LA-ICP-MS-nél az információkat összegyűjtöttük szomszédos kör alakú felületektől. Egy kör átmérője 100  $\mu\text{m}$ , a lézer energiasűrűsége 5  $\text{J cm}^{-1}$  volt. Az LA-ICP-MS-módszer a ppb-szintű felületi szennyeződések mérésének hatékonyságát bizonyította. Az eredményeket összehasonlítottuk a TXRF által kapott felületi koncentrációval és az élettartamtesztekkel.

### **PéDu1.3.** *Rh(111) felületen létrehozott hexagonális bór-nitrid nanoháló kölcsönhatása fémekkel*

**Vári Gábor<sup>1</sup>, Gubó Richárd<sup>2</sup>, Kiss János<sup>1</sup>, Farkas Arnold<sup>2</sup>, Palotás Krisztián<sup>1</sup>, Óvári László<sup>1,2</sup>, Berkó András<sup>1</sup>, Kónya Zoltán<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem

<sup>2</sup>ELI-ALPS Kutatóközpont, Szeged

A kétdimenziós (2D) hexagonális bór-nitrid (h-BN) monorétegek ígéretes szigetelő jellegű nanoelektronikai alkotóelemek. Fém szubsztrátokon a h-BN monoréteg szerkezetét a fém-nitrid kölcsönhatás erőssége és a rácsállandó-eltérés mértéke határozza meg. A Rh(111) esetén a h-BN monoréteg egy periodikusan korrugált felületi struktúrát alkot, ez az úgynevezett „nanomesh” („nanoháló”) [1,2], mely nanotemplátként használható [3]. Ezzel szemben a rézcsoportban lévő fémek felületén a h-BN film nem, vagy alig korrugált, mivel a szubsztrát és a film közötti kölcsönhatás gyenge. E különbség motiválta a munkánkat, amelyben egyrészt az arany és a h-BN/Rh(111) kölcsönhatását vizsgáltuk, másrészt tanulmányoztuk a h-BN növekedését kétfémes Au/Rh(111) felületen is. Egy korábbi munkánkban pásztázó alagút-mikroszkópiával (STM), kisenergiájú ionszóródási spektroszkópiával (LEIS) és röntgen-fotoelektron spektroszkópiával (XPS) bizonyítottuk, hogy a ródium és az arany felületi ötvözetet képez 700 K feletti hőmérsékleteken, habár tömbi fázisban nem elegendnek.[4]

Az arany alapvetően 3D klasztereket alkot a nanomesh felületén 300 K-en. 1050 K hőmérsékletig a lépcsőzetes felfűtések során az arany interkalációja az elsődleges folyamat, viszont agglomeráció és párolgás is előfordul korlátozott mértékben. Bár az arany és a ródium felületi ötvözetet képez az interkaláció után, 0,90 ML-ig, az Au jelenléte a h-BN réteg alatt nem befolyásolja jelentősen a nanomesh szerkezetét. Vizsgáltuk a h-BN növesztését az Au-Rh ötvözet felületen is, bórazin magas hőmérsékletű bontásával. Az STM-mérések alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy 0,9 ML-es aranyborítottságig a nanoháló szerkezete csak kis mértékben változik, viszont 1,50 ML vagy annál nagyobb arany mennyiségeknél a h-BN nanoháló korrugációja megszűnik.

[1] M. Corso et al., Science **303**, 217 (2004).

[2] R. Laskowski et al., J. Phys.: Condens. Matter **20**, 64207 (2008).

[3] I. Brihuega et al., Surf. Sci. **602**, L95 (2008).

[4] L. Óvári et al., Phys. Chem. Chem. Phys. **18**, 25230 (2016).

**PéDu1.4.** *Lepkék pikkelyeiben előforduló fotonikus nanoszerkezetek alkalmazása optikai elvű gőzérzékelőként***Pisztter Gábor<sup>1</sup>, Kertész Krisztián<sup>1</sup>, Bálint Zsolt<sup>2</sup>, Biró László Péter<sup>1</sup>**<sup>1</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest<sup>2</sup>Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest

A lepkék szárnyain gyakoriak a fotonikus nanoszerkezeteken alapuló színek, amelyek különleges fémes csillogással vagy színjátészó visszaveréssel is rendelkezhetnek. Az elmúlt évtizedekben, a fizika és az anyagtudomány szemszögéből közelítve, a lepkéken előforduló szerkezeti színek feltérképezése, valamint az azokat előállító fotonikus nanoszerkezetek működésének megismerése volt a tudományterület egyik legmeghatározóbb feladata. Fontos azonban a szerkezeti színekkel kapcsolatos biológiai háttérű kérdések vizsgálata is, amelyek információkkal szolgálhatnak az élőlények életmódjáról, fejlődéséről, valamint a kialakulásuk részleteiről is. Az így nyert tudás eredményesen hasznosítható a potenciális alkalmazások esetében, amelyek e biológiai eredetű mintákat használják fel.

A boglárkalepkék szárnyai a bennük található háromdimenziós fotonikus nanoszerkezeteknek köszönhetik élénk kék színüket. Ha kicseréljük a lepkét körülvevő levegőt valamilyen illékony anyag gőze és levegő keverékére, az eredetileg kék szárnyak megváltoztatják a színüket, mivel a gőzök hatására megváltoznak a fotonikus nanoszerkezet optikai tulajdonságai. Ez a jelenség lehetővé teszi a lepkeszárnyak optikai elvű gőzérzékelőként történő alkalmazását [1]. A szárnypikkelyekben található fotonikus nanoszerkezetek olyan kitin nanokompozitok, amelyek pár száz nanométeres beágyazott levegőüregeket tartalmaznak. A nanokompozit gőzérzékelési képessége a kapilláris kondenzáción alapul, amely során a kísérletben alkalmazott, különböző koncentrációjú gőzök lecsapódnak a nanopórusokban, kiszorítva onnan a levegőt. Az így létrejövő törésmutató-változás a szárnyak visszavert színének megváltozását okozza.

Előadásomban bemutatom boglárkalepkék hímjeire jellemző, egyedi kék szerkezeti színeket [2]. Kitérek a szín természetes változatosságára [3], stabilitására [4] és módosíthatóságára [5]. Bemutatom az egész lepkeszárnyból [6], valamint az egyedi szárnypikkelyekből [7] készített optikai elvű detektort, amely gőzök és gőzkeverékek kémiaiag szelektív érzékelésre képes. A pikkelyekben lévő fotonikus nanoarchitektúra felületének megfelelő módosításával a szenzor érzékenysége és szelektivitása hangolható [8], és az így nyert lepkeszárnyakból gőzszelektív és -érzékeny szenzorsorok készíthetők.

[1] Potyrailo R. A. et al., *Nature Photonics* **1**, 123 (2007).[2] Bálint Zs. et al., *Journal of the Royal Society Interface* **9**, 1745 (2012).[3] Pisttér G. et al., *PLOS ONE* **11**, e0165857 (2016).[4] Kertész K. et al., *Scientific Reports* **9**, 2338 (2019).[5] Kertész K. et al., *Scientific Reports* **7**, 1118 (2017).[6] Pisttér G. et al., *Optics Express* **22**, 22649 (2014).[7] Kertész K. et al., *Sensors* **18**, 4282 (2018).[8] Pisttér G. et al., *Sensors* **16**, 1446 (2016).

**PéDu1.5. Nehéz ionok kölcsönhatása orvosi implantátumok felületével: fizika és biológia****Hajdu Péter<sup>1</sup>, Biri Sándor<sup>1</sup>, Rácz Richárd<sup>1</sup>, Csík Attila<sup>1</sup>, Hegedűs Csaba<sup>2</sup>**<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen<sup>2</sup>Debreceni Egyetem, Fogorvostudományi Kar

A szilárdtest-felületek szerkezetének és összetételének megváltoztatása egy jól körülhatárolt cél érdekében (más néven funkcionálizálása) kulcsfontosságú az anyagok széleskörű, sokoldalú alkalmazásában. A funkcionálizált felületekkel találkozhatunk több területen is; az elektronikától a kémián keresztül egészen az orvostudományig.

A fogászatban leggyakrabban titánt és ötvözetait, valamint cirkónium kerámiákat alkalmaznak implantátumok és fogpótlások anyagaiként. Széles körű fogászati felhasználásuk kulcsa biokompatibilitásukban rejlik. A pótlások élettartamának növelése érdekében elengedhetetlenül fontos, hogy megerősítsük a kerámiaalapú protézisek és ragasztóanyagaik közti kötést, növeljük a ragasztás szilárdságát. Ezüsttel bevont titán implantátumok esetén pedig elemi fontosságú, hogy növeljük annak antibakteriális hatását.

Az Atomki ECR (elektron-ciklotronrezonanciás) ionforrása által előállított különböző energiájú ionokkal sugárzunk be implantátumanyagokat, és vizsgáljuk hatását. Munkánk a különböző töltésállapotú és energiájú ionok (O, Ca, Si, Ag, Au) és a kiválasztott hordozók kölcsönhatásán túl nanostrukturálásra, a felületen lévő nanorészecskék fizikai paramétereinek meghatározására, valamint a titán és cirkónium felületeire ráporlasztott vékony rétegek biológiai hatására fókuszál. A besugárzott ionok, illetve a felületre porlasztott réteg nagy mértékben növelheti a fogászatban használt titánimplantátumok, titán-oxid felületek biokompatibilitását, bioaktivitását (sejtnövekedés, antibakteriális és gyulladáscsökkentő hatás).

PhD-hallgatóként fogorvosi implantátum anyagok felületét kezelem, és vizsgálom fizikai módszerekkel. Bemutatom az eljárások főbb elemeit, és az eddigi eredményeket.

## **PéDu2.1.** *A torziós ingától az űrgravimetriáig*

**Komáromi Annamária**

Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest

Eötvös Loránd híres torziós ingáját egészen a hatvanas évekig használták a gravitációs mező egyenetlenségeinek kimutatására még az iparban is. Felmerülhet a kérdés a dákok részéről, hogy Eötvös Loránd után 100 évvel vajon milyen eszközökkel hajtják végre ezeket a méréseket? Válaszként elmondhatjuk, hogy napjainkban repülőgépek, illetve műholdak segítségével történik a Föld gravitációs mezejének mérése. Időközben kialakult egy új tudományterület is, az űrgravimetria, melynek nemzetközileg is elismert szakértője Izsák Imre, akit tanításunk során érdemes megemlíteni.

2018 novemberében bocsájtották fel a GRACE Follow műholdpárost, melyek a jelenlegi legmodernebb technikával a lézerinterferometria segítségével végeznek méréseket. Manapság egyre inkább terjedőben van a fizikaórai méréseknél az Arduino használata. Diákjaim Arduinóval elkészítették a GRACE Follow műholdpáros mérésének egy nagyon leegyszerűsített változatát, melyet előadásomban bemutatok.



## **PéDu2.2.** *Hőtani témák kutatásalapú feldolgozása az általános iskolában*

**Radnóti Katalin**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest és Szegedi Tudományegyetem

Napjainkban kutatás alapú társadalomban élünk, melyre fel kell készíteni diákjainkat. Szám-talan a legkülönbözőbb témákról szóló kutatással kapcsolatos hír lát napvilágot a sajtóban, TV-ben, rádióban. El kell tudni dönteni, hogy az ténylegesen kutatás lehetett-e? Kérdéseket kell tudni megfogalmazni a kutatással kapcsolatban.

Több országban elterjedt gyakorlat, napjaink szakmódszertani fejlesztéseinek egyik meghatározó eleme a természettudományos nevelésben a kutatásalapú természettudomány tanítás koncepciója. Több nemzetközi projekt is feladatául tűzte ki ennek a tanítási gyakorlatban való elterjesztését, ezért fejlesztőmunkánk során mi is ehhez nyúltunk.

Fontos feladatnak tekintjük a kutatási készségek fejlesztését a fizika tantárgy tanulása során is, mely elsősorban az empirikus vizsgálatokhoz, a kísérletezéshez köthető, bár a számításhoz feladatok esetében is megjelenhet.

Ez nemcsak azon diákok számára fontos, akik majd természettudományos területen szeretnének továbbtanulni, hanem mindenkinek. Egyrészt egy fegyelmezett gondolkodásmódot, megismerési algoritmust tanulnak, de – reményeink szerint – ezzel a gondolkodásmóddal felvértezve képesek lesznek eligazodni napjaink sokféle tudományos és áltudományos hírei közt is.

A munka során a kötelező tananyagot feldolgozó tanórákba illeszthető foglalkozásterveket készítettünk általános és középiskolás diákok számára, melyekben a természettudományos megismerési folyamat módszereinek a tanulmányozására is nagy hangsúlyt fektettünk módszertani ajánlásokkal együtt (70 darab). Javaslatokat készítettünk az oktatási folyamatba való beillesztéshez, több helyen saját hallgatóim és a közoktatásban dolgozó kollegák tapasztalataival kiegészítve.

Kiemelten fontosnak tartjuk az általános iskolai oktatásra való odafigyelést, mert az alapozza meg a tanulók későbbi érdeklődését, sikerességét, illetve a szakkörökbe, tehetség gondozó foglalkozásokba való későbbi bekapcsolódását.

Az előadásban bemutatom a 7. évfolyamon feldolgozásra kerülő hőtani témakörre kidolgozott fejlesztő programunkat, és beszámolok annak kipróbálásáról. A kísérleti és kontrollcsoportos, elő- és utómérés típusú kísérletünk 2018 őszén indult a 7. évfolyamon, 129 fős kísérleti és 160 fős kontrollcsoporttal. Az elő- és utómérésben vizsgáltuk a tanulók fizikatudását, a természetismeret, illetve a fizika tanulásának motivációit és a kutatási készségek fejlettségét.

Az oktatási kísérlet tapasztalatainak alapján elmondhatjuk, hogy az új módszer eredményeképp jobb lett a diákok tantárgyi tudása, a fogalmi megértés szintje. Ez kimutatható már egy témakör feldolgozása során is. A kísérleti oktatásban részt vett diákok szignifikánsan jobb teljesítményt nyújtottak. A diákok abszolút kedvezően nyilatkoztak a módszerről az attitűdkérdések válaszában.

A kutatás az MTA Szakmódszertani Pályázat támogatásával készült.

### **PéDu2.3.** *A 2019-es Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia (IOAA) tapasztalatai*

**Szalai Tamás**

Szegedi Tudományegyetem

47 ország több mint 250 diákja részvételével 2019 augusztus 2–10. között kerül sor a Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia (IOAA) idei döntőjére, amelynek – mindössze 8 évvel azután, hogy hazánk egyáltalán becsatlakozott a versengésbe – Magyarország ad otthont. Az előadás során (néhány nappal a nagyszabású esemény lezárulása után) szeretnénk beszámolni az érdeklődőknek a remélhetőleg minden szempontból pozitív szakmai és szervezési tapasztalatokról. Az elsősorban fizikatanár kollégáinknak szánt előadás keretében bemutatjuk a hazai válogatóversenyek kapcsán összegyűlt csillagászati segédanyagainkat is, amelyek mind a következő évek versenyeire való felkészítés, mind általános oktatási célok kapcsán hasznosak lehetnek.

## PéDu2.4. *Mozgás a forgó Földön: a ciklonoktól az Eötvös-mérlegig – „vezetett túra” középiskolásoknak*

**Szeidemann Ákos<sup>1</sup>, Tél Tamás<sup>2</sup>, Gróf Andrea<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Eötvös József Gimnázium és Kollégium, Tata

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

<sup>3</sup>Karinthy Frigyes Gimnázium, Budapest

Napjainkban a hírek vezető témája lett a klímaváltozás és az emberiség ebben játszott szerepének elemzése. A meglehetősen komplex jelenségkör megértése sok esetben egyszerűsítéseket hoz magával a közérthetőség elérése érdekében. A háttérben meghúzódó fizikai törvényszerűségek azonban egy középiskolás számára is megérthetővé válnak, ha kellően motivált a témában. Meggyőződésünk, hogy egyre fontosabbá válik a fiatalok természettudományos ismeretei közé olyan információkat csempészni, amely képessé teszi őket a környezetben zajló folyamatok önálló értelmezésére.

A légköri és óceáni áramlások kialakulásának egyik legalapvetőbb befolyásoló tényezője a forgó Föld hatása. A Coriolis által fölsímt hatása a középiskolai oktatásban is megjelenik, Magyarországon a földrajz tantárgy tananyagában szerepel. A fizika tantárgy nem foglalkozik ezzel a jelenségkörrel, így a diákokban általában tévképzetek alakulnak ki, a mozgásokat nem tudják helyesen értelmezni, illetve nem látják, hogy a Coriolis-hatás mely esetekben okoz döntő járulékot a mozgás kialakulásában, és mikor nem.

Több éves tanítási tapasztalatainkból kiindulva kidolgoztunk egy internetes tananyagot, amely alkalmas lehet arra, hogy a diákokat végigvezesse egy gondolatmeneten ebben a témában. A tananyag felépítésekor ügyeltünk arra, hogy az elmélyülést kevésbé igénylő és a részletesebb fizikai háttér megértését megkívánó diákok is komplex képet kapjanak a Coriolis-hatás jelentőségéről. A szakanyag alapvetően lineáris felépítésű, de itt-ott van lehetőség részletesebb magyarázat megismerésére is. Az oldal videókat is tartalmaz, amelyek segítik a megértést. Továbbá érdekességek és egyszerűbb számítási feladatok is helyet kaptak az anyagban.

A tananyag felépítése a következő:

- témafeleltetés, papírlapos kísérletek (egyszerű, otthon is elvégezhető demonstráció)
- a hatás nagyságrendjének megértése
- a forgó Földön zajló néhány jelenség értelmezése
- a lefolyó
- tudománytörténeti kitekintés
- környezeti áramlások és a Coriolis-hatás
- meteorológiai jelenségek, óceáni áramlások
- laboratóriumi kísérletek

Az elkészült tananyagot folyamatosan fejlesztjük és teszteljük. Azt reméljük, hogy a diákok a tananyagban való végighaladás közben számos tévképzettől (pl. lefolyó, egyenlítő környéki hatás) megszabadulnak, illetve megértik a forgó Földön zajló áramlások egyik alapvető befolyásoló tényezőjének hatását.

Az előadásban külön kitérek az Eötvös-hatásra, amely még kevésbé ismert a diákok körében.

<http://theorphys.elte.hu/fiztan/coriolis/>

**PéDu3.1.** *Mn<sub>3</sub>X (X=Sn, Ge, Ga) gyenge ferromágnessége***Deák András, Nyári Bendegúz, Szunyogh László**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A Mn<sub>3</sub>X (X=Sn, Ge, Ga) rendezett ötvözetek a hexagonális kristályszerkezetükben összetett mágneses viselkedést mutatnak. Neutrodiffrakciós kísérletekből és korábbi elméleti munkákból ismert, hogy ezen antiferromágnesek háromszöges mágneses rendeződésre hajlamosak, a háromszöges rend gyengén ferromágneses torzulásával. Munkánk keretében elektronszerkezet-számítási módszerekkel próbáljuk feltérképezni ezen rendszerek komplex nem kollineáris mágnességét. A Korringa–Kohn–Rostoker-féle többszörös szóráselmélet keretein belül az úgynevezett spinklaszterkifejtés segítségével spinmodell-paramétereket számolunk. A paraméterekből származtatott háromalrácsos effektív spinmodell segítségével csoportelméleti analízist végzünk, és analitikus összefüggéseket keresünk a gyengén ferromágneses torzulás kvantitatív leírására. Végezetül önkonzisztens első elvekből történő számolásokkal közvetlenül is megvizsgáljuk az alapállapoti spinszerkezetek gyengén ferromágneses torzulásait, különös tekintettel a pályamomentumok és a spin-pálya csatolás szerepére.

**PéDu3.2.** *Topologikus Majorana-quantumbitek kiolvasása***Széchenyi Gábor<sup>1</sup>, Pályi András<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Egydimenziós topologikus szupravezetők kétszeresen degenerált alapállapota képezheti egy jövőbeli kvantumszámítógép topologikusan védett kvantumbitjét. Elméleti munkánkban vizsgáljuk, hogyan különböztethető meg a két különböző paritású alapállapot. A módszer a paritás-töltés konverzió alapul, azaz a szupravezető drót alapállapotának paritását átkonvertáljuk egy a dróthoz alagútcsatolással kapcsolt segédkvantumdot töltésállapotává. A paritás-töltés konverzió hatékonyságát számos folyamat korlátozhatja, így például (i) a magasabb energiájú állapotok betöltődése az erős alagútcsatolás miatt, (ii) töltésaj miatti nem teljes Rabi-oszcillációk és (iii) fononabszorpció és fononemisszió miatti töltésrelaxáció. Meghatároztuk azt az ideális alagútcsatolás-értéket, melynél a leghatékonyabban valósítható meg a paritás-töltés konverzió. Numerikus értékeinket InAs-alapú eszközökre számoltuk ki.

### PéDu3.3. *Berry-görbület és spin-pálya csatolás atomi vastagságú kétdimenziós anyagokban*

**Kormányos Andor**

Universität Konstanz, Németország és Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A Bloch-állapotok kiralitása fontos szerepet játszhat az anyagok elektromos és optikai tulajdonságainak megértésében. Egyes kétdimenziós anyagok sávszerkezetében található völgyekben a Bloch-állapotok kiralitása azt is lehetővé teheti, hogy a völgyekre mint információhordozó szabadsági fokra tekinthessünk és azt manipulálhassuk.

A két atomi réteg vastagságú átmenetifém-dikalkogenidekben a Bloch-állapotok kiralitása kapcsolatban hozható a Berry-görbülettel. Ezen anyagok sávszerkezetének Berry-görbülettel kapcsolatos tulajdonságait vizsgáltuk, amelyet nemrégí kísérleti eredmények is motiválnak[1,2]. Megmutatjuk, hogy ebben a rendszerben a Berry-görbülethez az egyes rétegek sávszerkezetének belső tulajdonságai és a rétegek közötti csatolás is ad járulékot. Ez utóbbi miatt a Berry-görbület külső elektromos tér segítségével változtatható, amely egy ritka példa lehet hangolható topologikus tulajdonságokra. A Berry-görbület a transzport tulajdonságokra is kihatással van, és pl. véges spin-Hall-vezetőképességhez vezet. Megmutatjuk, hogy bizonyos szempontból a kétrétegű átmenetifém-dikalkogenidek a topologikus anyagok fizikájából ismert Chern-szigetelőkhöz hasonlóan viselkednek[3].

Az előadás második részében röviden ismertetem a grafénban keltett spin-pálya csatolással kapcsolatos közelmúltbeli munkánkat[4].

[1] J. Lee et al., Nat. Nanotechnol. **11**, 421 (2016).

[2] N. Ubrig et al., Nano Lett. **17**, 5719 (2017).

[3] A. Kormanyos et al., Phys. Rev. B **98**, 035408 (2018).

[4] A. David et al., arXiv:1905.08688 [cond-mat.mes-hall] (2019).

### PéDu3.4. *Szimmetriavédett topologikus fázisok nemegyensúlyi viselkedése*

**Hagymási Imre<sup>1,2</sup>, Claudius Hubig<sup>3</sup>, Legeza Örs<sup>2</sup>, Ulrich Schollwöck<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München, Németország

<sup>2</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>3</sup>Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Németország

Az  $S = 1$  spinű XXZ modell nemegyensúlyi dinamikáját vizsgáljuk unitér időfejlődés mellett. A Haldane-fázisból kiindulva olyan kvencseket tekintünk, amelyeknél a rendszert átvisszük egy fázisátalakulási ponton. Megmutatjuk, hogy egyes esetekben dinamikus fázisátalakulások történnek az időfejlődés során, amelyek nemanalitikus pontokként jelennek meg a Loschmidt-echora vonatkozó rátafüggvényben. Kiderül, hogy ezen fázisátalakulások irányítják a string rendparaméter időbeli viselkedését is. A kvantuminformáció-elmélet segítségével demonstráljuk, hogy a dinamikus fázisátalakulási pontok környékén a kétrácsponos összefonódás felerősödik.

**PéDu4.1.** *Mit tanultunk az Univerzumról a gravitációs hullámok legújabb megfigyelési időszakában?***Dálya Gergely**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A LIGO és Virgo gravitációshullám-detektorok harmadik megfigyelési időszaka 2019. április 1-jén kezdődött el, miután a műszerek lézerei, tükrei és más komponensei jelentős fejlesztéssel mentek keresztül. A két LIGO-detektor érzékenysége 40%-kal javult, míg a Virgoé csaknem megkétszereződött. A megnövelt érzékenységen túl fontos újítás az is, hogy az új megfigyelési időszak felfedezései publikusak, így még szélesebb közösség vesz részt az esetleges elektromágneses utófény keresésében. A néhány hónappal ezelőtt újrainduló közös adatgyűjtés során szinte mindennaposá vált a fekete lyukak összeolvadásának megfigyelése, és számos neutroncsillag-összeolvadás jeleit is sikerült észlelni. Előadásomban összefoglalom a LIGO legújabb eredményeit, és kitérek a jövőre vonatkozó tervekre is.

**PéDu4.2.** *Az általános relativitáselmélet tesztelése spinpolarizált részecskenyalábokkal***László András**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A 2018-as évben nagy tudományos diszkussziót kavart egy cikksorozat Morishima et al. tollából, mely azt állította, hogy az általános relativitás miatt a Föld gravitációs tere jelentős szisztematikus kontribúciót ad a müonrészecskék mágnesesmomentum-anomáliájának ( $g-2$ ) precíziós mérése során. Azt állították, hogy ez megmagyarázza a standard modell (SM)  $g-2$  jóslat és a jelenleg hitelesnek elfogadott  $g-2$  mérés közti kb. 3 szigma eltérést, melyet amúgy a tudományos fősodor SM-en túli fizika jelének tulajdonít. A *Class.Quant.Grav.*35(2018)175003 cikkünkben bemutattuk, hogy ez az állítás nem állja meg a helyét, azonban egy másik, hasonló jellegű spinpolarizált tárológyűrűs kísérletben valóban jelentős áltrel jel várható. Nevezetesen, a részecskék elektromosdipól-momentumának (EDM) meghatározására javasolt ún. befagyasztott spinű (frozen spin) tárológyűrűkben az áltrel jel kb. 10-szer akkoránál várható, mint az elérni tervezett érzékenység az EDM által okozott spinprecesszióra. Emiatt az EDM-kísérleteket lehetne áltrel kísérletnek is használni egy nagyon érdekes tartományban: részecskefizikai méretskálákon, relativisztikus sebességeknél, nem geodetikus trajektóriákra, valamint az áltrel tenzori jellegét lehetne tesztelni egy ilyen méréssel, nem csupán a tömegvonzást.

### PéDu4.3. *Módosított gravitációelméletek és tesztelésük*

**Gergely Árpád László, Racskó Bence, Gergely Cecília**

Szegedi Tudományegyetem

Az általános relativitáselmélet sikeresen váltotta fel a newtoni gravitációelméletet, segítségével lesz pontos mind a Naprendszerbeli mozgások leírása, mind a földi helymeghatározó rendszerek (GPS) helymeghatározása. Egyéb, newtoni gravitációtól eltérő jóslatait, mint a nagy tömegű testek mellett elhaladó fény elhajlását vagy a gravitációs hullámok létezését, szintén megfigyelések erősítik meg. A galaktikus, illetve Univerzum-skálájú történéseket az einsteini gravitációban azonban csak ún. sötét anyag és sötét energia bevezetésével sikerül magyarázni. Az Univerzum anyagának mintegy 95%-át kitevő ismeretlen komponensek jelenlegi ismereteink szerint csupán gravitációsan hatnak kölcsön, ezért indokolt az einsteini gravitáció módosításait vizsgálni. A gravitáció kvantumumok között érvényes elméletének kidolgozása szintén az einsteini gravitáció felülvizsgálatát indokolja. A megfigyelésekkel kompatibilis legegyszerűbb általánosítások a skalár-tenzor elméletek. Ezek egy sor stabilitási kritériumnak kell eleget tenniük. A fennmaradó szabadsági fokokat Naprendszerteszték, gravitációs hullámok és gravitációs lencsés megfigyelésével lehet korlátozni.

### PéDu4.4. *Az EPF-kísérlet megismétlésének első eredményei*

**Tóth Gyula<sup>1</sup>, Szondy György<sup>2</sup>, Ván Péter<sup>3</sup>, Völgyesi Lajos<sup>1</sup>, Barnaföldi Gergely Gábor<sup>3</sup>, Deák László<sup>3</sup>, Égető Csaba<sup>1</sup>, Fenyvesi Edit<sup>3</sup>, Harangozó Péter<sup>1</sup>, Gróf György<sup>1</sup>, Kiss Bálint<sup>1</sup>, Lévai Péter<sup>3</sup>, Péter Gábor<sup>1</sup>, Somlai László<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>2</sup>Egyesület a Tudomány és Technológia Egységéért, Budapest

<sup>3</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Eötvös Loránd munkatársaival, Pekár Dezsővel és Fekete Jenővel 1906-tól mérésorozatot végeztek (EPF-mérések) a súlyos (gravitációs) és a tehetetlen tömeg arányosságára vonatkozóan. 1986-ban Ephraim Fischbach és társai az EPF-mérési eredményekben olyan szisztematikus anyagfüggést fedeztek fel, amelyet végül kísérletileg nem tudtak igazolni, ugyanakkor az eltérések okára máig sem találtak magyarázatot. A mérések elemzése egy olyan lehetséges szisztematikus hibára mutatott, amely indokoltá teszi a mai korszerű technikai lehetőségek által kínált jobb feltételek mellett a kísérletek megismétlését. Két évig tartó előkészületek után 2019 májusában megkezdődtek a mérések a KFKI (Wigner FK) területén lévő Jánossy Földalatti Fizikai Laboratóriumban, 30 m mélységben, megfelelő nyugalmi körülmények és kontrollált feltételek között. Az EPF-mérések megismétlésének külön aktualitást ad Eötvös Loránd halála 100. évfordulójának tiszteletére 2019-ben tartott Eötvös-év. Röviden áttekintjük a szisztematikus hibát, beszámolunk a kísérlet jelenlegi állapotáról, a felmerült kihívásokról, valamint a méréseink első eredményeiről.

### **PéDu5.1.** *Fejlődő perspektívák a neutronnyalábok széles körű használatában*

**Mezei Ferenc**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és European Spallation Source, Lund, Svédország

Az elmúlt évtizedekben kifejlesztett módszerek a neutron mérőműszerek fejlesztésében együttesen 4–6 nagyságrenddel növelték a neutronforrásokban létrejövő neutronok felhasználásának határfokát (ami azért így is kevesebb, mint 1/1 millió). Ennek következtében csúcsteljesítményű források építésére nyílt lehetőség a költségek jelentős növekedése nélkül. Másrészt nagyon kis teljesítményű neutronforrások ma lehetővé tesznek méréseket akár ezerszer csökkentett költségek mellett. Az utóbbi fejlemény ma hozzáférhetővé teszi neutronforrások üzemeltetését egyetemi vagy ipari környezetben is.

### **PéDu5.2.** *Ultragyors vizsgálatok hatékony funkcionális molekulák tervezéséhez*

**Vankó György, Keszthelyi T., Rozgonyi T., Németh Z., Pápai M., Sárosiné Szemes D., Papp M.**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A molekuláris rendszerek fényel kiváltott átalakulásai fontos szerepet játszanak a fizika, a molekuláris biológia, a kémia és az anyagtudomány különböző ágaiban. A fotoszintézis és a fotokatalízis jól ismert példa ezekre, de fontos megemlíteni az új molekuláris eszközök és fényhasznosító rendszerek létrehozására tett erőfeszítéseket is. Hatékony, gazdaságos és környezetkímélő, fényel aktiválható funkcionális molekulák fejlesztéséhez nélkülözhetetlen a fényel kiváltott molekuláris átalakulások elemi fizikai lépéseinek megértése. E folyamatok természetes időskálája femtoszekundumos, megfigyelésükhöz tehát olyan eszközökre van szükségünk, amelyek ilyen időfelbontással tudják vizsgálni az elektronok és a magok dinamikáját. Erre lehetőséget adnak az ún. pumpa-szonda kísérletek, amelyekben ultrarövid lézerpulzusokkal gerjesztjük a tanulmányozott rendszert, majd az átalakulásokat választott időkülönbséggel érkező szondaimpulzusokkal vizsgáljuk. A leggyakrabban alkalmazott funkcionális molekulák átmenetifém-alapúak, ezek dinamikáját keményröntgen-spektroszkópiával elemspecifikusan szondázhatjuk kondenzált fázisban is.[1] A szabadelektron-röntgenlézerek femtoszekundumos pulzusait szondaként alkalmazva kihasználhatjuk a röntgentechnikák előnyeit, így röntgenspektroszkópiával feltérképezhetjük a töltés, a spin, ill. az atomi szerkezet változásait az átalakulások elemi lépéseiben,[2] a röntgenszórással pedig meghatározhatjuk az idő függvényében a rövid távú mellett a hosszabb távú szerkezet változását, valamint a molekula relaxációja során a környezetnek átadott energiát is.[3] Az időbeli felbontás fejlődése lehetővé tette a részfolyamatok kísérleti elkülönítését, kvantumkémiai és kvantumdinamikai modellezés segítségével pedig az átalakulások finom részleteit is megérthetjük.[4] A funkció optimalása felé vezető következő lépés a (felderített) mechanizmus változtatása a molekula potenciálisenergia-felületeinek kvantumkémiai úton tervezett módosításával, ill. ennek kísérleti ellenőrzése, amelyre bemutatjuk az első példákat.

[1] G. Vankó et al., J. Phys. Chem. C **119**, 5888 (2015).; A. M. March et al., ibid. **119**, 14571 (2015).

[2] W. Zhang et al., Nature **509**, 345 (2014).

[3] K. Haldrup et al., J. Phys. Chem. B **120**, 1158 (2016).; K. Kjaer et al., Chem. Sci. **10**, 5749 (2019).

[4] M. Pápai et al., J. Phys. Chem. Lett. **7**, 2009 (2016).; ibid., J. Chem. Theory Comput. **9**, 509 (2013).



**PéDu5.3.** *Folyadékelegyek szerkezete nanométeres mérettartományban. Neutron- és röntgenszórás.*

**Almásy László<sup>1</sup>, Aurélien Perera<sup>2</sup>, Martina Požar<sup>3</sup>, Wojciech Marczak<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Sorbonne University, Párizs, Franciaország

<sup>3</sup>University of Split, Horvátország

<sup>4</sup>Jan Dlugosz University in Czestochowa, Lengyelország

Folyadékok szerkezetét a legpontosabban szórás kísérletek, valamint számítógépes modellezés segítségével lehet meghatározni, sok esetben ezen két technika együttes alkalmazásával, úgy hogy a modellezés a mért adatok alapján történik. Jelen előadásban néhány új kísérleti eredményt mutatunk be aminok vizes oldatainak szerkezetéről, kisszögű neutron- és röntgenszórási mérések, valamint klasszikus molekuladinamikai szimulációk alapján. A vizsgált oldatokban talált nanométeres léptékű inhomogenitások szórás képe jó egyezést mutat a klasszikus potenciálokkal végzett szimulációból kapott intenzitás görbékkel. A parciális szerkezeti tényezők elemzése magyarázatot ad a vizsgált oldatokban fellépő önszerveződés néhány jellegzetességére.

**PéDu5.4.** *Tilakoidmembránok szerkezetváltozása különféle stresszorok hatására*

**Nagy Gergely<sup>1,2,3</sup>, Zsiros Ottó<sup>3</sup>, Ünneper Renáta<sup>1</sup>, Paul Suman<sup>4</sup>, Kanna Sai Divya<sup>3</sup>, Kobori Tímea Ottilia<sup>5</sup>, Domonkos Ildikó<sup>3</sup>, Ughy Bettina<sup>3</sup>, Solymosi Katalin<sup>6</sup>, Domonkos-Szabolcsy Éva<sup>7</sup>, Garab Győző<sup>3,8</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>European Spallation Source, Lund, Svédország

<sup>3</sup>MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont

<sup>4</sup>Umeå Plant Science Centre, Umeå University, Umeå, Svédország

<sup>5</sup>Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Szeged

<sup>6</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

<sup>7</sup>Debreceni Egyetem

<sup>8</sup>University of Ostrava, Csehország

Az oxigéntermelő fotoszintézis fényreakcióinak helyt adó tilakoidmembránok a legtöbb fotoszintetikus organizmusban multilamelláris membránrendszerbe szerveződnek, melynek lenyűgöző szerkezeti és funkcionális plaszticitása számos szabályozó mechanizmussal áll kapcsolatban [1]. Stresszkörülményeknek kitett szervezetek membrán szerkezetváltozásának kvalitatív és kvantitatív megfigyelése egy fontos lépés az in-vivo stresszválaszok jobb megértése felé. Kísérleteinkben különböző fotoszintetikus szervezeteket tettünk ki abiotikus és biotikus stresszkörülményeknek, és kisszögű neutronszórás (SANS) segítségével figyeltük meg a tilakoidmembránokban indukált szerkezetváltozásokat. A SANS egy nem invazív technika, mely képes fotoszintetikus szervezetek multilamelláris membránrendszerének szerkezetéről és szerkezeti flexibilitásáról és a változások időbeli lefolyásáról nagy pontosságú információt szolgáltatni [2,3].

Az egysejtű algák különösen érzékenyek különféle nehézfémek (pl. a kadmium és a króm) ionjaira. A kadmium a természetes vizekben jelen levő egyik legmérgezőbb szennyezőanyag. A kadmiumnak a fotoszintézis fény- és sötétreakcióira gyakorolt gátló hatását számos laboratórium vizsgálta [4,5]; ennek ellenére a hatást leíró általános model megfogalmazása még várat magára. A krómionok szintén erősen mérgezőek a fotoszintetikus szervezetekre [6], és kiterjedt ipari alkalmazásuk miatt a krómvegyületek nagy mennyiségben vannak jelen szennyezőanyagként a környezetünkben. E két fémion *Chlorella variabilis* zöldalgák tilakoidmembrán-rendszerére gyakorolt hatását mutatja be az előadás első fele különféle koncentrációjú és időtartamú kezelések során [7].

A szelén nyomelem, míg egyrészt alapvető tápanyag a növények és állatok számára, nagy koncentrációkban környezeti kockázatot jelent. Ez a kettősség számos tényezőtől függ, pl. a szelént tartalmazó anyag kémiai összetételétől és koncentrációjától [8]. A szelén fotoszintézisre gyakorolt hatásának vizsgálata tehát különösen érdekes mind a környezetszennyezés és a talajhelyreállítási feladatok, mind a szelénben gazdag termények kifejlesztése szempontjából. Dohánypalántákon végzett vizsgálataink a szelén különböző formáinak (szelén, szelenát és nano-szelén) és koncentrációinak a levelek tilakoidmembránjainak szerkezetére kifejtett különböző hatását mutatták ki [9].

Továbbiakban vizsgáltuk az egyik legalapvetőbb biotikus stresszfaktor – az erős megvilágítás – hatását az esőerdőkben honos *Monstera deliciosa* kúszónövény leveleire. Ez a növény képes túlélni mind az esőerdő alsó régióiban jellemző kis, mind a lombkoronára jellemző nagy fényintenzitások mellett. E növényt, mely nagy méretű gránum tilakoidokkal és nagy  $\Delta pH$ -függő nem fotokémiai kioltóképességgel (NPQ) rendelkezik, használtuk a membrán-szerkezetváltozások és a NPQ között fennálló feltételezett kapcsolat vizsgálatára. Eredményeink szoros kapcsolatot tártak fel az NPQ és a tilakoidmembrán szerkezetváltozásai folyamatainak időbeni lefutása között [10].

Az előadás utolsó részében az *Euglena gracilis* alga sejtek tilakoidmembrán-szerkezetének átrendeződéseit mutatom be sóadaptáció és sóstressz hatására.

[1] G. Garab, *Biochim Biophys Acta Bioenerg* **1837**, 481 (2014).

[2] G. Nagy et al., *Biochem J* **436**, 225 (2011).

[3] G. Nagy et al., *Proc Natl Acad Sci USA* **111**, 5042 (2014).

[4] P. Das et al., *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* **98**, 29 (1997).

[5] M. N. V. Prasad et al., *Plant Science* **161**, 881 (2001).

[6] H. Clijsters et al., *Photosynth Res* **7**, 31 (1985).

[7] O. Zsiros et al., előkészületben.

[8] M. Germ et al., *Metabolic Importance of Selenium for Plants*, 2007 ([].9] O. Zsiros et al., *Photosynth Res* **139**, 449 (2019).

[10] R. Ünneper et al., előkészületben.

### **PéDu6.1.** *Méhsejtrács nehézfémekből, egy lehetséges út a szobahőmérsékletű topologikus szigetelők megvalósítására*

**Nemes-Incze Péter<sup>1</sup>, Kandrai Konrád<sup>1</sup>, Vancsó Péter<sup>1</sup>, Kukucska Gergő<sup>2</sup>, Koltai János<sup>2</sup>, Anna Vymazalová<sup>3</sup>, Tapasztó Levente<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

<sup>3</sup>Czech Geological Survey, Prága, Csehország

A grafén a kétdimenziós kristályok családjának legismertebb tagja, nemcsak a különleges fizikai tulajdonságai miatt kiemelkedő. Méhsejtrácsos kristályszerkezetének köszönhetően, spin-pálya kölcsönhatás jelenlétében a kétdimenziós topologikus szigetelők prototípusát is képezi, amit Kane–Mele-szigetelőnek is szokás nevezni. Sajnos a szén által hordozott spin-pálya kölcsönhatás energiaskála a  $\mu\text{eV}$  tartományba esik, ezáltal kísérletileg majdnem lehetetlen kimérni a sáv szerkezet topológiájából adódó tulajdonságokat. Előadásomban megmutatom, hogy a  $\text{Pt}_2\text{HgSe}_3$ , réteges szerkezetű ásványban, a nagy spin-pálya kölcsönhatás, valamint a különleges kristályszerkezet miatt megvalósulhat a rég keresett Kane–Mele-szigetelő állapot. Pászttázó alagútmikroszkópiás mérésekkel kimutattuk élállapotok jelenlétét, amelyek a sáv szerkezet topologikus tulajdonságaiból eredhetnek.

### **PéDu6.2.** *Ponthiba-kvantumbitek előállítás és vizsgálata nanoklaszterekben*

**Beke Dávid<sup>1</sup>, Simon Ferenc<sup>2</sup>, Gali Ádám<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A kvantumobjektumok (atom, foton, elektron, spin) kvantumfizikai törvények szerinti izolációja és manipulációja a mai ismert világunk forradalmi megváltoztatásának ígéretét rejti új típusú számítógépek, szenzorok, diagnosztikai és terápiás eszközök megjelenésének a formájában. A kvantumobjektumok egyik formája a kristálybeli ponthiba, melyek diszkrét energiaszerkezete egy atoméra hasonlít, és az atomi gerjesztésekkel analóg módon lehet kontrollált műveleteket végezni rajta. Ezt kihasználva új típusú számítástechnikai és kommunikációs eszközök jöhetnek létre, de képesek lehetünk akár egyetlen molekula NMR vagy MRI vizsgálatára, ami az élő sejteken és szervezeteken végzett szubmikron felbontású roncsolásmentes vizsgálatok és képalkotási eljárások új területét nyitja meg a sejtbiológiában, a genetikában és terápiás eljárások során. A kvantumobjektumok in-vivo alkalmazása rövid távon a kémiai, ill. fizikai változók 3D leképezésével az élő szervezet pontosabb megértéséhez – ezen keresztül pedig a betegségek hatékonyabb kezeléséhez vezethet. Hosszabb távon pedig a betegségek, kóros elváltozások sejtszintű kezelését tehetik lehetővé. Az említett alkalmazások többségéhez elengedhetetlen a szenzorok méretének a csökkentése. A szubmikronos felbontáshoz a ponthibának a felület közelében kell elhelyezkednie. Mindez megvalósítható a ponthibát beágyazó kristály méretének a drasztikus csökkentésével, praktikusán nanoméretű kristályok létrehozásával. A kristályok méretének a csökkentésével azonban a tömbi rendszerektől jelentősen eltérő tulajdonságok jelenhetnek meg. A méret csökkentésével elsőként a felületi hatások erősödnek, majd, mikor a kristály mérete összemérhetővé válik az elektronok koherenciahosszával, a rendszer elektronszerkezete is jelentős változáson megy keresztül. Ilyen, jellemzően 10 nm alatti ponthibákat tartalmazó rendszerek előállítás sem triviális, de a ponthibák tulajdonságai is jelentősen módosulhatnak.

Előadásomban az előállítás új stratégiáit és a vizsgálatok problematikáját kívánom bemutatni szilícium-karbid- és gyémántalapú rendszereken.

### **PéDu6.3.** *Fotofizikai vizsgálatok ólom-halogenid-perovszkit-szénanoszerkezet hibrid rendszereken*

**Pekker Áron, Botka Bea, M Derya Özeren, Kamarás Katalin**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A perovszkitszerkezetű napelem-alapanyagok az elmúlt 5 évben a fotovoltaiikus kutatások közép-pontjába kerültek köszönhetően kiváló fényelnyelő képességüknek és a bennük keltett töltések nagy diffúziós hosszának. Ezek az anyagok oldatból könnyen kristályosíthatók, így a belőlük készült eszközök előállításának költsége jóval alacsonyabb lehet, mint a szilíciumalapú napelemek esetében. A kedvező tulajdonságok mellett azonban ezek az anyagok érzékenyek a környezeti hatásokra. A napelemek az aktív rétegen kívül elektron- és lyukvezető réteggel rendelkeznek amiknek feladata a keltett töltéshordozók minél hatékonyabb elvezetése. A szénnanocső vékony réteg kiváló lyukvezető tulajdonságokkal bír, ezen felül a perovszkitréteg stabilitását és kémiai ellenálló képességét is növeli. Az előadásomban a szénnanocső/perovszkit rendszerek optikai tulajdonságait mutatom be különböző előállítási paraméterek esetén, valamint a spektrum változását, és ezen keresztül a rendszer stabilitását vizsgálom látható tartományú megvilágítás, illetve melegítés hatására, ezzel szimulálva az alkalmazás során fennálló körülményeket.

### **PéDu6.4.** *Nanoáramkörök nagyfrekvenciás vizsgálata*

**Makk Péter<sup>1,2</sup>, S. Zihlmann<sup>1</sup>, Fülöp G.<sup>1,2</sup>, D. Indolese<sup>1</sup>, V. Ranjan<sup>1</sup>, R. Haller<sup>1</sup>, C. Schönenberger<sup>1</sup>, Csonka Sz.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>University of Basel, Svájc

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A nanoáramkörök vizsgálata ma a szilárdtest-fizika talán legintenzívebben kutatott területét alkotják. Gondolhatunk itt spintronikai eszközökre, topologikus vagy akár kvantum-számításhoz készülő áramkörökre. A nanoáramköröket hagyományosan DC áram mérésekkel tanulmányozzuk, azonban napjainkban egyre fontosabb szerepet kapnak a nagy, esetünkben gigahertzes fotonokkal való kölcsönhatáson alapuló mérések is. Ilyenek például a nano-ESR-mérések, áramkörök reflektometria kiolvasása, vagy akár qubitek manipulálása is.

Az előadásban 1–2 példát fogok mutatni ilyen mérésekre. Például egy grafén áramkört kapcsolva egy szupravezető rezonátorhoz, a grafén állapotssűrűségét [1], vagy egy grafén Josephson-átmenet áram-fázis karakterisztikáját lehet meghatározni, egy megfelelően tervezett csatolás esetén. Egy másik példát jelenthet a dinamikus spininjektálás, vagy spinpumpálás is, ami lehetőséget ad spináram injektálására egy mágneses anyaghoz kapcsolt nemmágneses anyagba [2].

[1] V. Ranjan et al., Phys. Rev. Applied **7**, 054015 (2017).

[2] D. Indolese et al., Phys. Rev. Applied **10**, 044053 (2018).

## SzDe1.1. *Világos? – Világítástechnika alapfokon*

**Nádas József, Balázs László**

Óbudai Egyetem

Amikor még izzólámpával világítottunk, a világítástechnika fogalmait és mennyiségeit csak egy szűk szakmai rétegnek kellett ismernie. Ha kiégett egy izzólámpa a csillárban, a hétköznapi embernek csupán annyit kellett tudnia, hány wattos izzót kell beszereznie a cseréhez. Az energiatakarékos fényforrások megjelenésével minden megváltozott. A kompakt fénycsövek és LED fényforrások csomagolásán legalább 4–5 adatot tüntetnek fel a gyártók, amelyek értelmezése világítástechnikai alapismeretek nélkül nehéz, és ezen nem segítenek az intuitív piktogramok sem. A „Világos?” világítástechnikai oktatócsomag kidolgozásával az volt a célunk, hogy a 13–15 éves korosztály számára érthetővé tegyük azokat a világítástechnikai alapfogalmakat, amelyekkel tisztában kell lennie annak, aki a mai fényforrások között szeretne kiigazodni. A fényáram, fényerősség, fénysűrűség, megvilágítás, színhőmérséklet és színvisszaadás fogalmát úgy magyarázzuk el, hogy nem lépünk túl az általános iskolai ismeretek keretein. Az általunk kidolgozott oktatási csomag része egy kísérleti eszköz, amellyel a világításhoz kapcsolódó fogalmak és jelenségek jól szemléltethetők. Tapasztalatunk szerint a játékos formában végrehajtható egyszerű kísérletek és mérések közelebb hozzák a tanulókhöz a fény- és színtani fogalmakat és olyan ismeretekhez jutnak, amelyeket a mindennapi életben azonnal hasznosíthatnak.

## SzDe1.2. *Radioaktív sugárzások orvosi alkalmazásainak tanítási lehetőségei*

**Miltner Tímea<sup>1</sup>, Fröhlich Georgina<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Szegedi Tömörkény István Gimnázium és Művészeti Szakgimnázium, ELTE Fizika Doktori iskola

<sup>2</sup>Országos Onkológiai Intézet, Budapest

<sup>3</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Előadásomban a radioaktivitás orvosi alkalmazásainak tanítási lehetőségeiről szeretnék beszélni. A diákok tisztában vannak a radioaktivitás fogalmával, a bomlási törvénnyel, de gyakorlati alkalmazások tárgyalására kevés az idő tanórai keretek között. A témát fontosnak tartom, hiszen a gyerekek egy része találkozhat az orvosi alkalmazásokkal, és azokkal a hiedelmekkel, amik főként a rákgyógyításhoz kapcsolódnak.

Célom az volt, hogy megvizsgáljam azt, hogy szakkörön, illetve nyári tábor keretein belül hogy lehet a témát érdekesen feldolgozni, mérést végezni, ügyelve arra, hogy a tanulók matematikai képességei igen nagy szórást mutatnak.

Szakkör keretein belül egy tanév során tíz alkalommal találkoztunk az iskolában. Ekkor a szükséges elméleti alapokat megbeszéltük, majd a diákok önálló kutatómunka, illetve csoportos projektmunka keretében dolgozták fel a kijelölt témákat. Készítettek plakátot, PowerPoint bemutatót, még társasjáték is készült. A diákok tudását összehasonlítom a lakosok tudásával, ezért készítünk közösen egy kérdőívet, amit az iskolai diákokkal és az utcai járókelővel is kitöltetünk. Radioaktivitással kapcsolatos mérésekre nincs sok lehetőség iskolai keretek között, ezért próbáltam egyszerű, GM-csővel elvégezhető mérést tervezni, így a méréselmélet is bekerült a szakkörre.

Eddigi tapasztalataimból látszik, hogy a témának létjogosultsága van, sok téves elképzelés él a diákokban a radioaktív diagnosztikával és gyógy módokkal kapcsolatban. A visszajelzések alapján jövőre is érdemes elindítani a szakkört.

**SzDe1.3. Fizikai képletek egyszerűsítése – új, (övegesszerű) összefüggések****Varga János**

Székesfehérvári Szakképzési Centrum Széchenyi István Műszaki Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája

A fizika nem tartozik a könnyű tantárgyak közé, de a műszaki-tudományos pályát választók nem tudják megkerülni ennek elfogadható szintű elsajátítását. A tantárgy megértésében – különösen azok számára, akik további tanulmányaik során már nem, vagy alig fogják használni a fizikát – nagy segítség az is, ha a sok megtanulandó összefüggés minél egyszerűbb, könnyen memorizálható. Nem tartalmazza a fizikai mennyiségek betűjelét, a természeti állandókat és formájuk olyan, hogy a benne szereplő fizikai mennyiségeket mértékegység átváltás nélkül, un. természetes mértékegységben – amilyenben mérjük – lehessen behelyettesíteni. Sokévi tanári pályafutásom alatt sikerült sok ilyen un. Öveges-képletet megalkotni, amelyek igen népszerűek voltak.

Előadásom első részében – melynek címe: Fizikai képletek egyszerűsítése – ilyen összefüggéseket adok közre levezetés nélkül, csak a végeredményt közölve. Nézzünk néhány ilyen képletet.

A matematikai inga/fonálinga lengése:  $T_{\text{tik-tak}} \approx \sqrt{l}$ ; Öveges formában: A fonálinga tik-tak (oda/visszalengés) ideje annyi másodperc, amennyi a méterben mért ingahossz négyzetgyöke. (Foucault-kísérlet 200. évfordulóján ez az egyszerű összefüggés ismertté válhat.)

Milyen messze látunk a Föld felszínéről? Azt a távolságot, ameddig jó időben, sík terepen szabadszemmel ellátunk a látóhatár (horizont) távolságának, más szóval látótávolságnak nevezük. Érdekes kérdés, hogy ha egy bolygót  $h$  magasságból szemlélünk, akkor vajon hány km a látótávolság a bolygó felszínén, és hány km területet látunk? A Föld felszínén állva: Látótávolság [km] =  $0,38\sqrt{\text{szemmagasság [m]}}$  Kepler III. törvénye:  $T[\text{év}] = a_{[\text{CsE}]}^{1,5}$ ; Öveges formája: Egy bolygó földi évben mért keringési ideje a Naptól csillagászati egységben mért távolságának a „félköbös/másfeledik” hatványával egyenlő.

Előadásom második részében teljesen új, saját összefüggéseket adok közre. Például:

Egy égitest felszínén a gravitációs gyorsulás:  $g = 14 \cdot 10^{-5} \rho \cdot D$ ; ahol  $\rho$  az égitest átlagos sűrűsége [ $\text{kg dm}^{-3}$ ],  $D$  az égitest valódi/egyenlítői átmérője [km].

Tömör gömb gördülési súrlódási tényezőjének egyszerű meghatározása lejtővel  $\mu_g = \frac{h \cdot r}{a + s}$ ;  $\mu_g$  a gördülési ellenállás,  $h$  a lejtő magassága,  $r$  a tömör golyó sugara,  $a$  a lejtő alapja,  $s$  megállási úthossz. Öveges-formában:  $\mu_g = \frac{\text{függőleges adatok szorzata}}{\text{vízszintes adatok összege}}$

Függőleges vízszög kontúrjának egyenlete:  $d(h) = \frac{d_0 \cdot \sqrt{v_0}}{4\sqrt{20h + v_0}}$ ;  $d$  a vízszög átmérője  $h$  távolságra a kiömléstől,  $d_0$  a cső átmérője,  $v_0$  a kiömlés sebessége.

További összefüggések: a súlynövekedés törvénye tárgyfeldobáskor; a járműkerék kerületi pontjainak átlagsebessége; kerek járművek teljes mozgási energiájának törvénye; ferdehajítás egyenlőtlen rendszer; Ikerpályás/pótszögű ferdehajítás; állandóan távolodó ferdehajítás; azonos hajítási szögű ferdehajítás „magasságvonala”; stb.

## **SzDe1.4.** *Modern fizikai mérőkísérletek. Az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny mérési feladatai*

**Ujvári Sándor**

Lánczos Kornél Gimnázium, Székesfehérvár

A Marx György által alapított, nemzetközi szinten is egyedülálló modern fizika témákkal foglalkozó Szilárd Leó fizikaverseny 300–400 tanulót mozgat meg minden évben. Közülük harmincan kerülnek a verseny paksi döntőjébe. A selejtező tíz elméleti feladat megoldásából áll. A döntőben ismét tíz elméleti feladat, egy számítógépes szimuláció és egy mérőkísérlet elvégzése vár a legjobb versenyzőkre.

A mérések kiválasztásánál sok tényező nehezíti a versenybizottság munkáját. A téma kötött, modern fizikai témából kell olyan mérést kitalálni és megvalósítani, ami elméletileg korrekt, 15 példányban elkészíthető, észszerű áron megvalósítható. Akadályt jelent, hogy míg a verseny indulásakor lehetőség volt szabad szintű radioaktív források használatára, jelenleg a sugárvédelmi szabályok ezt kizárják. Így a radioaktivitáshoz kapcsolódó méréseket csak analóg jelenségek felhasználásával tudjuk megvalósítani.

A mérési ötletek némi könnyítéssel iskolában, szakkörön is felhasználhatóak.

Az utolsó tíz évben a méréseket Papp Gergely, Tarján Péter és Ujvári Sándor állította össze Sükösd Csabának, a versenybizottság vezetőjének irányításával.

Az előadás során bemutatom a különböző típusú méréseket, elemzem a megoldások eredményességét, a mérés elvégzése, értékelése során jelentkező problémákat.

A mérőeszközök közül a könnyen mozgathatókat gyakorlatban is bemutatom.

Példák a mérésekre: béta-sugárzás átlagos energiájának mérése mágneses eltérítés segítségével, természetes eredetű radioaktív elemek vizsgálata, radioaktív sugárzás és anyag kölcsönhatásának vizsgálata, Boltzmann-állandó meghatározása tranzisztor p-n átmenetének karakterisztikájából.

### **SzDe2.1.** *Gépi tanulás a tudományokban – a gépi tanulás tudománya*

**Csabai István, Ribli Dezső, Pataki Bálint, Biricz András, Olar Alex, Udvarnoki Zoltán, Pollner Péter**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Az elmúlt pár évben döbbenetes sebességgel árasztotta el a világot a „mesterséges intelligencia” kifejezés. Nemcsak a mindennapi hírekben szerepel az önvezető autók vagy az arcfelismerő algoritmusok kapcsán, hanem a tudományos folyóiratok lapjain és konferenciák előadásain is egyre több helyen bukkannak fel. Az előadásban igyekszem körüljárni, hogy hogyan működnek a gépi tanulási algoritmusok, miért most terjedtek el ilyen széles körben több előzetes próbálkozás után, mi a „fizikájuk”, valamint bemutatok néhány tudományos alkalmazási példát.

### **SzDe2.2.** *Mesterséges intelligencia architektúrák azonosítása agykérgi hálózatokban*

**Orbán Gergő**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A mélytanuló rendszerek az utóbbi évek technológiai celebritásaivá váltak, lenyűgöző teljesítményük, és profitpotenciáljuk miatt. A varázslatos teljesítményt látva is azonban felmerülnek kérdések: melyek azok a számítási elvek, melyeket ez a mesterséges intelligencia rendszer követ? Vannak-e alternatív számítási elvek? Milyen rálátásunk van arra, hogy mik ezen rendszerek teljesítőképességének határai? Ha a biológiai intelligencia tulajdonságait akarjuk felfedni, akkor felmerül, hogy a klasszikus mélytanuló rendszerek, vagy annak alternatívái lehetnek azok, melyek a biológiai rendszereket jobban leírják. Azon keresztül, hogy milyen jellegű hibákat követ el egy mesterséges architektúra és egy biológiai rendszer, ezekre a kérdésekre keressük a választ. Az előadásban röviden tárgyaljuk a feed-forward architektúrákat, valamint a generatív modelleket. Ezután a majmok látórendszerének neurális válaszait vizsgálva próbáljuk megtalálni azt, hogy mely architektúra is lehet az, mely a gerincesek, vagy még inkább a főemlősök érzékelését írja le. Végül röviden diszkutáljuk, hogy ez a fajta bepillantás milyen módon tudja inspirálni a mesterséges intelligencia fejlesztést.

### **SzDe2.3.** *A megértés megértése – a gépi tanulás „fizikája”*

**Jakovác Antal**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Az előadásban arra keressük a választ, hogy hogyan lehet megragadni azt a folyamatot, amikor megértünk valamit. Miért tudunk a megértés birtokában egy adott rendszerre feltett kérdésekre könnyedén válaszolni? Ennek kapcsán megvizsgáljuk azt is, miben más egy probléma mesterségesintelligencia-megközelítése, és a tudományos módszer, amely egyenleteket használ. Mikor érdemes az egyiket, és mikor a másikat alkalmazni? Milyen megértésfogalmat ad az egyik illetve a másik?



### **SzDe3.1.** *Világszínvonalú kutatói környezet kialakítása az MTA Atomki új Tandetron Laboratóriumában*

**Rajta István, Vajda István**

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

Az MTA Atommagkutató Intézetben 2014 májusában helyeztük üzembe a Tandetron típusú részecskegyorsítót, aminek a beszerzését az MTA Infrastruktúra pályázatainak elnyert támogatások tették lehetővé.

A GINOP-2.3.3-15-2016-00005 projekt célja – és mára megvalósult eredménye – a Tandetron Laboratórium teljes kiépítése volt. Világszínvonalú, széles módszer- és eszközválasztékkal rendelkező, sokak számára hozzáférhető kutatóhelyet alakítottunk ki, amely ebben a tekintetben is kiválósági centrummá teszi az intézetet és Gyorsítóközpontját.

A Tandetron Laboratórium műszaki kiépítése során beüzemeltük a beszerzett eszközöket: nagy áramerősségű hidrogénion- és héliumion-nyalábok előállítására alkalmas multicusp ionforrásokat, a nehézionok előállítására alkalmas cézium-sputter ionforrást és a 90-fokos eltérítő-analizáló mágnest. Egy röntgendetektor-klasztert installáltunk a levegőre kilépő nyalábbal végzendő mérések számára, végül a tervezett ionnyaláb-analitikai nyalábvéget is beüzemeltük, és használatba vettük. Ezzel kiépült a teljes Tandetron Laboratórium és megvalósult a projekt célkitűzése.

A gyorsítóhoz kapcsolható laboratóriumi berendezéseket a jelenlegi és a potenciális felhasználók igényei alapján válogattuk össze. A tervezett felhasználási területek az alap- és alkalmazott kutatásban a következők: ionnyaláb-analitika, mikromegmunkálás, nukleáris asztrofizika, magfizika, ionbombázással kiváltott sugárkárosodási folyamatok (molekulák ionizációja és fragmentációja) vizsgálata, légköriaeroszol-vizsgálatok.

Az új Tandetron Laboratórium nemzetközi mércével mérve is kiemelkedő lehetőségeket biztosít a kutatási témák sokasága számára. Magas technikai színvonalat tudunk biztosítani, és olyan tudásszintű kutatói közösséggel tudunk együtt dolgozni, melyek biztosítják, hogy a laboratórium a nemzetközi (elsősorban európai) infrastruktúra-hálózatok fontos elemévé váljon, és lehetőséget biztosítson számos nemzetközi nagy projektekben való hatékony részvételre. Az első ilyen nemzetközi projektben – a RADIATE című EU-H2020-as konzorciumban – már hivatalos résztvevők vagyunk. Két másik, már beadott EU-H2020-as konzorciumi pályázatban – EUROPLANET és ERINS – európai partnerekkel közös projektek végrehajtásához biztosítunk kutatási infrastruktúrát.

A laboratórium a felsoroltak mellett további, előre nem látható kutatási témák számára is háttérrel és lehetőséget ad a következő évtizedekben. Számítunk rá, hogy mind a hazai, mind a nemzetközi kutatói közösség további projektekkel jelentkezik a nemzeti laboratóriumként üzemelő Tandetron Laboratóriumban.

### **SzDe3.2.** *Alacsony hőmérsékletű pásztázó alagútmikroszkópia és spektroszkópia alkalmazása a kétdimenziós anyagok kutatásában*

**Tapasztó Levente**

MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

A kétdimenziós (2D) anyagok kutatásának története a grafén felfedezésével kezdődött. Néhány évvel később újabb és újabb anyagokat sikerült 2D formában izolálni. Mára tudjuk, hogy több mint ezer olyan réteges kristály létezik, amelyekből mechanikailag stabil monoréteg izolálható. A 2D anyagok különleges tulajdonságainak egyike, hogy minden atomjuk a felületen helyezkedik el, így ideális mintákat jelentenek az olyan felületérzékeny kísérleti eszközöknek, mint a pásztázó alagútmikroszkópia (STM). Az MTA EK MFA Nanoszerkezetek Osztályán az utóbbi öt évben két alacsony hőmérsékletű, ultranagy vákuumban működő pásztázó alagútmikroszkóp is telepítésre került, amelyeket elsősorban a 2D anyagok atomi és elektronszerkezetének vizsgálatára használtunk. Ezen a területen született kutatási eredményeket fogok bemutatni az előadás keretében.

### **SzDe3.3.** *Spontán és koherens Raman-spektroszkópia*

**Veres Miklós, Himics László, Rigó István, Roman Holomb, Malik Hadi Mahmood, Vácsi Tamás**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A Raman-szórás egy rugalmatlan szórási folyamat, melynek során a beeső foton energiájának egy része a közeg normálrezgéseinek gerjesztésére fordítódik, ami miatt a szórt foton energiája megváltozik. A szórt fény spektrumának a gerjesztő lézerefényétől különböző hullámhossztartományában megfigyelhető sávok pozíciója, félértékszelessége és intenzitásaránya alapján következtetni lehet a közegnek a karakterisztikus rezgésekkel összefüggő jellemzőire, mint a kötésszerkezet, az összetétel, a topológia, a kristályszerkezet vagy akár a hőmérséklet és a belső feszültség. A Raman-spektroszkópia az utóbbi évtizedekben számos területen, például a szénelapú anyagoknál is megkerülhetetlen anyagvizsgálati módszerré vált.

A Raman-spektroszkópia érzékenységének növelésére több eljárás is ismert. Ide sorolható a gerjesztő hullámhossz csökkentése, a rezonáns erősítés vagy az elméletileg akár egyetlen molekula észlelésére is alkalmas felületerősített Raman-szórás. Az impulzusüzemű lézerek fejlődésével egyre nagyobb teret nyernek a koherens technikák, mint az indukált (stimulált) Raman-szórás (SRS) vagy a koherens anti-Stokes Raman-szórás (CARS). Ezen módszerek egyik előnye a nagyon rövid mérési idő, amivel akár a videosebességű képalkotás is elérhető.

Az előadás az MTA Wigner FK-ban található új mikro-Raman-spektrométerrel és az intézetben kifejlesztett stimulált Raman-spektroszkópiái rendszerrel különböző anyagokon kapott eredményeken keresztül mutatja be a spontán és koherens Raman-spektroszkópia lehetőségeit és alkalmazásait.

A műszerek beszerzését és fejlesztését a VEKOP-2.3.3-15-2016-00002 és az NVKP-16-1-2016-0043 projektek támogatták.

### SzDe3.4. Gömbihibakorrigált TEM – a magyar anyagtudomány open laboratóriuma

**Pécz Béla, Lábár János**

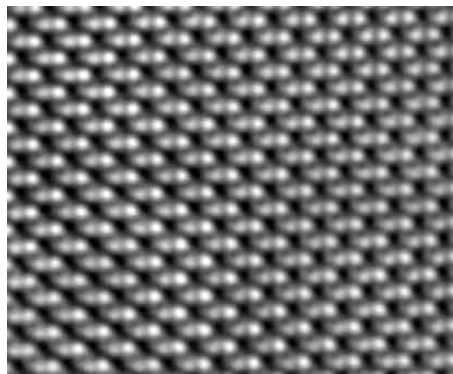
MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Az Intézetünkben 2018. június 11-én megnyílt új laboratóriumban működik Magyarország első gömbihibakorrigált TEM / STEM elektronmikroszkópja.

A munka évekkorábban kezdődött, amikor a Vékonyrétegek Osztály tagjai tanulmányutakat tettek különböző külföldi laboratóriumokba a technika megismerése érdekében. Két év folyamatos munka kellett a támogatás megszerzéséhez, a megfelelő modell kiválasztásához és a közbeszerzési eljárás lefolytatásához. Végül egy Thermo Fisher Scientific FEI THEMIS 200 modellt választottunk ki image korrekttorral.

Sikerült egy a követelményeket mindenben teljesítő telepítési környezetet létrehozni, nagyon stabil, pontos hőmérsékletszabályozott légkondicionálással, és a szórt mágneses tér drasztikus kompenzálásával.

A helyszíni tesztek a telepítés után meghaladták a várakozásokat és a gyári garantált paramétereket. A gyárilag megadott TEM-felbontás 200 kV-on 0.09 nm, azaz 90 pm. A tesztek alapján 70 pm felbontás érhető el.



*Gyémánt dumbbell-ek TEM-képe a 89 pm távolság (400) felbontásával. Ez a mikroszkóp felbontásának nagyon fontos demonstrációja. Amennyiben nincs 90 pm alatti felbontásunk a dumbbelleket, azaz a két szénatomsort egyetlen intenzitás foltként látjuk a nagyfelbontású képen.*

A gömbihibakorrektornak köszönhetően a mikroszkóp 80 kV-nál még mindig nagyon jó felbontással működtethető. Az érzékeny anyagokat, beleértve a 2D rétegeket is, az alacsony feszültségű üzemmódban tudjuk vizsgálni.

Az új mikroszkópban az analitikai méréseket a SuperX rendszer biztosítja, amely az oszlopba beépített 4 EDS-detektorból áll. Jó jel-zaj arány érhető el a minta döntése nélkül is.

Az előadás a tudományos folyóiratokban már közzétett első vizsgálati eredmények, képek és spektrumok egy részét mutatja be, egyben a fizikus közösség számára nyílt új lehetőségeket ismerteti.

Köszönet a VEKOP-2.3.3-15-2016-00002 projekten keresztül nyújtott pénzügyi támogatásért.

## Poszterek

### **P1.** *Optikai üvegek 34 femtoszekundumos lézerimpulzusok által keltett egy-lövéses ablációjának és a tranziens reflexió változásának vizsgálata*

**Andrásik Attila<sup>1</sup>, Flender Roland<sup>1,2</sup>, Budai Judit<sup>1</sup>, Szörényi Tamás<sup>1</sup>, Hopp Béla<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem

<sup>2</sup>ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged

A prezentációban a leggyakrabban használt optikai üvegek egy-lövéses ablációjára és az azzal egy időben a megmunkált üvegfelületen fellépő időintegrált reflexiónövekedés összehasonlító vizsgálatára vonatkozó eredményeinket mutatjuk be. Három, különböző típusú optikai üveget vizsgáltunk: a Schott cég Borofloat, BK7 és B270 üvegeit munkáltuk meg a Szegedi Tudományegyetem TeWaTi laboratórium Ti:Sa-alapú rendszerének 34 femtoszekundumos, 800 nm központi hullámhosszúságú impulzusaival. A lövések során szisztematikusan változtattuk az impulzusenergiát és a nyaláb átmérőjét a megmunkálandó üvegfelületeken, valamint mértük a visszavert nyaláb jelét egy gyors fotodiódát használva. A céltárgy felületébe vájt ablációs gödrök mélységét és átmérőjét egy DEKTAK profilométerrel ex-situ határoztuk meg.

Az üvegek ablációs jellemzői nagyon hasonlóak. Az ablációs küszöbök Borofloat-ra, BK7-re és B270-re rendre:  $5.84 \pm 0.21 \text{ J cm}^{-1}$  [ $(1.72 \pm 0.06) \times 10^{14} \text{ W cm}^{-1}$ ],  $(6.43 \pm 0.56) \text{ J cm}^{-1}$  [ $(1.89 \pm 0.16) \times 10^{14} \text{ W cm}^{-1}$ ] és  $(5.86 \pm 0.31) \text{ J cm}^{-1}$  [ $(1.75 \pm 0.09) \times 10^{14} \text{ W cm}^{-1}$ ], mérési hibán belül megegyeznek. Az ablációs küszöbök felett a gödrök átmérőinek és mélységeinek intenzitásfüggését megadó görbék mindhárom üvegre logaritmikus növekedést mutatnak, és  $5 \times 10^{14} \text{ W cm}^{-1}$  intenzitásértéken telítődnek.

Ezzel szemben jelentős eltéréseket láttunk a céltárgytípusok között a tranziens reflexió viselkedésében. A legnagyobb reflexiónövekedést a Borofloat üveg esetén mértük. Megállapítottuk, hogy – azonos energiasűrűség mellett – a tranziensreflexió-növekedés erősen függ a megmunkáló nyaláb céltárgy felületén lévő foltméretétől. A BK7 üvegen végzett méréseink bebizonyították, hogy bár a jel minden esetben monoton nő az intenzitással, a görbe meredeksége csökken, ha a foltméretet csökkentjük. Ez utóbbinak egyenes következménye az, hogy ugyanahhoz az energiasűrűség/intenzitás értékhez – a foltméretek függvényében – több tranziensreflexió-érték tartozik, ami azt jelenti, hogy az energiasűrűség/intenzitás önmagában nem definiálja egyértelműen a tranziens reflexió, azaz a plazmatükör viselkedését, a korrekt leíráshoz szükséges az energia/energiasűrűség/intenzitás mellett a megmunkáló nyaláb foltméretének megadása is a céltárgyon.

Eredményeink tovább egyengetik az optikai üvegek felületi mikromegmunkálásának optimalizálása és a plazma tükrös elrendezésekben való eredményes használata felé vezető utat.

## P2. Fotoelektron-szögeloszlások dipólközelítésen túli vizsgálata

Ábrók Levente<sup>1,2</sup>, Buhr Ticia<sup>3</sup>, Nagy Dávid<sup>1,2</sup>, Márton István<sup>1</sup>, Kövér Ákos<sup>1</sup>, Burkhard Beckhoff<sup>4</sup>, Ricz Sándor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem

<sup>3</sup>Justus-Liebig Universität, Giessen, Németország

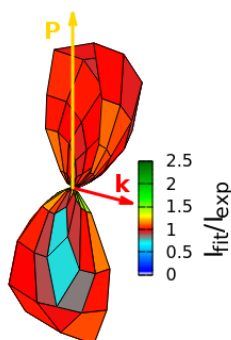
<sup>4</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig Németország

A foton és az anyag kölcsönhatásainak vizsgálata a kutatások egyik legfontosabb területe. Mind az elméleti, mind a kísérleti kutatók komoly erőforrásokat áldoznak ezen fizikai folyamatok jobb megértésére. A használt fotonok energiája kiemelten fontos a lehetséges végbemenő kölcsönhatások és végállapotok szempontjából.

Ismert, hogy a keményröntgen-sugarak alkalmazásakor a dipólközelítés nem elegendő, a kölcsönhatás teljes kifejtésére van szükség. Alacsonyabb energiájú fotonoknál a dipólközelítés alkalmazása mindennapos. Kevésbé kutatott terület a középső energiatartomány (UV, valamint lágy röntgen fotonok), ahol a további kölcsönhatási tagok szerepe egyre fontosabbá válik [1-3]. Kutatásaink során erre a területre fókuszáltunk fotoelektron-spektroszkópia alkalmazásával, nagyfelbontású energia- és szögeloszlásmérések végzésével. Megmértük a szögeloszlást a különböző ütközési síkokban saját, egyedi berendezésünkkel a BESSY2 lineárisan polarizált szinkrotronnyalábján, valamint egy keskeny energiájú VUV forrással az Atomkiban. 3-dimenziós differenciális hatáskeresztmetszeteket kaptunk az egyes mérési síkokból kapott eredményeket térben rendezve, különböző gázokon és fotonenergiákon. A fotoionizáció differenciális hatáskeresztmetszetének alakja lineáris polarizáció és elsőrendű korrekció esetében a következőképpen írható:

$$\frac{d\sigma_{nl}}{d\Omega} = \frac{\sigma_{nl}}{4\pi} \left[ 1 + \frac{1}{2}\beta(3\sin^2(\psi)\cos^2(\psi) - 1) + (\delta + \gamma\sin^2(\psi)\cos^2(\chi)\cos(\psi)) \right]$$

A paramétereket illesztve a kísérleti adatokhoz a dipólnál magasabb rendű korrekciók jelenlétére utaló eredményeket kaptunk már alacsony fotonenergiákon is.



*Hélium 1s fotoionizációja 100 eV energián. A színskála a mért és az elmélettel illesztett értékek arányát tükrözi.*

[1] J. W. Cooper, Phys. Rev. A **42**, 6942 (1990).

[2] J. W. Cooper, Phys. Rev. A **47**, 1841 (1993).

[3] R. Guillemin et al., Radiation Physics and Chemistry **73**, 311 (2005).

### **P3. Ezüst-nanorészecskék lézerbesugárzása után kibocsátott fotoelektronok vizsgálata**

**Budai László<sup>1</sup>, Márton Zsuzsanna<sup>2,3</sup>, Dombi Péter<sup>3,4</sup>, Tőkési Károly<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Pécsi Tudományegyetem

<sup>3</sup>ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged

<sup>4</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Nanorészecskék lézeres gerjesztése által kiváltott elektronemissziója iránt nagy érdeklődés mutatkozik az elmúlt években [1,2]. Ez nemcsak annak köszönhető, hogy mind kísérleti, mind pedig elméleti szempontból nagyon érdekes és kihívást jelentő alapismeretek megszerzésére kínál lehetőséget a téma, de ezek a kutatások számos technikai alkalmazást is ígérnek. Ezek közé tartozik a plazmon bioszenzorok, az optoelektronika, a fotovoltaiika, az ultraszürke nanoemitterek építése.

Egy klasszikus elméleti alapokon nyugvó számítógépes szimulációs programot dolgoztunk ki annak érdekében, hogy kiszámítsuk az Ag-felületen létrehozott fél ellipszoid alakú nanorészecskékből lézergerjesztés hatására kilépő fotoelektrononok pályáit. Ehhez először a Kretschmann-konfigurációban beeső lézerimpulzus hatására létrejövő időfüggő elektromos mezőt számítottuk ki. [3]. A besugárzáshoz használt lézerimpulzus 800 nm-es, 5 fs síkhullám volt, 44.6° beesési szöggel.

Nagy számú klasszikus pálya elemzését végeztük el az előre kiszámított elektromos mezőben. A szimulációkat két közelítésben végeztük el, nevezetesen amikor a kibocsátott elektron és a tükörtöltés között fellépő kölcsönhatást figyelembe vettük, és amikor elhanyagoltuk. Azt tapasztaltuk, hogy a tükörtöltés hatására fellépő, a felület felé irányuló gyorsuló mozgás meghatározó szerepet játszik az elektronpályák kialakulásában [4]. A fotoelektronok számított energiaeloszlása összhangban van a legújabb kísérletekkel. A kísérletileg kapott kettős csúcsstruktúrát a számított spektrumainkban azonosítottuk.

A munkát az OTKA KH 126886 pályázat támogatta.

[1] P. Rácz et al., Nano Lett. **17**, 1181 (2017).

[2] J. Budai et al., Nanoscale **10**, 16261 (2018).

[3] E. Kretschmann, H. Raether, Z. Naturforsch. **23A**, 2135 (1968).

[4] L. Budai et al., előkészületben. Eur. Phys J. D2019

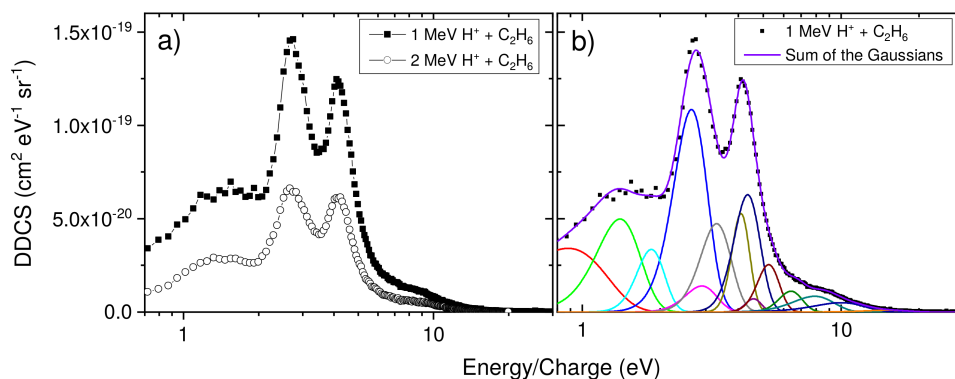
### **P4. Elsődleges ütközési folyamatok molekulákban, valamint másodlagos kémiai hatások polimerekben ionbombázás hatására**

**Demes Sándor, Huszánk Róbert, Kovács Sándor, Herczku Péter, Szikszai Zita, Furu Enikő, Juhász Zoltán, Sulik Béla**

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A kisebb szénhidrogén-molekulák ionizációja és fragmentációja alapvető jelentőséggel bír a modern atom- és molekulafizikában, valamint a kémiában és asztrofizikában is [1, 2]. Az ionindukált folyamatok pontos mechanizmusa ugyanakkor, a legegyszerűbb ionizációtól az anyagban végbemenő kémiai változásokig, részleteiben nem megfelelően értelmezhető a tudomány jelenlegi állása szerint.

Kutatócsoportunk nemrég egy új, többléptékű megközelítést fejlesztette ki, amely különböző kísérleti módszereken alapszik, és amellyel mind a gázfázisú elsődleges ütközési folyamatok, mind a szilárd testekben végbemenő kémiai változások tanulmányozhatók ionbesugárzás hatására [3]. Az első kísérleteket az MTA ATOMKI gyorsítói mellett végeztük. 1 és 2 MeV energiájú  $H^+$ -ionnyalábbal sugároztunk be polietilén (PE) mintákat, és ugyanilyen nyalábot használtunk az etánmolekulákkal való ütközések tanulmányozására, amellyel a polimer láncvégi egységeit legjobban tudjuk közelíteni molekuláris szinten. Kutatásaink célja, hogy megértsük az ionbombázás okozta radiolízis lejátszódását az elemi ion-molekula folyamatokból kiindulva.



Az etán-molekula fragmentumemissziós spektruma 1 és 2 MeV energiájú  $H^+$ -ionbombázás hatására,  $135^\circ$ -os megfigyelési szögénél (a), és az 1 MeV-es spektrum Gauss-típusú illesztése (b).

A PE-ben végmenő kémiai változásokat FTIR infravörös spektroszkópiával vizsgáltuk. A kémiai csoportok koncentrációjának változását  $6.2 \times 10^{13}$  és  $4.7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  közötti sűrűségű protonnyalábbal való besugárzás után határoztuk meg [4]. A gázfázisú mérésekben az ionfragmentumok  $E/q$  spektrumát mértük meg energiadiszperzív elektrosztatikus spektrométerrel, különböző szögek alatt [5]. Ezekből abszolút, kétszeresen differenciális hatás keresztmetszeteket határoztunk meg, melyeket az a. ábrán láthatunk 1 és 2 MeV energiájú ütközésekben.

Kvantumkémiai módszerekkel, a teljes reakcióentalpia különbségeként, meghatároztuk az átlagos kinetikus energia felszabadulás (KER) mértékét az egyes fragmentációs csatornák esetében. A számításokat CCSD(T) módszerrel végeztük a Gaussian 09 programcsomag segítségével [6]. Eredményeink azt mutatják, hogy a spektrum 2 eV alatti régiójában nehézionok dominálnak ( $C_m H_n^+$ ,  $m = 1, 2$ ;  $n = 1 - 5$ ), melyek a  $C_2 H_6^{q+}$  ( $q = 2, 3$ ) molekulaion széteséséből származnak. Kisebb számban  $H^+$ -ionok is keletkezhetnek ebben a régióban. A két éles csúcs 2 és 6.5 eV között egyszeresen töltött  $CH_n^+$  ( $n = 1 - 3$ ) és  $H^+$ -ionok keveréke, melyek a kétszeresen ionizált etánmolekulából származnak. 6.5 eV-nál nagyobb energiákon a háromszorosan töltött  $C_2 H_6^{3+}$ -molekulából származó ionok jelennek meg. Mivel az egyedi fragmentumok energiája esetében Gauss-típusú eloszlást feltételezünk, így a számított KER értékek alapján a mért spektrumot felbontottuk különálló fragmentációs csatornákra (b. ábra). Az 1 MeV energián mért hatás keresztmetszetek a kétszeresük a 2 MeV energián mért értékeknek, de az ionfragmentumok relatív hozama megközelítőleg egyforma a két lövedék esetében.

A kutatómunka az NKFIH/OTKA K109440 és K128621 sz. projektjeinek keretein belül készült. A kvantumkémiai számításokat a KIFÜ (NIIFI) HPC-rendszerén végeztük.

- [1] T. Majima et al., Phys. Rev. A **90**, 062711 (2014).
- [2] P. Wang and C.R.Vidal, Chem. Phys. **280**, 309 (2002).
- [3] S. Demes, talk IV.4 at the First General Meeting of CA17126 (2018).
- [4] R. Huszank, Sz. Szilasi, and D. Szikra, J. Phys. Chem. C **117**, 25884 (2013).
- [5] S.T.S. Kovács et al., Phys. Rev. A **96**, 032704 (2017).
- [6] M.J. Frisch et al., Gaussian 09, Rev. E.01. (Wallingford: Gaussian, Inc.) (2009).

**P5. Elektronegatív gázkisülések részecskealapú modellezése****Derzsi Aranka<sup>1</sup>, Bastien Bruneau<sup>2</sup>, Andrew Gibson<sup>2</sup>, Jean-Paul Booth<sup>2</sup>, Donkó Zoltán<sup>1</sup>**<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>2</sup>Ecole Polytechnique-CNRS-Univ Paris-Sud-UPMC, Palaiseau, Franciaország

A kapacitíven csatolt rádiófrekvenciás (RF) gerjesztésű gázkisülések sokoldalúan használható eszközként vannak jelen a félvezetőipartól kezdve a biomedikáig. A különböző alkalmazások szempontjából alapvető fontosságú a plazmajellemzők és a külső kontrollparaméterek közötti összefüggések feltárása, különös tekintettel a felületre érkező ionok fluxusának és energiaeloszlásának egymástól független szabályozhatóságára. Az ionjellemzők hangolására a közelmúltban többfrekvenciás, szabályozható (tailored), nem szinuszos RF hullámformával történő gerjesztést javasoltak. Ez a szabályozási módszer az elektromos aszimmetria jelenségén alapul, amely egy dc előfeszítést eredményez geometriailag szimmetrikus kisülési cellák esetében is. A szabályozható RF hullámformával gerjesztett gázkisülések szisztematikus tanulmányozása ezidáig főleg elektropozitív gázokra korlátozódott. Az alkalmazások többségében viszont elektronegatív, reaktív gázok keverékében hozzák létre a plazmát (például O<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>), ezért fontos megvizsgálni, hogy az ionjellemzők szabályozására javasolt új módszer mennyire hatékony ilyen rendszerek esetén.

A Particle-in-Cell / Monte-Carlo Collisions (PIC/MCC) szimulációs módszer lehetővé teszi az RF gázkisülések pontos, részecskealapú, teljesen kinetikus leírását, elérhető számításgigény mellett. Ezzel a módszerrel vizsgáltuk az elektronfűtés és ionizáció mechanizmusát, a plazma jellemzőinek alakulását elektronegatív RF gázkisülésekben O<sub>2</sub> gázban, egy új plazmakémiai modell segítségével. A számolások felfedték a különböző működési módok közötti átmenet lehetőségét a gerjesztő harmonikusok számának növelésével, illetve a nyomás változtatásával. A működési módok közötti átmenetet fázisfelbontott optikai emissziós spektroszkópiai (PROES) mérések is alátámasztották. A különböző plazmajellemzőkre (ionok fluxusa és energia szerinti eloszlása az elektródáknál, a kisülés teljesítménye, a dc előfeszültség mértéke) kapott kísérleti és szimulációs eredmények egyezése igazolta az újonnan kidolgozott modell helyességét, mely ezáltal biztos alapot jelent az elektronegatív gázkisülések további tanulmányozásához.



## P6. Nagy intenzitású, nagy kontrasztú UV lézerrendszer

**Homik Zsolt, Gilicze Barnabás, Szatmári Sándor**

Szegedi Tudományegyetem

Nagy intenzitású lézerrendszerek esetén a szükséges időbeli kontraszt az elérhető fókuszált intenzitással skálázódik. A rövid impulzusú KrF excimer lézerek előnye – a direkt erősítés miatt –, hogy az időbeli háttér egyetlen forrása az erősített spontán emisszió (ASE) [1]. A rövid hullámhossz miatt ugyanakkor az ASE gyorsan növekvő tulajdonságokkal rendelkezik, így már mérsékelt szintű erősítés esetén is szükség van impulzustisztításra. Rövid ultraibolyaimpulzusok időbeli kontrasztjának javítására hatékony módszer a nemrég bevezetett nemlineáris Fourier-szűrési (NFF) technika [2]. A kísérletileg demonstrált legnagyobb elérhető kontrasztjavulás közel 5 nagyságrend, amit az elrendezés részét képező optikai leképezés térbeli kontrasztja limitál [3]. Az időbeli kontraszt javulása mellett a szűrt nyaláb kiváló térbeli tulajdonságokkal is rendelkezik. A kimenő szűrt impulzus energiája 40%-a a bemenő értéknek.

A fenti megfontolások alapján egy nagy intenzitású, nagy kontrasztú UV lézerrendszert fejlesztettünk [4], ami három (két erősítési átmenetes elrendezésben használt), lépésekben növekvő keresztmetszetű KrF erősítőegységet tartalmaz, amely  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  méretű nyalábot eredményez a kimeneten. A nemlineáris Fourier-szűrő az első erősítőegység után került elhelyezésre, amely így sub-mJ energiájú, nagy kontrasztú magimpulzust szolgáltat további erősítésre. Az utolsó erősítő egység egy kétnyalábos, interferometrikus multiplexelési elrendezéssel van kiegészítve, így 100 mJ kimenő energia érhető el. A kutatás eredményeként a lézerrendszer által előállított, 248 nm-es központi hullámhosszú fókuszált nyaláb intenzitása  $10 \times 10^{19} \text{ W cm}^{-2}$ , az időbeli kontraszt pedig meghaladja a  $10^{11}$  értéket.

[1] Szatmári S, et al., Landolt–Börnstein New Series vol. VIII/1B (2007).

[2] S. Szatmári, et al., Laser Phys. Lett. **13**, 075301 (2016).

[3] B. Gilicze, et al., Opt. Express **25**, 20791-20797 (2017).

[4] B. Gilicze, et al., Opt. Express **27**, 17377-17386 (2019).

**P7. Mg-mal adalékolt kongruens és sztöchiometrikus LiNbO<sub>3</sub> kristály dielektromos jellemzőinek hőmérsékletfüggése a THz-es frekvenciatartományon****Buzády Andrea<sup>1</sup>, Gálos Réka<sup>1</sup>, Tong Lin<sup>2</sup>, Xiaojun Wu<sup>2</sup>, Tóth György<sup>1</sup>, Makkai Géza<sup>1</sup>, Kovács László<sup>4</sup>, Hebling János<sup>1</sup>, Pálfalvi László<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem<sup>2</sup>School of Electronic and Information Engineering, Beihang University, Peking, Kína<sup>4</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Nagy energiájú terahertzes (THz) impulzusok előállításának széles körben elterjedt módszere az ultrarövid lézerpulzusok lítium-niobát (LiNbO<sub>3</sub>) kristályban történő optikai egyenirányítása [1,2]. Korábbi vizsgálatokból ismert, hogy a LiNbO<sub>3</sub> sztöchiometriája, illetve magnéziummal való adalékolása hatással van a törésmutató és az abszorpciós együttható frekvenciafüggésére, és befolyásolja a fotorefrakciós roncsolási küszöböt is [3]. Az alacsony hőmérsékleten végzett mérések pedig megmutatták, hogy kriogénikus hőmérsékleten még kedvezőbbek lehetnek a dielektromos tulajdonságok a terahertzgenerálás szempontjából [4,5]. A távoli infravörös spektrométerrel végzett mérések [4] azonban nem szolgáltatnak megbízható információt az 50 cm<sup>-1</sup> alatti frekvenciatartományban [6]. Az időtartományban működő spektrométerrel (TDS) végzett alacsony hőmérsékletű mérések során pedig csak kongruens kristályt vizsgáltak [5].

A Mg-mal adalékolt kongruens és sztöchiometrikus kristályok terahertzes frekvenciatartománybeli dielektromos paramétereit a lineáris THz-es spektroszkópia egyik mérési elrendezésével, az időtartományban működő spektrométerrel határoztuk meg több különböző hőmérsékleten.

A legalacsonyabb 20 K és a legmagasabb 460 K között 40 K-enként változtattuk a hőmérsékletet. A vizsgált LiNbO<sub>3</sub> kristálynak a korábbi tanulmányok alapján leghatékonyabbnak bizonyuló 6,1% Mg-mal adalékolt kongruens, illetve a 0,7% Mg-mal adalékolt sztöchiometrikus kristályokat választottuk. Mindkét minta esetén mind az ordinárius, mind az extraordinárius polarizációjú irányban meghatároztuk a törésmutató és abszorpciós együttható frekvenciafüggő értékeit.

Az optikai egyenirányítással megvalósított konverzió hatásfoka jelentősen növelhető, ha a döntött impulzus frontú elrendezést alkalmazva teljesül a sebességillesztés feltétele [1]. Az elrendezés tervezéséhez szükség van a terahertzes dielektromos jellemzők pontos ismeretére. Méréseinkkel az abszorpciós és törésmutató frekvenciafüggését határoztuk meg különböző hőmérsékletű mintákon. Az eredmények azt mutatják, hogy a kristály hűtésével csökkenthető a terahertzes tartományon az abszorpció és a törésmutató is, így még hatékonyabb lehet a terahertzes impulzus előállítása.

[1] J. Hebling et al., Opt. Express **10**, 1161-1166 (2002).[2] J. A. Fülöp et al., Optics Express **23**, 20155-20163 (2014).[3] M. Unferdorben et al., J. Infrared Milli. Terahz. Waves **36**, 1203 (2015).[4] L. Pálfalvi et al., J. Appl. Phys. **97**, 123505 (2005).[5] Xiaojun Wu et al., Opt. Express **23**, 29729-29737 (2015).[6] I-Chen Ho et al, Opt. Express **18**, 2872-2883 (2010).

## P8. Egyciklusú CEP-stabil attoszekundumos impulzusok keltése THz-es impulzusok Thomson-szórásával

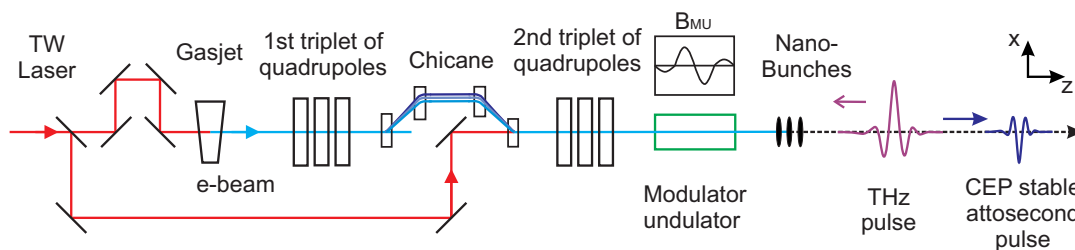
Gyöngy András<sup>1</sup>, Tibai Zoltán<sup>1</sup>, Asuthos Sharma<sup>2</sup>, Hebling János<sup>1</sup>, Tóth György<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem

<sup>2</sup>ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged

Magasharmonikus-keltéssel előállított attoszekundumos impulzusok alakja nehezen kontrollálható. Az általunk javasolt eljárással alakformált attoszekundumos impulzusok állíthatók elő [1,2]. Az elektrongyorsítóból kilépő elektronnyalábból ultrarövid, néhány nanométeres elektroncsomókat állítunk elő, majd olyan mágneses téren vezetjük keresztül, melynek mágneses térerősségének térbeli lefutása megegyezik az előállítani kívánt attoszekundumos impulzus időbeli alakjával.

Ezt az alapelvet használjuk, amikor attoszekundumos impulzusokat terahertzes (THz) impulzusok Thomson-szórásával állítjuk elő [3]. Az elektroncsomó a THz-es impulzus elektromágneses terén fog áthaladni, és olyan pályát bejárni, melynek hatására a keletkező sugárzás időbeli alakja megegyezik a THz-es impulzus időbeli alakjának időtengely irányú összenyomásával. A THz-es impulzusok azért kitüntetettek, mert ebben a tartományban már rutinszerű az egyciklusú impulzusok keltése [4].



Egyciklusú CEP-stabil attoszekundumos impulzusokat keltő berendezés sematikus ábrája [3]

A működési elv a következő: Egy lézer-plazma gyorsító (LPWA) használatával relativisztikus sebességűre gyorsítjuk az elektronokat. Ábra: Az első kvadrupólus-triplett célja az elektronnyaláb transzverzális méretének csökkentése. Ezután az elektronnyaláb áthalad a chicane-on, egy mágnesekből álló rendszeren, mely a térben szétválasztja a különböző energiájú elektronokat. Ezáltal csökkenthető az szeptenergia-bizonytalanság. A második kvadrupólus-triplett fókuszálja az elektronnyalábot a THz-es nyaláb fókuszába, de még a fókuszálás előtt az elektronnyaláb áthalad a modulátor undulátoron, melyben az undulátor mágneses terével és a TW-os teljesítményű lézerrel való kölcsönhatás miatt az elektronok csomósodnak, kialakulnak a néhány nanométer hosszanti kiterjedésű „nanobunch”-ok. Ezekről a „bunch”-olt elektronnyalábokról szóródnak a THz-es impulzusok, és hozzák létre az egyciklusú, CEP-stabil, nJ nagyságrendű attoszekundumos impulzusokat.

Támogató: EFOP-3.6.2-16-2017-00005 (Ultragyors fizikai folyamatok atomokban, molekulákban, nanoszerkezetekben és biológiai rendszerekben)

[1] Z. Tibai et al., Phys. Rev. Lett. **113**, 104801 (2014).

[2] Tóth György et al., Fizikai Szemle **66**, 408-413 (2016).

[3] Gy. Tóth et al., J. Opt. Soc. Am. B **35**, A103-A109 (2018).

[4] M. C. Hoffmann, J. A. Fülöp, J. Phys. D: Appl. Phys. **44**, 083001 (2011).

**P9. Ionizációs hullámok a PK-4 mikrogravitációs porosplazma-kísérletben****Hartmann Péter<sup>1,2</sup>, Jorge C. Reyes<sup>2</sup>, Truell W. Hyde<sup>2</sup>, Juhász Zoltán<sup>3</sup>**<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>2</sup>Baylor University, Waco, USA<sup>3</sup>Pannon Egyetem, Veszprém

Az ISS Nemzetközi Űrállomáson jelenleg üzemelő Plasmakristall-4 (PK-4) a mikrogravitációs környezetben működő porosplazma-kísérletek legújabb generációja. A kísérlet központi eleme egy 400 mm hosszú, 30 mm belső átmérőjű üvegből kialakított kisülési cső, amelyben argon vagy neon gázban keltenek változtatható polaritással egyenáramú (DC) gázkisüléseket, amelybe néhány mikrométer átmérőjű monodiszperz szilárd szemcséket (port) lehet beereszteni. A berendezés részletes leírása itt található [M. Y. Pustynnik, et. al., Rev. Sci. Instr. **87**, 093505 (2016)]. A kisülésben lebegő, elektromosan töltött porszemcsék kölcsönhatásait leíró elméleti modellekhez szükség van a lokális plazmaparaméterek pontos ismeretére, olyanokra mint a töltött részecskék sűrűsége, fluxusa, sebességeloszlása és az elektromos térerősség. Természetesen az űrállomáson plazmadiagnosztika csak nagyon korlátozottan áll rendelkezésre, így ezeket a kiegészítő kísérleteket a valódi berendezés pontos másolatain végzik felszíni laboratóriumokban, valamint alkalmazunk numerikus gázkisülés-szimulációkat a plazma tulajdonságainak kiszámítására.

Az aktuális kutatáshoz egy hengeres szimmetriával rendelkező kétdimenziós „Particle in Cell with Monte Carlo Collisions” (PIC/MCC) gázkisülés-szimulációs programot implementáltunk grafikus processzoros (GPU) architektúrára, amellyel elektronok és Ne<sup>+</sup>-ionok mozgása és Ne-atomokkal, valamint a határfelületekkel történő ütközéseit követhetjük nyomon. Mindez az elektródákra kapcsolt elektromos feszültség, az üvegcsővön összegyűlt felületi töltések és a gázterben jelenlévő tértöltések által meghatározott, időben változó elektromos térben történik. A szimulációt a kísérletekben tipikusan használt paramétertartományban alkalmaztuk (kb. 1 mbar gáznyomás és 1 mA DC áramerősség).

A kísérletben a porszemcsék a kisülési cső közepében, a „pozitív oszlop” térrész belsejében lebegnek. Az eredeti kísérletben ez a térrész térben és időben is homogénnek látszik az elérhető kb. 10 ms-os expozíciós időekkel. Szimulációinkkal megmutattuk, hogy ezzel szemben a csupán 1, 2  $\mu$ s-ig tartó időátlagolt adatgyűjtéssel nagy kontrasztú hullámvonulatok figyelhetők meg végig a pozitív oszlop mentén, amelyek fázissebessége  $500 \text{ m s}^{-1}$  és  $1200 \text{ m s}^{-1}$  között változik. A kisülés középpontjában az összes számított plazmaparaméter (elektromos térerősség, elektron- és ionsűrűségek, elektronhőmérséklet) kb. 18 kHz-es lokális anharmonikus oszcillációt mutat, amelynek maximuma az időátlag tízszeresét is eléri. Numerikus jóslatunkat földi laboratóriumi kísérletben, nagy sebességű videofelvételekkel igazoltuk. A megfigyelés jelentősége abban van, hogy segítségével magyarázatot nyerhetnek kísérletileg megfigyelt porszemcsestruktúrák.

A kutatást az NKFIH a K-115805 pályázaton keresztül támogatja.

**P10.** *Intenzív szubterahertzes sugárzások keltése speciális UV lézerekkel***Bali Krisztián**<sup>1,2</sup>, **Kovács Zsolt**<sup>1,2</sup>, **X. Ropagnol**<sup>3,4</sup>, **Gilicze B.**<sup>1</sup>, **M. Zhuldybina**<sup>4</sup>, **F. Blanchard**<sup>4</sup>, **C. M. Garcia Rosas**<sup>3</sup>, **Szatmári S.**<sup>1</sup>, **Földes I. B.**<sup>1,2</sup>, **T. Ozaki**<sup>3</sup><sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem<sup>2</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>3</sup>Institut National de la Recherche Scientifique, Varennes, Kanada<sup>4</sup>École de Technologie Supérieure, Montréal, Kanada

A fotovezető antennák (Photoconductive Antennas, PCA) egyedi impulzusjellemzőik és viszonylag egyszerű felépítésük miatt perspektivikus megoldást kínálnak intenzív terahertz-sugárzások keltéséhez. A működésük alapja a rövid lézerimpulzusok által, félvezetők felületén keltett pikoszekundumos időállandójú tranziens fotoáramok erősítése külső elektromos térben. A lézer fotonjai gerjesztik, majd a tiltott sáv fölé emelik a töltéshordozókat, míg egy kívülről kapcsolt nagy térerősségű feszültségimpulzus által tovább gyorsítódnak, amelyek energiát csatolnak ki. Ezek a tranziens fotoáramok a terahertz-sugárzás elemi forrásai. Az elvet elsőként 80-as évek végén femtoszekundumos festéklézerekkel demonstrálták [1]. Az elérhető THz energiák növelésére egy kézenfekvő módszer az antennák felületének növelése (LAPCA, Large Aperture Photoconductive Antennas) [2]. Egy másik eljárás a külső gyorsító tér növelése, aminek gátat szab az adott antennát alkotó félvezető átütési szilárdsága. Ez az érték szorosan függ a félvezető tiltottsáv-szélességétől. Hagyományosan GaAs félvezető kristályokat alkalmaznak amelynek tiltottsáv-szélessége 1,44 eV, tehát alkalmas hagyományos Ti:zafir lézerekkel történő gerjesztésre. Azonban az átütési szilárdság viszonylag alacsony ( $\sim 10 \text{ kV cm}^{-1}$ ) értéke korlátozó tényező. Az elmúlt években erőfeszítések történtek ellenállóbb kristályok tesztelésével, Ti:zafir-lézerek második harmonikusának használatával [3]. Egy következő lépcsőfok ebben az irányban, a speciális szegedi szubps-os UV lézerek ( $E_{\text{foton}} > 5 \text{ eV}$ ) adaptációja nagy (2.5 eV+) tiltottsáv-szélességű szubsztrátokból épített antennákhoz. Előadásomban bemutatok egy kísérletsorozatot amely során különböző antennaalkotók teljesítményét mértük különböző paraméterek mellett. A legjobbakból nagy teljesítményű antennákat építve, azok által keltett THz impulzusok spektrumait karakterizáltuk. Az elért nagy intenzitás (11  $\mu\text{J}$ ) lehetővé tette félvezetők nemlineáris transzmissziójának demonstrálását.

[1] Auston D H, Cheung K P and Smith P R, Appl. Phys. Lett. **45**, 284 (1984).[2] You D et al., Opt. Lett. **18**, 290 (1993).[3] Ropagnol X et al., IEEE Photon. J. **3**, 174 (2011).

**P11.** *Charges displaced by short laser pulses in solids***Magashegyi István<sup>1</sup>, Földi Péter<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem<sup>2</sup>ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged

One of the most intensively investigated topic in the context of excited electron phenomena is the light pulse driven currents in solids. At low intensities, when the bandgap is considerably larger than the exciting photon energy, interband transitions can be neglected, although the external electromagnetic field can influence the dynamics of the conduction band electrons. This kind of current can easily be generated in metals. From the experimental point of view, it is worth noticing that the time evolution of these currents cannot be measured directly because of the time scales. That is the main reason why we turn our focus to the charge that was replaced by the short laser pulse.

For the sake of simplicity, we consider a one-dimensional (1D) model. We work in single electron picture and consider a periodic potential that represents a crystalline solid. In this case the energy eigenstates of the system can be written in Bloch-form, i.e., as a product of a plane wave and a lattice periodic function. In order to concentrate on the physical phenomena described above, we restrict our investigation to the conduction band. Close to the edge of the conduction band, for low wave numbers, the dispersion relation is nearly cubic, which means that the Bloch states can be considered to be plane waves, as it is often assumed in transport theory. While the quantum mechanical state generated by the external pulse from the initial plane wave can be computed by numerical methods, the determination of the extra charge transferred by the laser pulse for long time scales leads to numerical optimization difficulties.

We show that this problem can be handled using an analytical approach which reduces the computational costs and gives an exact formula for the transferred charge. Additionally, we analyse how different parameters of the exciting laser pulse influence the net charge displaced by the pulse.

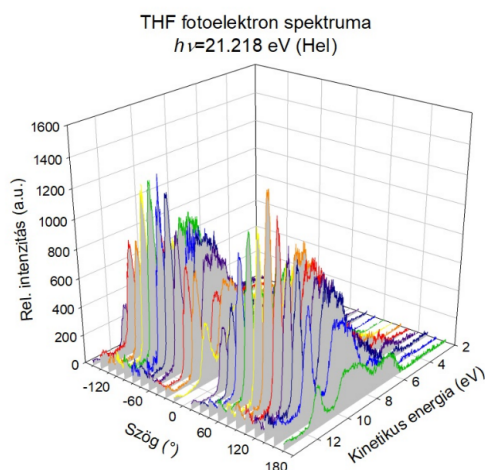
## P12. Vákuum ultraibolya fotonok által tetrahydrofuránról keltett fotoelektronok energia- és szögeloszlása

Márton István<sup>1</sup>, Nagy Dávid<sup>1,2</sup>, Ábrók Levente<sup>1,2</sup>, Gulyás László<sup>1</sup>, Kovács T. S. Sándor<sup>1</sup>, Herczku Péter<sup>1</sup>, Kövér Ákos<sup>1</sup>, Ricz Sándor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem

A tumorterápia fontossága miatt a DNS-molekula ionizáló sugárzás által bekövetkező roncsolódása aktív vizsgálatok tárgyát képezi. Az ionizáló sugárzás biológiai és más anyagokra gyakorolt károsító hatásának jobb megértéséhez az atomok és molekulák fotonokkal, ionokkal és elektronokkal (beleértve az ionizáció során keletkező másodlagos elektronokat) történő vizsgálatára van szükség. A molekulaszervezet tanulmányozásának egy módja a fotoelektronok energia- és szögeloszlásának, vagy más néven a kétszeresen differenciális hatáskeresztmetszetének (DDCS) mérése. A DNS-molekula roncsolódásának modellezéséhez részletes ismeretekkel kell rendelkezni a DNS-t alkotó atomok és molekulák tulajdonságairól. A nagy energia- és szögfeloldású fotoelektron spektroszkópia (HR-ARPES) a keskeny vonalszélességű HeI vákuum ultraibolya (VUV) fotonforrással kiváló módszert biztosít az ionizációs folyamatok (elektronkorreláció, multipól és csatornakölcsönhatások) vizsgálatára. A tetrahydrofuránt (THF, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O), mely a DNS vázában fordul elő, széles körben alkalmazzák mint modellmolekulát. A THF valenciaelektron-szerkezetét kísérletileg ugyan tanulmányozták elektronenergia-veszteségi és alacsonyenergiás fotoelektron-spektroszkópiával, azonban ezen kísérletekben a DDCS-t nem vizsgálták [1-3]. A HR-ARPES-technika alkalmazásával meghatároztuk a THF-molekula valenciaelektronjainak kétszeresen differenciális hatáskeresztmetszetét. Jelenlegi tudásunk alapján a szakirodalomban nem lelhető fel korábban elvégzett, ilyen pontossággal kivitelezett kísérlet. Ennek során megmértük a fotoelektronok energia- és szögeloszlását (ábra), amiből meghatároztuk a kötési energiákat, az anizotrópia (dipól és nem dipól) paramétereket, valamint a relatív ionizációs hatáskeresztmetszeteket.



*A tetrahydrofurán kétszeresen differenciális hatáskeresztmetszete HeI vákuum ultraibolya megvilágítás mellett.*

Ezen munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal K18-as finanszírozási rendszerének K 128621 és NKFIH 2018-1.2.1-NKP-2018-00010 számú projektje finanszírozta.

[1] Badia Boudaïffa et al., *Science* **287**, 1658 (2000).

[2] S. H. Reza Shojaei, Filippo Morini, and Michael S. Deleuze, *The Journal of Physical Chemistry A* **117**, 1918 (2013).

[3] S. H. Reza Shojaei et al., *The Journal of Physical Chemistry A* **117**, 8388 (2013).

**P13.** *Investigation of infrasound noise background at Mátra Gravitational and Geophysical Laboratory (MGGL)***Fenyvesi Edit<sup>1</sup>, Molnár József<sup>2</sup>, Czellár Sándor<sup>2</sup>**<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>2</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

Infrasound and seismic waves are supposed to be the main contributors to the gravity-gradient noise (Newtonian noise) of the third generation subterranean gravitational-wave detectors. This noise will limit the sensitivity of the instrument at frequencies below 20 Hz. Investigation of its origin and the possible methods of mitigation have top priority during the designing period of the detectors. Therefore long-term site characterizing measurements are needed at several subterranean sites. However, at some sites, mining activities can occur. These activities can cause sudden changes (transients) in the measured signal, and increase the continuous background noise, too. We have developed a new algorithm based on discrete Haar-transformation to find these transients in the infrasound signal. We found that eliminating the transients decreases the variation of the noise spectra, and hence results a more accurate characterization of the background noise. We also carried out experiments for controlling the continuous noise. Machines operating at the mine was turned on and off systematically in order to see their effect on the noise spectra. These experiments showed that the main contributor of the continuous noise is the ventilation system of the mine.



## P14. Null rétegek kinetic gravity braiding skalár-tenzor elméletekben

**Racskó Bence, Gergely Árpád László**

Szegedi Tudományegyetem

Az általános relativitáselmélet (ÁRE) rengeteg sikere ellenére a módosított gravitációelméletek egy erősen kutatott területet alkotnak, hiszen galaktikus és annál nagyobb skálán az ÁRE csak akkor prediktív, ha feltételezzük a sötét anyag és sötét energia létezését, amelyek eddig ismeretlen egzotikus anyagformák. Mivel a barionikus anyaggal csak gravitációsan hatnak kölcsön, ésszerű megpróbálni a jelenlétüket az ÁRE nagy skálájú módosításaival megmagyarázni.

Az egyik legegyszerűbb, ugyanakkor legsokoldalúbb osztálya a módosított gravitációelméleteknek a skalár-tenzor (ST) elméletek, ahol egy skalármező nem minimálisan csatolódik a metrikus tenzorhoz (Jordan-rendszer), vagy pedig konformálisan vagy diszformálisan csatolódik az anyaghoz (Einstein-rendszer).

A legáltalánosabb másodrendű mozgásegyenletekkel rendelkező ST elmélet négy dimenzióban a Horndeski-féle elméletcsalád, ahol a skalármezőnek és kinetikus tagjának négy tetszőleges függvénye adott. A közelmúltban tett gravitációshullám-mérések megerősítették, hogy a gravitációs hullámok fénysebességgel propagálnak, ami erőteljes korlátokat vet ki a Horndeski-elmélet kvartikus és kvintikus szektorára. A megmaradó részt szokás kinetic gravity braiding theory-nak (KGBT) nevezni. Ez az elméletcsalád kompatibilis minden méréssel, és a nemlineáris köbös önkölcsönhatás a hatásban képes elnyomni a skalármező hatását alacsony skálán a Vainshtein-mechanizmuson keresztül, így az elmélet alkalmazható a sötét energia modellezésére.

Rengeteg olyan jelenség létezik, amelyet célszerű az anyagtartalom vagy a geometria hirtelen változásával modellezni valamilyen határoló hiperfelületen keresztül, mint például csillaghatárok, eseményhorizontok, lökéshullámok és fázisátmenetek. Az ÁRE-ben a síma átmenethez az szükséges, hogy a két oldalról számolt külső görbületek a hiperfelületen egyezzenek meg, de ez a feltétel sérülhet ha végtelen nagy sűrűségű anyag (egy vékony réteg) található a hiperfelületen. Ebben az esetben a Lánzos-egyenlet teremt kapcsolatot a külső görbület ugrása és a disztribucionális forrás között.

Az előbbi, Israeltől származó procedura kudarcot vall, ha a hiperfelületnek vannak null pontjai, ami eseményhorizontok és impulzív elektromágneses sugárzás esetén megtörténik. Az általános rétegek korrekt leírását Barrabés és Israel adták, és később Poisson specifikálta a null esetre, egyszerűbb, de kevésbé általános egyenleteket produkálva.

A Horndeski-elméletben a határfeltételeket Padilla és Sivanesan kiszámolta időszerű rétegekre, de a null eset ismeretlen. Itt prezentáljuk a munkánkat [1] a Lánzos-egyenlet analógiájáról null rétegek esetén a KGBT egy részosztályában, ahol a hatás lineáris a kinetikus tagokban.

[1] B. Racskó, L. Á. Gergely, *Symmetry* **11**, 616 (2019).

**P15.** *Kísérleti bizonyíték a  $^{105}\text{Pd}$ -atommag imbolygó mozgására***Kruzsicz Bernadett<sup>1</sup>, Timár J.<sup>1</sup>, Q. B. Chen<sup>2</sup>, Sohler D.<sup>1</sup>, Kuti I.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Debreceni Egyetem<sup>2</sup>Beijing University, Kína

A legújabb atommagelméletek szerint bizonyos neutronsám- és protonszám-tartományba tartozó atommagok alakja nem forgási, hanem háromtengelyű ellipszoid. Az ilyen atommagok bonyolult forgást, pl. imbolygó mozgást is végezhetnek: gyorsan forognak az egyik főtengely körül, és ez a forgástengelyük lassabban körbefordul a térben állandó perdületvektor körül.

Bár a  $\sim 100$  körüli nukleont tartalmazó Ag, Pd, Rh, Ru atommagokban várható a legerősebb háromtengelyű deformáció, eddig ezt az imbolygó forgást még kísérletileg nem mutatták ki.

Nemzetközi együttműködésben vizsgáltuk a  $^{105}\text{Pd}$ -atommag forgását. A kísérletben a franciaországi IReS kutatóintézet részecskegyorsítóját és a nemzetközi együttműködésben létrehozott EUROBALL gamma-detektorrendszert, valamint a DIAMANT töltött részecske-detektort használtuk. A  $^{105}\text{Pd}$  közepes és nagy spinű állapotait  $^{96}\text{Zr}(^{13}\text{C},4n)$  reakcióval állítottuk elő. A kísérleti adatokból azonosítottuk a gerjesztett állapotok azon új csoportját, amely az imbolygó forgáshoz tartozhat, valamint meghatároztuk az ezen állapotok bomlásából származó gamma-sugárzások tulajdonságait.

A kapott kísérleti eredmények jól egyeznek az atommagelméleti számítások előrejelzéseivel és azt bizonyítják, hogy a  $^{105}\text{Pd}$ -atommagnak valóban háromtengelyű ellipszoid alakja van. Az eredmények az imbolygó forgás jelenlétét is igazolják. Ez volt az első olyan kísérlet, amelyben az imbolygó forgást egy páratlan számú neutronot tartalmazó atommagban figyelték meg. Az eredmények megerősítik azt az elméleti előrejelzést, hogy az imbolygó forgás általános jelenség a háromtengelyű ellipszoid alakú atommagok esetén.

## P16. Funkcionális Fe(II)-komplexek vizsgálata kvantumkémiai és kvantumdinamikai számításokkal

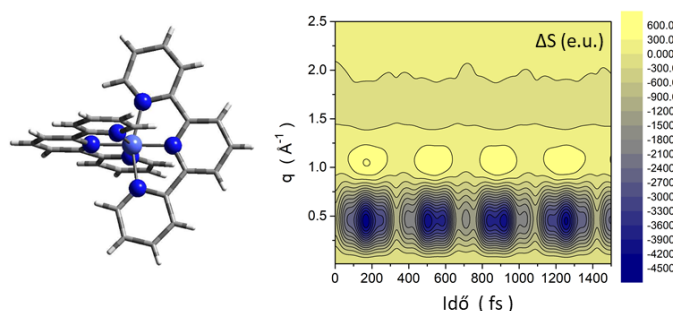
Rozgonyi Tamás<sup>1</sup>, Pápai M.<sup>2</sup>, K. B. Møller<sup>2</sup>, T. Penfold<sup>3</sup>, Papp M.<sup>1</sup>, Keszthelyi T.<sup>1</sup>, Vankó Gy.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Dánia

<sup>3</sup>Newcastle University, Egyesült Királyság

Az átmenetifém-komplexek, ezen belül is a környezetre ártalmatlan vaskomplexek ultragyors fotodinamikájának vizsgálata napjaink egyik intenzív kutatási területe. Optikai gerjesztés hatására bekövetkező spin- illetve töltésátmenet révén ezek a komplexek megfelelő ligandumok és környezet esetén számos funkcióra alkalmasak lehetnek. A funkcionalitás szempontjából optimális ligandumok tervezéséhez nagyban hozzájárulhat a fotorelaxációt meghatározó potenciálisenergiafelületek számítása, illetve a dinamika szimulálása. Az általunk vizsgált komplexek közül a  $[\text{Fe}(\text{bmip})_2]^{2+}$  (bmip = 2,6-bis(3-methyl-imidazole-1-ylidene)-pyridine) rendszer hosszú élettartamú fém-ligandum-töltésátmeneti (MLCT) állapota révén fotoszenzibilizátorként funkcionálhat, míg a  $[\text{Fe}(\text{terpy})_2]^{2+}$  (terpy = 2,2':6',2''-terpiridin) analóg vegyületei a hosszú kvintett állapotú élettartamuk miatt fényel kapcsolható molekuláris eszközként nyerhetnek alkalmazást [1].



A fényel kapcsolható  $[\text{Fe}(\text{terpy})_2]^{2+}$  modellvegyület szerkezete, és a legmélyebb kvintett állapotban történő hullámcsomag-mozgáshoz tartozó tranziens röntgenszórási jel.

A  $[\text{Fe}(\text{bmip})_2]^{2+}$ -komplex esetén időfüggő sűrűségfüggvény-elméleti (TDDFT) számításokkal feltérképeztük a releváns potenciálisenergia-felületeket, és multidimenziós kvantumdinamikai szimulációk segítségével nyomon követtük a relaxáció folyamatát. A relaxációban kulcsszerepet játszó spin-pálya csatolás, a nemadiabatikus csatolás, valamint a gerjesztő lézerpulzus explicit figyelembevételével magyarázatot adtunk a triplett MLCT állapotok szokatlanul hosszú élettartamára [2]. Kiszámoltuk továbbá a tranziens röntgenszórási jelet is.[3] A  $[\text{Fe}(\text{terpy})_2]^{2+}$ -komplex esetén szimuláltuk a fotorelaxációt követő hullámcsomagmozgást a legmélyebb kvintett elektronállapotban a célból, hogy magyarázatot találjunk femtoszekundumos tranziens röntgenszórási és tranziens optikai abszorpciós mérések során megfigyelt oszcillációkra. A rendszert az egyik terpy ligandumot cianid csoportokra cserélve érzékenyítettük a környezettel való kölcsönhatásra, az előálló  $[\text{Fe}(\text{terpy})(\text{CN})_3]^-$ -komplexnél vizsgáltuk az oldószer hatását a molekula potenciálisenergia-felületeire. A szubsztitúció hatására a számított fémcentrált triplett és kvintett állapotok potenciális energiái megnövekedtek a szingulett alapállapotéhoz képest, és a számításokkal az oldószerfüggést (szolvatokromizmus) is sikerült reprodukálni az optikai abszorpciós kísérletekkel összhangban.

[1] M. Pápai et al., J. Chem. Theory Comput. **9**, 509 (2013).

[2] M. Pápai et al., J. Phys. Chem. Lett. **7**, 2009 (2016).

[3] M. Pápai et al., közlésre benyújtva.

**P17.** *A fénytán története – Bárá Eötvös Loránd előadása az 1888/89-es tanév második félévében*

**Farkas Zsuzsanna**

Szegedi Tudományegyetem

A kiállított poszteren a Tanszékünk birtokában lévő, eredeti, fekete tintával, gyönyörű kézírással jegyzett, A fény nemzetközi éve alkalmából 2015-ben faksimile kiadásban is megjelentetett kordokumentum másolata látható, amelyen az alábbi széljegyzet olvasható.

„Ezt az 1-23-al jelzett kéziratot a nevezett előadás egyik hallgatója, Strausz Ármín írta meg az előadás után részemre: Fröhlich Izidor”. Az előadás anyaga: A fénytán, az előadó: Eötvös Loránd. A 11 előadásból álló egyetemi kurzus első órája 1889. január 26-i kelezésű, az utolsó 1889. május 18-i.

A dokumentum eredeti tulajdonosáról és a másolat elkészítőjéről az alábbiak tudhatók.

Fröhlich Izidor (Pest, 1853 – Budapest, 1931) magyar elméleti fizikus, aki 1878-tól a Budapesti Tudományegyetemen Eötvös Loránd utódként működött mint rendkívüli tanár. A Magyar Tudományos Akadémia levelező (1880-tól), rendes (1891-től), majd igazgatósági (1920-tól) tagja volt, 1911 és 1912 között az egyetem rektoraként is munkálkodott. Elektrodinamikával, majd a fény polárosságának kísérleti és elméleti vizsgálatával foglalkozott. A Magyar Tudományos Akadémia nagyjutalmát is elnyerte (1903–1909) a Vizsgálatok az elhajlított fény polárosságáról címet viselő munkájáért.

Strausz Ármín (Karánsébes, 1866 – Budapest, 1939) fizikus. 1889-ben „beosztott középiskolai tanár” címmel került a Műegyetem Kísérleti Fizika Tanszékére, ahol kezdetben röntgensugarakkal foglalkozott. A századforduló táján adjunktusként kezdte meg a vegyészmérnök hallgatók számára a „Kémiai fizika” c. kurzus oktatását. 1921-ben a Kísérleti Fizika Tanszékről levált és önállósult Kémiai Fizika új tanszék vezetésével bízták meg.

Az Eötvös-évforduló kapcsán különösen elgondolkodhatunk a dokumentum alapján is azon, hogy az akkor még A fénytán története, A törés törvénye, A látás, A fény terjedési sebessége, A fizikai fénytán nagymérvű haladása – Huygens és Newton korszaka fejezetekből álló tananyag mennyivel szerényebb terjedelmű volt, mint a mai hallgatóinktól jelenleg megkövetelt ismeretanyag.

A 130 éves, elsárgult kézirat báját emeli a kalligrafikus írásmód, a régi szóhasználat, a kor fogalmazásbeli stílusának tapinthatósága, továbbá az illusztráló rajzok és azok jelölései.

## P18. Lissajous-görbék síkban és térben

**Inczeffy Szabolcs**

Ócsai Bolyai János Gimnázium

*Lissajous-görbék*

Mint ismeretes a *Lissajous-görbék* merőleges ( $\alpha = 90^\circ$ ) rezgések egymásra tevődéseként jönnek létre. Változtatva a rezgések amplitudóját ( $A$ ), frekvenciáját ( $f$ ), illetve kezdőfázisát ( $\varphi$ ) az idő ( $t$ ) elteltével, különböző méretű és alakú látványos görbék, alakzatok rajzolódnak ki.

A *GeoGebra* program segítségével a Lissajous-görbe síkban két, térben három rezgés egymásra tevődésének nyomvonalaként jön létre.

Síkban a Lissajous-görbe  $P$  pontjának helyzetét meghatározó  $\underline{\mathbf{p}}$  vektor a  $\underline{\mathbf{p}}_1$  és a  $\underline{\mathbf{p}}_2$  egymásra merőleges vektorok összege. A  $\underline{\mathbf{p}}_1$  és a  $\underline{\mathbf{p}}_2$  vektorok hosszát és irányítását a

$$\begin{aligned} p_1 &= A_1 \sin(2\pi f_1 t + \pi/2 + \varphi_1) \quad \text{és a} \\ p_2 &= A_2 \sin(2\pi f_2 t + \pi/2 + \varphi_2) \end{aligned}$$

rezgés (kitérés) egyenletek határozzák meg. A  $\underline{\mathbf{p}}$  vektor nagyságát Pitagorász tételével a  $p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2}$  összefüggésből számolhatjuk ki, míg irányát a  $\operatorname{tg} \varphi = p_1/p_2 \Rightarrow \varphi = \operatorname{tg}^{-1}(p_1/p_2)$  képlettel határozhatjuk meg!

Sajátos esetben, ha  $A_1 = A_2$ ,  $f_1 = f_2$  és  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ , akkor a nyomvonal egy kör (körvonal).

Általánosabb esetben, ha  $A_1 = A_2$ ,  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$  és  $f_1 \neq f_2$ , de úgy aránylanak egymáshoz, mint az egész számok, akkor a nyomvonal egy olyan görbe, amelyben az adott irányokban elhelyezkedő hurkok számának aránya ( $N_1/N_2$ ) megegyezik a frekvenciák fordított arányával ( $f_2/f_1$ ), azaz  $f_1/f_2 = N_2/N_1$ !

*Ferde Lissajous-görbék*

A ferde Lissajous-görbék, egymással ferdeszöget ( $\alpha \neq 90^\circ$ ) bezáró rezgések egymásra tevődéseként jön létre.

A  $P$  pont nyomvonalát továbbra is a  $\underline{\mathbf{p}}_1$  és a  $\underline{\mathbf{p}}_2$  vektorok összege határozza meg.

A  $\underline{\mathbf{p}}_1$  és a  $\underline{\mathbf{p}}_2$  vektorok hosszát és irányítását a

$$\begin{aligned} p_1 &= A_1 \cos_{\pi-\alpha}(2\pi f_1 t + \varphi_1) = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \pi - \alpha + \varphi_1) \quad \text{és a} \\ p_2 &= A_2 \cos_{\pi-\alpha}(2\pi f_2 t + \varphi_2) = A_2 \sin(2\pi f_2 t + \pi - \alpha + \varphi_2) \end{aligned}$$

rezgés (kitérés) egyenletek határozzák meg.

A  $\underline{\mathbf{p}}$  vektor nagyságát, a koszinusz tétel segítségével, a  $p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 - 2p_1 p_2 \cos \alpha}$  összefüggésből számolhatjuk ki, míg irányát a  $\operatorname{tg}_{180-\alpha} \varphi = \sin \varphi / \sin(\alpha - \varphi) = p_2/p_1$  képletből határozhatjuk meg!

*Térbeli Lissajous-görbék*

Három egymásra merőleges rezgés egymásra tevődése térbeli görbét eredményez, amit a poszteren hagyományos 3D-s (piros és zöld szűrős) szemüveg segítségével láthatunk!

Itt is érvényesül, hogy egy adott irányból (dimenzióból) nézve a másik két rezgés frekvenciájának aránya megegyezik a másik két irányba elhelyezkedő hurkok számának fordított arányával, azaz:  $f_1/f_2 = N_2/N_1$ ,  $f_1/f_3 = N_3/N_1$  és  $f_2/f_3 = N_3/N_2$  ( $f_1/f_2/f_3 = N_3/N_2/N_1$ ).

**P19. A sine-Gordon-modell elliptikus deformációja****Borbélyné Bacsó Viktória<sup>1</sup>, Nándori István<sup>1,2</sup>, Marián István Gábor<sup>1</sup>, Nicolò Defenu<sup>3</sup>, Andrea Trombettoni<sup>4,5</sup>**<sup>1</sup>Debreceni Egyetem<sup>2</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen<sup>3</sup>Universität Heidelberg, Németország<sup>4</sup>CNR-IOM DEMOCRITOS Simulation Center, Trieste, Olaszország<sup>5</sup>Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Trieste, Olaszország

A sine-Gordon-elmélet képzetes frekvenciákra való analitikus elfolytatásából adódó sinh-Gordon-modell olyan skalártérelmélet, amelyben az önkölcsönhatást leíró potenciál egy hiperbolikus függvény. A modell fázisszerkezete a szakirodalomban eddig helytelenül szerepelt. FRG módszer alkalmazásával megmutatom, hogy az ShG-modellnek egyetlen, szimmetrikus fázisa van, amelyet kritikus vonal határol. A modell Ising-típusúnak tekinthető, de a csatolások rögzített kezdőértékeivel.

Továbbá megadom a sine-Gordon-modell egy elliptikus deformációját, azaz az Sn-Gordon (SnG) modellt, amely a sine- és a sinh-Gordon-modellek között periodikusan interpoláló skalárelmélet. Amelyet BKT-típusú fázisátmenet jellemez, kivéve az interpoláció egyik végpontját jelentő ShG-elméletet. Származtatom a fázisokat szeparáló kritikus frekvencia változását az interpoláció során és megmutatom, hogy az Sn-Gordon-modell  $m \rightarrow 1$  határátmenete nem analitikus. A munka alapjául egy Journal of Physics A szakfolyóiratban megjelenés alatt lévő cikk szolgál.

## P20. Skálafüggés a kozmológiában

**Márián István Gábor**<sup>1</sup>, **Nicolo Defenu**<sup>2</sup>, **Ulrich Jentschura**<sup>3</sup>, **Andrea Trombettoni**<sup>4</sup>,  
**Nándori István**<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem

<sup>2</sup>Universität Heidelberg, Németország

<sup>3</sup>Missouri University of Science and Technology, USA

<sup>4</sup>Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Trieste, Olaszország

<sup>5</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A mérési eredmények és az elméleti jóslatok arra utalnak, hogy az ősrobbanás utáni gyors felfúvódást egy inflatonnak nevezett skalármező okozhatta. A részecskefizika legutóbb felfedezett alapvető részecskéjét, a Higgs-bozont is egy skalármező írja le, így lehetséges, hogy a két mező kapcsolatban van egymással. Ennél fogva a két mechanizmus egyetlen potenciállal való jellemzésére számos törekvés van a szakirodalomban.

Jelen munkában egy általunk javasolt kváziperiodikus Higgs-inflációs modellt, a tömeges Sine-Gordon (MSG) modellt vizsgáltuk, aminek végrehajtottuk a slow-roll analízisét. Megmutattuk hogy a kozmikus háttérsugárzásból nyert Planck-adatokat felhasználva a modell paramétereit rögzíthetők, ami egy lehetséges UV kiterjesztése lehet a szokásos standard modell Higgs-potenciáljának.

Egy megbízható Higgs-inflációs modellnek azonban nemcsak a kozmikus háttérsugárzás fluktuációit jellemző kozmológiai skálán, de a napjaink részecskegyorsítóiban mért elektromos skálán is a mért adatokat kell jósolnia. Ezen skálafüggést a funkcionális renormálási csoport (FRG) módszerrel megvizsgáltuk az MSG-modellre, azt tapasztalva, hogy a kozmológiai skálán rögzített paramétereiktől függetlenül nagyságrendileg visszkapjuk a mért standard modell Higgs-tömeget az elektromos skálán.

Az FRG-t az infláció előtti szakaszra alkalmazva új inflációs mechanizmust javasoltunk, melynek lényege, hogy a renormálási csoport futás indukálhatja a lassú legördülő inflációt hamis vákuumból, hiszen az infláció előtti időszakban a potenciál paramétereinek futása azt eredményezi, hogy a potenciál kisimul, és konvexé válik, megengedve a mező klasszikus legördülését az igaz vákuumba.

**P21.** *A neutrínó természetének kutatása a GERDA-kísérlettel***Zsigmond Anna Júlia**

Max-Planck-Institut für Physik, München

A neutrínó nélküli kettős béta-bomlás ( $0\nu\beta\beta$ -bomlás) felfedezése a leptonszám megmaradásának sérülését és a neutrínó Majorana természetét mutatná ki. 2018-ban a GERDA-kísérlet egy fontos mérföldkövet ért el a  $0\nu\beta\beta$ -bomlás kutatásában azzal, hogy a kísérlet érzékenysége elérte a  $10^{26}$  év felezési időt. Ezt az eredményt a nagyon alacsony háttér körülmények és az adatok megduplázása (a 2017-es eredmények óta) tette lehetővé. A háttér csökkentésének módszereit és a legújabb eredményeket fogom bemutatni.

**P22.** *Unsteady heat transfer in the presence of process inversion symmetry***Bácsi Ádám**

Széchenyi István Egyetem, Győr

Unsteady heat transfer processes between a heat source and the environment are completely described by the frequency-dependent heat transmission matrix within linear response theory. The  $2 \times 2$  matrix characterizes the linear relation between the temperature and the heat transfer rate at the heat source and the environment sides of the system.

This poster focuses on the effect of a spatial symmetry under which the microscopic equations are invariant and the roles of the heat source and the environment are changed. If the system obeys this symmetry, the heat transmission matrix can be described by two independent, complex-valued parameters. These parameters can be formulated in terms of an effective thermal resistance and an effective heat capacity. In the case of a heat conducting wall, the effective values are independent of the frequency and equal to the static thermal resistance and heat capacity of the system. For generic symmetric systems, however, the effective thermal resistance and heat capacity may exhibit significant frequency dependence. The frequency dependence is presented in the example of the heat conduction between two parallel pipes (numerical results).

[1] Á. Bácsi, International Journal of Thermal Sciences **138**, 496 (2019).



**P23.** *Bipartit-szimmetria sértése SU(3) spinrendszerben***Jakab Dávid<sup>1,2</sup>, Szirmai Gergely<sup>2</sup>, és Zimborás Zoltán<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem<sup>2</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A spinrendszerek által megvalósított szimmetriák hozzávetőleges egyszerűsége miatt sok szimmetriákkal kapcsolatos elméleti kérdést tesztelnek egyszerű spinmodelleken. Különösen érdekes kérdés például hogy milyen a rács és a spinek belső szimmetriái közötti összjáték természete. Ebben a munkában háromkomponensű, belső SU(3)-szimmetriával rendelkező spineket vizsgálunk, amik egy SU(3)-szimmetrikus kicserélődési kölcsönhatással vannak összekötve egy bipartit teljes gráf mentén. A gráf tulajdonságait felhasználva, csoportelméleti módszerekkel egzaktul meghatározzuk a Hamilton-operátor alapállapotát, majd feltérképezzük ennek tulajdonságait a paraméterek függvényében.

**P24.** *Általánosított Werner-állapotok megoszthatósága***Solymos Adrián<sup>1</sup>, Jakab Dávid<sup>2,3</sup>, Zimborás Zoltán<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest<sup>2</sup>Pécsi Tudományegyetem<sup>3</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A klasszikus állapotoktól eltérően a kvantumállapotok nem feltétlenül terjeszthetőek ki úgy, hogy a kérészecske redukált állapotok azonosak legyenek. Pontosán a szeparábilis (azaz nem összefonódott) állapotok azok, melyek ilyen módon végtelenszer kiterjeszthetőek. Az úgynevezett „kiterjeszthetőségi szám” adja meg, hogy egy állapot maximum hány részrendszerre terjeszthető ki. Ez egy jó összefonódási mérték (azaz LOCC-monoton függvény), azonban csak kevés állapotra sikerült meghatározni. A poszterben ezt a számot határozzuk meg egy új állapotcsaládra csoportelméleti módszerekkel.

**P25.** *Attosecond electron dynamics via tensor network state methods in strongly correlated systems***Legeza Örs<sup>1</sup>, Christian Krumnow<sup>2</sup>, Libor Veis<sup>3</sup>, Jens Eisert<sup>2</sup>**<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>2</sup>Freie Universität Berlin, Germany<sup>3</sup>J. Heyrovský Institute of Physical Chemistry, Prague, Czech Republic

Quantum many-body systems out of equilibrium pose some of the most intriguing questions in physics and chemistry. Unfortunately, numerically keeping track of time evolution of states under Hamiltonian dynamics constitutes a severe challenge for all known methods. Prominently, tensor network methods are marred by an entanglement blowup, which allows simulating systems following global quenches only to constant time. We present a novel scheme that allows to significantly extend the simulation time for interacting fermionic or equivalent spin systems. We show that if the manifold containing both tensor network states and fermionic mode transformations is chosen, significantly longer times can be achieved.

[1] C. Krumnow, J. Eisert, O. Legeza, arXiv:1904.11999 [cond-mat.stat-mech] (2019).

**P26.** *Többrészrendszer-összefonódás vizsgálata spinláncokon mátrixszorzat-állapotos módszer alkalmazásával***Máté Mihály, Szalay Szilárd, Legeza Örs**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Az erősen korrelált rendszerek és kondenzált anyagok kutatási területén jól ismert Haldane-fázis a 2016-os év során kiemelt figyelmet kapott a topologikus fázisok témájában kiadott fizikai Nobel-díjnak köszönhetően. Az úgynevezett bilineáris-bikvadratikus modell az egyik legalapvetőbb modell, mely a Haldane-fázis tulajdonságait visszaadja a fázistér egy speciális pontjában, ami a szakirodalomban Affleck–Kennedy–Lieb–Tasaki-modellként ismert. E modell megoldása egyben a legegyszerűbb a mátrixszorzat-állapotok (MPS) között, melyek az úgynevezett sűrűségmátrixos renormálásicoport-algoritmus (DMRG-algoritmus) által kapható megoldások struktúrái. A spinek közötti párkorrelációk és párösszefonódás alapvető eszközök az ilyen modellek vizsgálatánál, azonban a valódi többrész-korrelációs tulajdonságok eddig kiaknázatlan lehetőségeket kínálnak.

Munkám során a bilineáris-bikvadratikus- és a  $J_1$ - $J_2$  Heisenberg-modellben vizsgáltam a többrészrendszer-korrelációkat és összefonódottságot analitikus és numerikus (DMRG, MPS) módszerekkel. A fázistér különböző pontjaiban (kritikus, dimerizált és Haldane-fázisok) meghatároztam a különböző sokrész-korrelációk lecsengését.

## P27. Az összefonódási szélesség és az összefonódási mélység dualitása

**Szalay Szilárd**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A kvantum rendszerek korrelációja sokkal erősebb lehet a klasszikus rendszerekénél, ennek egy fontos megnyilvánulása a kvantum összefonódás. Kétrésű összetett rendszer állapotai csak korreláltak vagy korrelálatlanok (illetve összefonóttak vagy szeparálhatók) lehetnek, míg ez a helyzet sokkal bonyolultabbá válik kettőnél több részrendszer esetében, ahol a különböző korrelációs és összefonódási fogalmak száma a részrendszerek számával exponenciálisnál is gyorsabban nő. Noha ennek a struktúrának az absztrakt leírása már ismert, hasznos néhány speciális esetet tekinteni, melyeket kitüntet megfoghatóbb jelentésük. Ilyenek a permutációinvariáns korrelációs és összefonódási fogalmak, és ezek között az összefonódási szélesség és az összefonódási mélység (valamint ezek korrelációs megfelelői), melyek számai a részrendszerek számával lineárisan nőnek. A két fogalom egy érdekes duális viszonyban áll egymással. Az osztályozás általános leírása felfed egy új összefonódási tulajdonságot is, az összefonódási nyújthatóságot, mely szép kiegyensúlyozott módon függ az összefonótt részrendszerek maximális méretétől és az egymástól szeparálható részrendszerek minimális számától is, ellentétben az összefonódási szélességgel és mélységgel.

[1] Szilárd Szalay, arXiv:1906.10798 [quant-ph] (2019).

## P28. Egy egyszerű topologikus kvantumkapu a *Su–Schrieffer–Heeger*-modell alapján

**Boross Péter<sup>1</sup>, Asbóth János<sup>1,2</sup>, Széchenyi Gábor<sup>3</sup>, Oroszlány László<sup>2,3</sup>, Pályi András<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>3</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Kvantumrendszerek topologikus tulajdonsága a benne tárolt információ védeltségét biztosíthatja a környezet zavaró hatásaival szemben, így ezen rendszerek jelentős előrelépést jelenthetnek a kvantuminformáció-feldolgozás irányába. A topologikusan védett kvantumkapuk többsége több-részecskés kvantumrendszereken alapul, mint pl. a törtszámú kvantum Hall-állapotok, egzotikus szupravezetők, vagy kölcsönható spinrendszerek. Ebben a munkában egy olyan topologikusan védett kvantumkaput javasolunk és vizsgálunk meg, ami egy egyrészecskés egydimenziós szoros kötésű modellen, az ún. *Su–Schrieffer–Heeger*-láncon alapszik. A javasolt Y-kapu egy három láncból álló Y junction kétdimenziós nullenergiás alterén hat, és a nullenergiás állapotokat hordozó defektusok térbeli kicserélésével valósítható meg. Numerikus szimulációkkal demonstráljuk, hogy a kapu a hopping rendezetlenséggel szemben robusztus, azonban az on-site energia rendezetlenség elrontja. Megmutatjuk, hogy a robusztusságot a topologikus védeltség adja, amit a királis és időtükrözési szimmetria, valamint a nullenergiás állapotok térbeli szétválása biztosít. Ez a rendszer valószínűleg nem vezet a kvantumszámítógép praktikus megvalósításához, de segítségével a modell egyszerűségének ellenére értékes betekintés nyerhető a topologikus kvantumszámításba. A vizsgált modell nemkölcsönható és nemszupravezető voltának következtében a rendszer dinamikája kísérletileg is könnyen vizsgálható, pl. csatolt optikai hullámvezetők segítségével.

## P29. *Topologikus átmenetek értelmezése a polarizációamplitudó segítségével*

**Hetényi Balázs<sup>1,2</sup>, Mohammad Yahyavi<sup>2</sup>, Luqman Saleem<sup>2</sup>, Dóra Balázs<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>2</sup>Bilkent University, Ankara, Turkey

A modern polarizáció elmélete szerint ezt a mennyiséget kristályos rendszerekben, sávszerkezet-kontextusban, egy Berry-fázis segítségével lehet kifejezni. A Berry-fázis ez esetben egy specifikus Berry-fázis, ún. Zak-fázis, amely a Bloch-függvények segítségével adható meg mint egy, a Brillouin-zónát keresztező integrál. Zak azt is megmutatta, hogy az ő általa felírt fázis egyenlő a pozíció, az adott sáv Wannier-függvényének négyzetére számolt átlagával. A Berry-fázishoz rendelhető egy mértékinvariáns kumuláncsor is, mely sornak minden tagja egy Brillouin-zónát keresztező integrál. Ezen a poszteren felírjuk a kumuláncsor soktest (korrelált rendszerekre érvényes) analógját. A sávzigetelőkre érvényes esetben megmutatjuk, hogy az egynél magasabb rendű kumuláncsok, a Zak-fázissal ellentétben, már nem csak a Wannier-függvények négyzetének kumuláncsai, hanem különböző rácspontok körüli Wannier-függvények átfedéseitől függenek, de, ha a Wannier-függvények lokalizáltak, akkor ezek a járulékok elhanyagolhatóak. Kiszámítjuk a Rice–Mele-modell teljes polarizációeloszlását egy adiabatikus töltéspumpának megfelelő pálya mentén: a polarizáció eloszlás maximuma ez esetben folytonosan "sétál át" az egységcellán. Ha viszont az SSH-modellt nézzük, és a rendszer egy topológiai átmeneten vezetjük át, az eloszlás maximuma egy adott fázison belül fix, viszont a varianciája szélesedik. Az átmeneti ponton teljesen lapos. Az új fázisban egy új helyen "nő ki" egy maximum. Végül egy korrelált rendszer halmazállapotát vizsgálunk a polarizációamplitudó segítségével.

[1] M. Yahyavi és B. Hetényi, Phys. Rev. A **95**, 062107 (2017).

[2] M. Yahyavi, L. Saleem, és B. Hetényi, J. Phys. Cond. Mat. **33**, 235123 (2018).

[3] B. Hetényi és B. Dóra, Phys. Rev. B **99**, 085126 (2019).

## P30. *Topologically protected degeneracies in simple spin systems*

**Frank György**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Spin systems are defined by the exchange interaction between spins, the spin-orbit interaction, and external magnetic field. Most cases it is hard to say anything about spin systems. Using topological tools we can prove that there are always magnetic field values where the ground state of the system is degenerate. These degeneracies can be observed experimentally in double quantum dot systems. In my poster I will present an effective spin model for the system in its small energy regime. Degeneracies has topological charge, in a system consisting two spin 1/2 particle the total charge is +2. In the simplest case there are two degeneracies each with +1 charge, but another case where there are six points and the charges are non-trivial. I found analytic formulas for the magnetic field where the degeneracies exist and for the charge of the degeneracies. In statistics I found the six-point-case rare. I investigated systems with larger Hilbert spaces, with more or larger spins. In larger systems the degeneracy points number can be different from the total charge with higher probabilities, but interestingly the points topological charge are always 1 in absolut value.

### P31. Akusztikus-optikai csatolás Sapphire *phoXonic* üregekben

**Tőkési Károly<sup>1</sup>, H. Bentarki<sup>2</sup>, A. Makhoute<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Moulay Ismail University, Meknes, Morocco

<sup>3</sup>Université Libre de Bruxelles, Belgium

A fotonikus kristályok olyan szerkezetek, amelyek különböző dielektromos közegekből állnak, amelyek refrakciós indexe periodikusan modulálható. Ezek az új szerkezetek nagyon ígéretes megoldást jelentenek a mikrométer méretű nagy teljesítményű komponensek, például multiplexerek, szűrők vagy fotonikus hullámvezetők tervezésében, amelyek képesek a fényt erősen ívelt pályák mentén szállítani.

Ebben a munkában elméletileg vizsgáljuk a PhoXonic kristályok akusztikus-optikai csatolását. A kétdimenziós szimulációkat Sapphire lemezen négyszögletes elrendezésben elrendezett léghengerekre végeztük el. Megmutatjuk, hogy mind a rugalmas, mind pedig az elektromágneses energia egyidejűleg korlátozható egy üregben. Igazoljuk, hogy a mozgó határfelület és a fotoelasztikus hatások optomechanikus csatolása lehet fázisban vagy nem fázisban, ezáltal erősítő vagy gyengítő hatást eredményeznek a teljes optomechanikus csatolásban.

A munkát az OTKA KH 126886 pályázat és a Magyarország és Marokkó közötti tudományos és technológiai kétoldalú kapcsolatok (S&T) 2018-2.1.10-TÉT-MC-2018-00008 számú projekt támogatta.

[1] Bentarki H, Makhoute A and Tőkési K, előkészületben.

### P32. A spinrelaxáció jelenségének vizsgálata numerikus módszerekkel

**Csősz Gábor, Szolnoki Lénárd, Simon Ferenc**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A spintronika gyorsan fejlődő területe az elektronikai kutatásoknak, aminek központjában olyan eszközök fejlesztése áll, amikben a hagyományos eszközökkel szemben az információtárolást és -manipulálást az elektron spinjének segítségével végzik. Ilyen eszközök tervezéséhez elengedhetetlen az anyagokban lévő spindinamika ismerete, amiben fontos szerepet játszik a Bloch-egyenletekben lévő úgynevezett spinrelaxációs idők mikroszkopikus, anyagi paramétereiktől függő leírása. Ezeknek a relaxációs időknek meghatározására egy lehetőség Monte-Carlo-módszeren alapuló szimulációk végzése, aminek során előre definiált anyagi paraméterek és külső mágneses tér mellett vizsgálható spinsokaság mágneses momentumának az időfejlődése, amiből közvetlenül meghatározható a spinrelaxációs idő. Munkámban megvizsgáltam a szimulációkból meghatározható spinrelaxációs idő viselkedését a releváns paraméterek függvényében, és a kapott eredményeket összehasonlítottam már létező mikroszkopikus elméletek által jósolt spinrelaxációs időkkel.

[1] J. Fabian et al., *Acta Physica Slovaca* **57**, 4&5 (2007).

[2] L. Szolnoki et al., *Scientific Reports* **7**, 9949 (2017).

### **P33.** *Korrelált vezető felületek spin-pálya kölcsönhatás és külső terek jelenlétében*

**Kucska Nóra, Gulácsi Zsolt**

Debreceni Egyetem

Egzakt megoldásokat szolgáltatunk 2D, itineráns, erősen korrelált fermionikus rendszerekre spin-pálya kölcsönhatás és külső terek jelenlétében. Az ilyen típusú rendszerek a technológiában széles körben alkalmazhatóak, de nem integrálhatóak voltak miatt az egzakt megoldások szolgáltatására egy speciális módszert alkalmaztunk, amely a pozitív szemifinit operátorok módszerén alapszik [1,2]. Bemutatjuk a módszer alkalmazását és a kapott alapállapot hullámfüggvényt, majd elemezzük a rendszer fizikai tulajdonságait. Vizsgálatunk középpontjában áll a spin-pálya kölcsönhatás hatása a töltéshordozók mobilitására [3]. A jelen esetben a külső terek és a spin-pálya kölcsönhatás együttes hatását elemeztük. Az eredmények lehetőséget adnak az elektronok lokalizációjának vizsgálatára.

[1] Z. Gulácsi, Int. Jour. Mod. Phys. B **27**, 1330009 (2013).

[2] Z. Gulácsi, A. Kampf and D. Vollhardt, Phys. Rev. Lett. **99**, 026404 (2007).

[3] N. Kucska, Z. Gulácsi, Phil. Mag. **98**, 1708 (2018).

### **P34.** *Mágneses rezonancia Weyl-félfémekben*

**Okvátovity Zoltán, Simon Ferenc, Dóra Balázs**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Az elektron és magspin között létrejövő hiperfinom kölcsönhatás sok jelenségben fontos szerepet játszik, például a nukleáris mágneses rezonancia (NMR) esetén. A Weyl-félfémek háromdimenziós topologikus fémek, melyek hullámszámterbeli struktúráját egy monopólus határozza meg. A hiperfinom kölcsönhatás pályamomentum tagja divergál a Weyl-ponthoz közelítve. A relaxációs idő emiatt a naiv skálázásból adódó  $1/T_1T \sim E^4$  viselkedés helyett  $1/T_1T \sim E^2 \ln(E/\omega_L)$  szerint változik, ahol  $\omega_L$  a nukleáris Larmor-frekvencia,  $E$  pedig a hőmérséklet ( $T$ ) és a kémiai potenciál ( $\mu$ ) maximuma. Kísérleti eredmények jó egyezést mutatnak az általunk meghatározott viselkedéssel, amennyiben figyelembe vesszük a kémiai potenciál hőmérsékletfüggését. A relaxációs idő anomális viselkedésének köszönhetően bevezethetünk egy kémiai potenciáltól függő effektív hiperfinom csatolási állandót.

**P35.** *Ab initio magneto-optical spectrum of Group-IV – Vacancy colour centres in diamond*

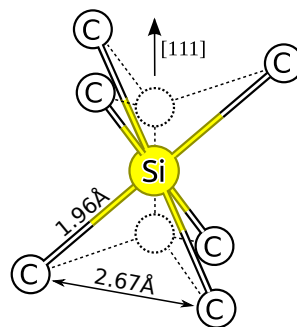
**Thiering Gergő<sup>1</sup>, Gali Ádám<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Group-IV – Vacancy colour centres in diamond are fast emerging quantum bits that can be harnessed in quantum communication and sensor applications. It is an immediate quest to understand their magneto-optical properties, in order to select the appropriate qubits for varying needs of particular quantum applications. We performed a systematic study [1] on the magneto-optical properties of Group-IV – Vacancy colour centres, SiV, GeV, SnV and PbV, in diamond by means of cutting-edge ab initio density functional theory (DFT) calculations within the Born-Oppenheimer approximation and beyond. We model the point defects in large supercells up to 2744 atoms, and convergent plane-wave basis.

We identified the photostability of these centres that can act as solid state qubits. We developed a novel spin Hamiltonian for these qubits in which the electron angular momentum (Steven’s orbital reduction factor [2]) and spin as well as the phonons (Ham reduction factor [3]) are strongly coupled and identified such terms that have not been considered so far but are important in understanding their magneto-optical properties. We solved this complex problem [1] of these colour centres, and were able to reproduce previous experimental data [4,5,6] of SiV(-), GeV(-), SnV(-). Furthermore, we identified SnV(-) and PbV(-) qubits with long spin coherence time at cryogenic temperatures where the spin state of PbV(-) can also be thermally initialized at these temperatures. Recently a new lead related defect centre was detected in diamond [7]. Our predicted spin-orbit  $\lambda_g$  parameters, optical and vibronic properties of PbV(-) well agrees with this newly found defect centre that might be realized as a novel qubit in the future.



[1] G. Thiering, A. Gali, Phys. Rev. X **8**, 021063 (2018).

[2] K. W. H. Stevens, et al., Proc. R. Soc. London A **219(1139)**, 542-555 (1953).

[3] Frank S. Ham, Phys. Rev. **138**, A1727 (1965).

[4] C. Hepp, et al., Phys. Rev. Lett. **112**, 036405 (2014).

[5] E. A. Ekimov, et al., Jetp. Lett. **102**, 701 (2015).

[6] T. Iwasaki, et al., Phys. Rev. Lett. **119**, 253601 (2017).

[7] S. Ditalia Tchernij, et al., ACS Photonics **5**, 4864 (2018).

**P36.** *Spectrally stable defect qubits with no inversion symmetry for robust spin-to-photon interface***Udvarhelyi Péter**<sup>1,2</sup>, **Nagy R.**<sup>3</sup>, **Kaiser F.**<sup>3</sup>, **S.-Y. Lee**<sup>4</sup>, **J. Wrachtrup**<sup>3</sup>, **Gali Á.**<sup>2,5</sup><sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest<sup>2</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>3</sup>University of Stuttgart and Institute for Quantum Science and Technology, Germany<sup>4</sup>Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Dél-Korea<sup>5</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Solid-state paramagnetic point defects are promising candidates for quantum technology applications. Long spin coherence time is a key in both quantum information technologies [1] and nanoscale sensing applications [2]. Moreover, quantum emitters with suitable optical properties make the spin initialization and readout optically feasible with increased precision [3]. These spin-to-photon interfaces are required to have strong emission and to be robust against environmental perturbations such as crystal strain and stray electric fields. The latter is circumvented using point defects with inversion symmetry [4]. We demonstrate that inversion symmetry is not a prerequisite for robust quantum emitters, as strong optical transition with weak coupling to external electric fields can be simultaneously satisfied with the specific localization and phase of the defect wavefunction in its ground and excited state. We define a new formula which defines the type of color centers that may exhibit stable photoemission in the presence of stray electric fields.

We demonstrate our theory on the negatively charged silicon vacancy center in 4H silicon carbide (V1 photoluminescence center). We carried out density functional theory calculations on the coupling of the optical emission to the electric field as well as for optical transition dipole moment of this center. We found excellent results compared to those of the negatively charged nitrogen-vacancy (NV) center in diamond. Based on these results, we propose V1 center as a nearly ideal defect quantum emitter. Our theoretical results on defect quantum emitters paves the way for applications of quantum defects in compound semiconductor crystals.

[1] B. E. Kane, *Nature* **393**, 133 (1998).

[2] C. L. Degen, F. Reinhard, and P. Cappellaro, *Rev. Mod. Phys.* **89**, 035002 (2017).

[3] L. J. Rogers et al., *Phys. Rev. Lett.* **113**, 263602 (2014).

[4] A. Sipahigil et al., *Phys. Rev. Lett.* **113**, 113602 (2014).



**P37.** *Mágneses nanorészecskéken alapuló rákterápia módszertanának vizsgálata és fejlesztése*

**Gresits Iván<sup>1,2</sup>, Thuróczy Gy.<sup>1</sup> Sági O.<sup>2</sup>, Homolya I.<sup>2</sup>, Bagaméry G.<sup>3</sup>, Gajári D.<sup>3</sup>, Babos M.<sup>3</sup>, Major P.<sup>3</sup>, Márkus B. G.<sup>3</sup>, Simon F.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>3</sup>Mediso Kft., Budapest

A mágneses nanorészecskék egyik fontos alkalmazási területe a daganatterápia egyik ága a termoterápia, melynek a lényege, hogy a nanorészecskéket a rákos sejtekhez juttatva, és aztán felmelegítve gyengíti vagy pusztítja a melege amúgy is érzékenyebb tumorsejteket.

Kutatásunk célja egy olyan módszer kidolgozása, mellyel a nanorészecskék által a külső váltakozó mágneses térből elnyelt teljesítmény mérhető a testszövetben szonda közvetlen jelenléte nélkül is.

Az elnyelt teljesítmény mérésének a lényege, mérő rezgőkör jósági tényezőjét ( $Q$ ) mérjük anyaggal és a nélkül. Az anyag elhangolja a rezgőkört, csökkenti annak  $Q$ -ját. Az elnyelt teljesítmény a két  $Q$  ismeretében határozható meg.

A méréseket egy MRI (mágnesesrezonancia-alapú képalkotás) konzollal végeztük. A konzollal rövid pulzusokkal gerjesztjük a rezgőkört, és a pulzusok utáni lecsengést (tranziens) mérve  $Q$  lényegesen pontosabban határozható meg, mint egyéb módszerekkel (pl. frekvenciapásztázás – frequency sweep).

[1] Gresits I. et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **52**, 375401 (2019).

[2] Gresits I. et al., Sci. Rep. **8**, 12667 (2018).

**P38. Nitrogén-vakancia centrumok vizsgálata elektronspin-rezonancia és fotolumineszcens spektroszkópiai módszerekkel****Kollarics Sándor<sup>1</sup>, Bojtor A.<sup>1</sup>, Holczer K.<sup>2</sup>, Gali Á.<sup>1,3</sup>, Beke D.<sup>3</sup>, Klujber G.<sup>1</sup>, Szieberth M.<sup>1</sup>, Simon F.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem<sup>2</sup>University of California at Los Angeles, USA<sup>3</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A gyémántban létrehozott nitrogén-vakancia (NV) centrumok a kvantumtechnológiai alkalmazások ígéretes alapegységei. A kvantuminformatikában kvantumbitként illetve kvantumbitekhez csatolt interfészként való alkalmazásuk, intenzíven foglalkoztatja a tudományos közösséget [1]. A már demonstrált alkalmazási lehetőségek közt kiemelendő a rendkívül érzékeny mágnesestér-mérés, melyet a fizikai alap kutatások és eszközfejlesztés mellett biológiai kutatásokban, mint például proteinek vizsgálata során használnak [2].

Jelen munkánkban a nitrogén-vakancia centrumok előállításáról és az elkészült minták vizsgálatáról számolunk be. Kiindulási anyagunk az Element6-től származó magas nyomáson és hőmérsékleten előállított (HPHT) nitrogénnel szennyezett (100 ppm) gyémánt egykristály. Neutronbesugárzást követően a keletkezett vakanciákat vákuum alatt hőkezeléssel vándoroltattuk a nitrogénatomok mellé, létrehozva az NV-centrumokat. Fotolumineszcens méréseinkből egyértelműen azonosítható a negatívan töltött (NV<sup>-</sup>) centrumok jelenléte 638 nm-es zérusfonon-vonaluk és az ezt követő széles lumineszcens spektrum alapján. Elektronspin-rezonancia (ESR) mérésekkel meghatározható az NV<sup>-</sup>-centrumok és a nitrogénatomok aránya, ezzel információt nyerve az előállítási protokoll eredményességéről. Lézeres gerjesztéssel kombinálva ESR-méréseinket az NV<sup>-</sup>-állapotok spinpolarizációját, ezáltal az ESR-jel nagyságrendekkel való növekedését tapasztaltuk.

[1] Marcos, D. et al., Phys. Rev. Lett. **105**, 210501 (2010).[2] Hall, L. T., Simpson, D. A. and Hollenberg, L. C. L., MRS Bulletin **38**, 2 (2013).

**P39.** *Óriás spinrelaxációs anizotrópia és anomális hőmérsékletfüggés grafitban*

**Márkus Bence Gábor**<sup>1</sup>, **Gmitra M.**<sup>2</sup>, **Dóra B.**<sup>1</sup>, **Csősz G.**<sup>1</sup>, **Fehér T.**<sup>1</sup>, **Jánossy A.**<sup>1</sup>, **Szirmai P.**<sup>3</sup>, **Náfrádi B.**<sup>3</sup>, **Forró L.**<sup>3</sup>, **Zólyomi V.**<sup>4</sup>, **Fabian J.**<sup>2</sup>, **Simon F.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>2</sup>University of Regensburg, Németország

<sup>3</sup>FBS Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Lausanne, Svájc

<sup>4</sup>University of Manchester, Egyesült Királyság

Annak ellenére, hogy a grafit számos alacsony dimenziós anyag kiinduló pontja, még mindig tartogat megoldatlan problémákat, kihívásokat. Kutatásunk során az elektronok spinrelaxációs dinamikájának mintegy 60 éve megoldatlan problémáját vizsgáltuk: az elektronspin-rezonancia (ESR) vonalszélesség – mely a spinélettartamhoz szorosan kapcsolódik – anomális 1 : 2 arányt mutat a mágneses tér és a minta által bezárt szög függvényében. Az ESR  $g$ -faktor, mely a vezetési elektronok és a rács közötti kölcsönhatást jellemzi, szintén erős anizotrópiát mutat. Továbbá mind a vonalszélesség, mind a  $g$ -faktor hőmérsékletfüggése anomális, ellentétes a hagyományos spindinamika (Elliott–Yafet-elmélet) által jósolt trenddel. Vizsgálatunk során úgy találtuk, hogy az extrém anizotrópiát a spin-pálya csatolással (SOC) lehet megmagyarázni, mely a grafit tükörszimmetriája révén zérus a síkban. A síkban eltűnő SOC következménye a síkokra merőleges ultra hosszú spinrelaxációs idő, amennyiben a grafit síkja merőleges a mágneses térre. Kísérleteink során erre  $\sim 100$  ns hosszúságú időket kaptunk, mely elegendően hosszú spintronikai eszközök működtetéséhez. A hőmérsékletfüggést az általánosított Elliott–Yafet-elmélet segítségével sikerült megmagyaráznunk, melynek feltétele Dirac-pont körüli közel degenerált sávok létezése, megfelelő kvázirészecske-kiszéledés mellett. Ezt DFT-számolásokkal támasztottuk alá. Vizsgálatainkat kis- (0.3 T) és nagyterű (5.6 T) ESR-spektroszkópiával végeztük, 5 – 675 K-es tartományban.

**P40.** *Szemcsehatár-diffúzió vizsgálata LEIS-szel***Bodnár Eszter, Soha Márton, Fodor Tamás, Vad Kálmán, Hakl József, Takáts Viktor**

MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A szemcsehatár-diffúziót leggyakrabban röntgengerjesztésű fotoelektron-spektroszkópiával vagy Auger-spektroszkópiával vizsgálják. Ebben az esetben kell egy elméleti eljárás az adatok kiértékeléséhez, és a diffúziós együtthatókat matematikai közelítéssel kell meghatározni. Ezzel szemben a kisenergiás ionszórásos spektroszkópiával (LEIS) ppb érzékenységgel közvetlenül mérhető a minták legfelső atomi rétege, ami lehetővé teszi a diffúzió által indukált atomok megjelenését a felületen. Ismerve ezt az átbukkanási időt, könnyen kiszámolható direkt módon a diffúziós együttható. Si-Cu rendszerben termikusan aktiváltuk a diffúziót és LEIS-szel megfigyeltük a felületi összetételt. Si(40 nm)/Cu(80 nm)//Si mintákat magnetronprolasztásos módszerrel állítottuk elő Si hordozón, és hőkezeltük in-situ 300 – 500 °C hőmérséklet-tartományban. A minta felületét in-situ LEIS-szel vizsgáltuk 1 keV-es He-ionnyalábbal. Félgömb-energiaanalizátorral mértük a visszaszórt részecskék energiáját. A felületi lefedettséget és a diffúziós együtthatókat meghatároztuk különböző hőmérsékleten. Hőkezelés előtt és után az elemek mélységi eloszlását a rétegben másodlagos-semlegesrészecske tömegspektrométerrel (SNMS) határoztuk meg.

**P41.** *Szemcsehatármenti öndiffúzió  $^{56}\text{Fe}/^{57}\text{Fe}$  multirétegekben neutronreflektometriával***Sajti Szilárd<sup>1</sup>, Bottyán László<sup>1</sup>, Jean-Francois Moulin<sup>2</sup>, Amitesh Paul<sup>2</sup>**<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest<sup>2</sup>Technische Universität München, Németország

A nanostruktúrált anyagok, szemcsehatárok stabilitása a szemcsemérettel szabályozható. Ha a diffúziós hossz  $L_d = (2Dt)^{1/2}$  jóval kisebb – ahol  $D$  a térfogati diffúziós állandó, és  $t$  az izotermikus hőkezelés ideje –, mint a  $\delta$  ( $\approx 0.5$  nm) szemcsehatár-szélesség, akkor alacsony hőmérsékleten térfogati diffúzió lassú a szemcsehatármenti diffúzióhoz képest (Harrison-féle C kinetika). Vizsgálatainkat Pt(4 nm)[ $^{56}\text{Fe}(x[\text{nm}])$ ]/ $^{57}\text{Fe}(x[\text{nm}])$ ]<sub>4</sub>/Si (ahol  $x = 4$  és 8) mintákon folytattuk. Egymást követő 600 percig tartó 150, 175, 200, 225 °C-os hőkezelések közben a szemcsehatármenti diffúzió miatt nanométer alatti skálán fellépő  $^{57}\text{Fe}$ -koncentráció-változásokat követtük neutronreflektometria segítségével, a HZG FRM II-ben (Garching) működő REFSANS berendezésénél repülésiidő-módban, az e célra épített kemencében. A különböző vastagságú minták különböző átlagos szemcseméretet képviselnek [1].

A 2-dimenziós detektorképekből nyert spekuláris reflektogramokat a FitSuite programmal ([www.fs.kfki.hu](http://www.fs.kfki.hu)) értékeltük ki minden egyes hőmérsékleten a Q impulzustranszfer-vektor és a hőkezelési idő függvényében. A „szabályos diffúzió” (csökkenő Bragg-csúcs) megfelelő viselkedés 200 °C felett indul be. Ennél kisebb hőmérsékleten a Bragg-csúcs intenzitásának a növekedését tapasztaltuk, ez valószínűleg a kezdeti határfelületek kisimulásával magyarázható. Ezért a megfelelő off-spekuláris szórás képek elemzése is szerepel a jövőbeni terveink között.

[1] J. Gong et al., RSC Adv. **7**, 9573 (2017).

**P42.** *Elektrosztatikus szórással létrehozott kalcium-szilikát réteg titán felületen***Buga Csaba<sup>1</sup>, Hunyadi Mátyás<sup>1</sup>, Gácsi Zoltán<sup>1</sup>, Hegedűs Csaba<sup>2</sup>, Shinn-Jyh Ding<sup>3</sup>, Csík Attila<sup>1</sup>**<sup>1</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen<sup>2</sup>Debreceni Egyetem<sup>3</sup>Chung Shan Orvosi Egyetem, Taichung City, Tajvan

A fogászati implantátumok fejlesztése a fogorvostudomány napjaink egyik legintenzívebben fejlődő kutatási területe. Az implantátumok túlnyomó többsége titánalapú ötvözetből készül, megfelelő mechanikai szilárdságú, nem mágnesezhető és korrózióálló. Kitűnő tulajdonságai mellett azonban biológiai környezetben bioinert tulajdonságokat mutatnak, ami károsan hat az implantátum és a környező csontszövet optimális kapcsolódására. A terhelhetősége és a hosszú élettartama szempontjából tehát kulcskérdés a beültetett implantátum csontszövetbe történő integrálódása, a megfelelő biológiai kapcsolat kialakítása. Ebből adódóan a kutatások jelentős része a felület fizikai, kémiai módosításán keresztül kívánja növelni a bioaktivitást és az oszeintegrációs (csontosodás) hajlamot. Az implantátumok biokémiai felületmódosítása során a felületre olyan bioaktív anyagokat visznek fel, melyek segítik a csontsejtek növekedését és a csontregenerációt. Például kalcium-szilikát tartalmú vegyületek esetén bizonyított a kiváló bioaktivitás. Kézenfekvő tehát, hogy a fogászati implantátumok felületeit beültetés előtt kalcium-szilikáttal vagy annak valamilyen vegyületével kezeljük.

Ebben a munkában titán felületen olyan nanostrukturált kalcium-szilikát (CaSi) vékony réteg kialakítása volt a cél, amely antibakteriális, és csontgyógyulást serkentő hatással bír. Az együttműködő partner által olcsóbb és környezetbarát eljárással [C.C. Chen, Ceramic International 41 5445 (2015)] előállított kalcium-szilikát por alkalmazásával eljárást dolgoztunk ki kalcium-szilikát nanostrukturált vékonyréteg létrehozására. Munkánk során megépítettük az eszközt, és kidolgoztuk az optimális működési paramétereket az elektrosztatikus szórás („electrospray”) alkalmazására. A bevonatolt Ti lemezeket 500, 600, 700, 800 és 900 °C hőmérsékleten hőkezelve kerestük meg azt a hőmérséklet-tartományt, ahol a Ti lemezen a kívánt TiO<sub>2</sub> oxid (rutil) fázis legalább 1 μm vastagságúra növekszik, de ugyanakkor a CaSi rétegben nem történik jelentősebb szerkezeti változás.

Megállapítottuk, hogy a 700 és 800 °C fokon hőkezelt mintákban a TiO<sub>2</sub> réteg vastagsága elérte a 1.5 μm, ami alkalmazás szempontból már elfogadható. Mindeközben az eredeti rétegre jellemző β-Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> fázis megmaradt, bár csekély mértékű oxidációja megfigyelhető volt, az ennél magasabb hőmérsékleten (900 °C) pedig átalakult CaSiO<sub>3</sub> és Ca<sub>3</sub>SiO<sub>4</sub> fázisokra. Mivel alacsonyabb hőmérsékleteken a TiO<sub>2</sub> fázis kialakulásának mértéke nem volt megfelelő, így megállapítottuk, hogy a bevonatolt Ti lemezek utólagos hőkezeltése 700 – 800 °C tartományban optimális. Vizsgáltuk a rétegek Ti, illetve TiO<sub>2</sub> réteghez való kötésének erősségét is, mely eredmények azt mutatták, hogy a 800 °C-os hőkezeléssel a kezdeti 2.6 MPa értékről 9.5 MPa-ra növekedett. A hőkezeléssel kialakított minták szerkezeti, morfológia és mechanikai tulajdonságai alapján megfelelnek fogászati alkalmazásokra, és alkalmasak a további biológia tulajdonságok vizsgálatára.

### P43. Fázisszeparálódás atomisztikus modellezése

Jáger Gabriella

Debreceni Egyetem

A fázisszeparálódó rendszerekben lezajló folyamatok számos technológiai alkalmazással kecsegtetnek, mint például bimetallikus Janus nanorészecskék gyártása katalitikus folyamatokhoz, vagy ionbesugárással beágyazott nanokristályok előállítása memóriachipekhez.

A sztochasztikus kinetikus modellezési keretrendszer (Stochastic Kinetic Modelling Framework, röviden SKMF) egy új szimulációs technika háromdimenziós atomi szerkezetek modellezésére. A Bragg–Williams-féle átlagtér (MF) közelítésen alapuló módszer sztochasztikusságát zaj bevezetésével értük el, amelynek amplitúdója tetszőlegesen változtatható. Mivel a rácson végzett, csak a legközelebbi szomszédok közötti kölcsönhatásokat figyelembe vevő, kinetikus Monte-Carlo szintén sztochasztikus természetű, és az SKMF-módszerrel hasonló eredményeket ad, így kézenfekvő volt összehasonlításuk. Megjegyzendő azonban, hogy az SKMF kisebb számítási kapacitást igényel, és algoritmusa is egyszerűbb.

Az SKMF-modell 2016-os publikálása óta folyamatos tesztelés alatt áll, amelynek témája többek között a fázisszeparálódás jelenségének tanulmányozása. Jelenleg ilyenek például a spinodális görbe körül tapasztalt fázisszeparációs időnek, a klasszikus és nem klasszikus nukleációs folyamatnak, a kritikus nukleusméretnek, a szabad felület hatásának és az ionbesugárással szigetelőbe ágyazott félvezető nanokristályok keletkezésének vizsgálata.

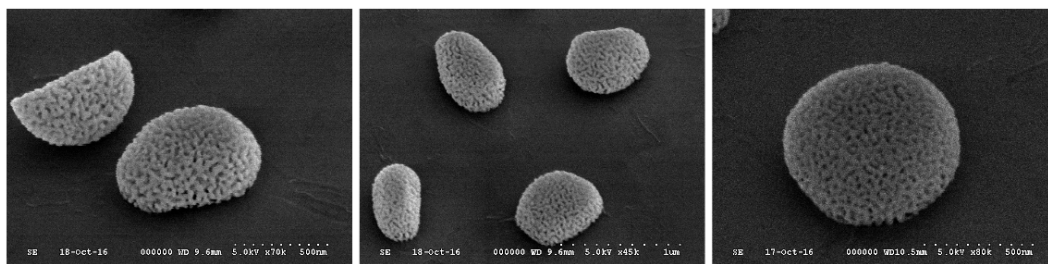
### P44. Porózus arany-nanorészecskék optikai tulajdonságainak kevert fém-oxid rétegekkel történő hangolása

Juhász Laura<sup>1</sup>, Parditka Bence<sup>1</sup>, Petrik Péter<sup>2</sup>, Erdélyi Zoltán<sup>1</sup>, Cserhádi Csaba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem

<sup>2</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

A porózus arany-nanorészecskék igen népszerűek kedvező felszín/térfogat arányuknak, illetve kiváló plazmonikai tulajdonságaiknak köszönhetően. Ezek a nanorészecskék viszont természetesen nem stabilak, hőkezelés hatására elveszítik szerkezetüket. Ismert az, hogy egy vékony ( $\sim 5 - 7$  nm), folytonos fém-oxid réteg ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ) képes megőrizni a részecskék szerkezetét és optikai tulajdonságait magas hőmérsékletekig ( $\sim 900$  °C) [1,2]. A két különböző fém-oxid a különböző törésmutatóik miatt az extinkciós spektrumokban is eltéréseket eredményez. Különböző összetételű kevert fém-oxid bevonórétegek segítségével megmutattuk, hogy a porózus arany-nanorészecskék optikai tulajdonságait a bevonóréteg törésmutatójának kontrollált változtatásával hangolni tudjuk.



[1] Kosinova, A. et al., *Acta Materialia* **127**, 108-116 (2017).

[2] Juhász L., B. Parditka, S.S. Shenouda, Z. Erdélyi, C. Cserhádi, közlésre benyújtva.

**P45.** *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vékonyréteg mechanikai stabilitásának hatása az áteresztési tulajdonságokra*

**Kovács Réka Lilla, Gyöngyösi Szilvia, Langer Gábor, Erdélyi Zoltán**

Debreceni Egyetem

Az atomi rétegleválasztással (ALD) előállított vékony oxidrétegek ultraalacsony áteresztésüknek köszönhetően jelentős potenciállal rendelkeznek ipari alkalmazásokban (OLED-k, napelemek, szenzorok) [1]. A flexibilis polimer hordozókra felvitt filmek diffúziós gátként történő felhasználásának azonban korlátot szabhat mechanikai stabilitásuk [2-4]. Utóbbi paramétereiről kevés információ áll rendelkezésre az irodalomban, s még kevesebb tanulmány foglalkozik az oxidokon megjelenő repedéshálózat áteresztésre gyakorolt hatásainak feltárásával [5]. Kutatócsoportunk egy tömegspektrometriai módszerre alapozva vizsgálja LDPE fóliára plazmasegített atomi rétegleválasztással előállított Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vékony rétegen létrejövő repedéshálózat befolyását a gázáteresztésre.

[1] M. D. Groner et al., Chemistry of Materials **16**, 639 (2004).

[2] S.-H. Jen, J. A. Bertrand, S. M. George, Journal of Applied Physics **109**, 084305 (2011).

[3] S. Seung-Woo et al., Thin Solid Films **550**, 742 (2014).

[4] M. Berdova et al., Journal of Vacuum Science & Technology A **33**, 01A106 (2015).

[5] E. K. Baumert, O. N. Pierron, Appl. Phys. Lett. **101**, 251901 (2012).

**P46.** *Kísérleti eredmények femtoszekundumos lézerrel*

**Maloveczky Anna<sup>1</sup>, Buza Gábor<sup>1</sup>, Szabó Dávid<sup>1</sup>, Berczeli Miklós<sup>3</sup>, Ugi Dávid<sup>2</sup>, Vida Ádám<sup>1</sup>, Török Mátyás<sup>1</sup>, Szabó Ábel<sup>2</sup>, Maksa Zsolt<sup>2</sup>, Hajdú Ferenc<sup>1</sup>, Bak Richárd<sup>1</sup>, Musza Alexandra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

<sup>3</sup>Neumann János Egyetem, Kecskemét

Az ultrarövid impulzusú lézerek elterjedése új utakat nyitott meg az anyagok mikromegmunkálásában. A hosszabb impulzusú lézereknél a megmunkálás minőségét jelentősen rontó nagy kiterjedésű hőhatásövezettel (HAZ) szemben, a femtoszekundumos lézereknél a HAZ csupán elhanyagolható térfogatban van jelen. Ennek oka, hogy az impulzus rövidebb, mint az elektronfonon kölcsönhatási idő, így szinte az összes energiát az elektronok nyelik el, kis része képes csak hővé alakulni. Ez teszi lehetővé a csúcsminőségű, minimális, vagy utómunkát nem igénylő mikromegmunkálások véghezvitelét. Kutatásunk során többféle kísérleti úton is elindultunk: főként mikropillárok előállításával foglalkoztunk, de mikrofuratok készítésével is (többféle anyagon), továbbá felületi nanostrukturálással.

**P47.** *Effect of the partial heating/cooling cycles on the asymmetry of the forward and reverse martensitic transformation of single crystalline Ni<sub>2</sub>MnGa alloy*

**László Z. Tóth, Lajos Daróczy, Dezső L. Beke**

University of Debrecen

The austenite/martensite transformation is a stop-and-go type discontinuous process, which is associated with the emission of thermal, acoustic and magnetic signals (if the sample is ferromagnetic). The differential scanning calorimetry (DSC) curves at small heating/cooling rates often look different for heating and cooling runs, as well as the acoustic and magnetic exponents are also not the same in most cases. This asymmetry of the noise parameters suggest, that the dynamics of the forward and reverse transition are different. Using the notations of our recent publication in this topic [D. L. Beke, et al. J. Alloys Compd. 741, 106-115 (2018)], the asymmetry is positive, if the critical exponents for heating is higher than the cooling exponents, and the asymmetry is negative for the reverse case. In this paper the asymmetry is attributed to the different ways of relaxation of the elastic strain energy during cooling as well as heating. For the fully understanding of the asymmetry of the forward and reverse martensitic transformations, special measurements are needed. Since the nucleation of the martensite phase can not interpret both the positive and negative asymmetry, it is worth to try what happens if the martensite phase does not need nucleation. In a poster presentation, we will show the effect of partial heating and cooling cycles on the critical exponents obtained from acoustic emission measurements using a Ni<sub>2</sub>MnGa shape memory alloy. Partial cycle means, that the heating was stopped at different temperatures, before the austenite finish temperature, in order to leave some martensite nuclei in the sample. For a full cycle, there is a positive asymmetry with amplitude exponents of  $\alpha_h \approx 2.70$  for heating and  $\alpha_c \approx 2.15$  for cooling resulting in a high asymmetry parameter [ $\gamma_\alpha = (\alpha_h - \alpha_c)/\alpha_c \approx 0.26$ ]. In case of the partial cycles, the heating exponents remained the same, but the cooling exponents increased, resulting in a lower ( $\gamma_\alpha = 0.16$ ), but still present asymmetry.



**P48. Mikrodeformáció vizsgálata in situ mikrooszlop kísérletekkel****Ugi Dávid, Ispánovity Péter Dusán**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A tömbi kristályos anyagoknál megszokott homogén viszkoplasztikus deformáció kis (néhány mikrométer és az alatti) mintaméretetek esetén heterogénné válik, melyet nagy tér- és időbeli fluktuációk jellemeznek. A deformációt kísérő diszlokációlavinák miatt ezen mérettartományban az alakítás hagyományos tervezési eljárásai nem alkalmazhatóak, azok helyett valószínűségi alapokon nyugvó módszereket szükséges kidolgozni. Ennek érdekében azonban elengedhetetlen az elemi deformációs folyamatok minél széleskörűbb kísérleti vizsgálata.

Mérési módszerünkben két eljárás ötvözését valósítom meg: (i) a mikronos méretű minták deformációs tulajdonságait meghatározó indentációs módszert a (ii) tömbi anyagokon alkalmazott akusztikus emissziós eljárással párhuzamosan valósítom meg. A kísérletekhez szükséges egykristály mikrooszlopok fókuszált ionsugaras technológiával kerülnek kialakításra. Az összenyomási kísérleteket egy pásztázó elektronmikroszkópban in situ végezzük, mely során a mintában felszabaduló akusztikus jeleket egy piezoelektromos detektor érzékeli.

Méréseink kiváló korrelációt mutatnak a diszlokációlavinákat kísérő feszültségesések és a felszabaduló akusztikus jelek között, ami azt jelzi, hogy a deformációt valóban a diszlokációk hirtelen kollektív mozgása idézi elő. A két mérés ötvözése lehetőséget teremt arra, hogy egyidejűleg határozzuk meg az egyedi diszlokációlavinák által okozott deformáció növekményét, feszültségesést, ill. a tárolt rugalmas energiában bekövetkező csökkenést, teljesebb képet kapva ezen elemi mechanizmusok statisztikus tulajdonságairól.

**P49. Al-Zn kétalkotós ötvözet fázisdiagramjának vizsgálata****Cserhádi Csaba<sup>1</sup>, Vecsei Gergő<sup>1</sup>, Csík Attila<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Debreceni Egyetem<sup>2</sup>MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

A munkában az Al(40wt%) – Zn(60wt%) ötvözetben végzett vizsgálatainkat mutatjuk be. Megállapítottuk, hogy hőkezelést követően különböző hűtőközegekben (olaj, víz, levegő) gyorsított (quenched) mintákban a hűtési sebesség hatással van a kialakuló nemegyensúlyi állapotokra. A mintákat hevertetve követtük a végbemenő fázisátalakulást XRD-módszerrel. XRD-mérési sorozatokat végezve feltérképeztük, hogy miként változnak az ötvözetben lévő fázisok quenches után. Kezdetben a romboéderes szerkezetű  $\alpha'$  fázist láttuk legnagyobb intenzitással, valamint az FCC szerkezetű  $\alpha$  fázist. Eleinte a spektrumon bizonyos csúcsok nagyon kiszélesedtek, amit a gyorsítás során kialakult Guinier–Preston-zónák hatásával magyaráztunk. A kiszélesedés a hevertetés során eltűnt, vagyis a GP-zónák feloldódtak. Megjelentek viszont a Zn-ben gazdag HCP szerkezetű  $\eta$  fázis csúcsai, miközben növekedtek az FCC csúcsok is, ezzel szemben a romboéderes fázis csúcsainak intenzitása folyamatosan csökkent, ez a fázis idővel eltűnt. Végül csak az  $\alpha$  és  $\eta$  fázishoz tartozó maximumok maradtak meg.

Pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) is követtük, hogy miként változik az ötvözet gyorsított hűtést követően. Visszaszórt elektron (BSE) detektoros felvételekkel morfológiai vizsgálatokat végeztünk. Láthattuk, hogy az ötvözet szeparálódik egy cinkben és egy alumíniumban dús tartományra. Ezeket a tartományokat közelebbről megvizsgálva követtük a minta felületi morfológiájának változását. A kezdetben sima felületeken spinodális bomlás következtében kialakult mintázatot figyeltünk meg. Elektronsugaras röntgenanalízissel vizsgáltuk a tartományok összetételeit. Átlagos összetételeket tudtunk meghatározni, melyek az időben állandónak mutatkoztak.

Differenciális pásztázó kaloriméterrel (DSC) is követtük az ötvözetben lejároló fázisátalakulásokat. A felfűtés és hűtés során mért görbék csúcsai el vannak tolódva egymáshoz képest, vagyis a fázisátalakulások más-más hőmérsékleten zajlottak le a két esetben. Az átalakulási hőket kiszámítva hűtés és fűtés során közel azonos mennyiségű hő szabadult fel/nyelődött el az átalakulások során. Tehát ugyanazok az átalakulások mérhetőek a két esetben. A csúcsok egymáshoz viszonyított eltolódását az ötvözet instabil viselkedésével magyaráztunk.

Méréseinkkel egyrészt reprodukáltuk a szakirodalomban fellelhető korábbi XRD-, elektronmikroszkópos és DSC-mérések eredményeit, valamint kimutattuk a hűtési sebesség fontosságát, mely remek utat jelöl ki a további vizsgálódások számára.

## Résztevők

1. **Ábrók Levente**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen és Debreceni Egyetem
2. **Almásy László**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
3. **Andrásik Attila**, Szegedi Tudományegyetem
4. **Asbóth János Károly**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
5. **Bácsi Ádám**, Széchenyi István Egyetem, Győr
6. **Bajnok Zoltán**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
7. **Balázs László**, Óbudai Egyetem
8. **Bali Krisztián**, Szegedi Tudományegyetem és Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
9. **Balogh Sándorné**, –
10. **Barankai Norbert**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
11. **Barna Dániel**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
12. **Barnaföldi Gergely Gábor**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
13. **Beke Dávid**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
14. **Belgya Tamás**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
15. **Bene Erika**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
16. **Bodnár Eszter**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
17. **Borbélyné Bacsó Viktória**, Debreceni Egyetem
18. **Boross Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
19. **Budai László**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
20. **Buga Csaba**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
21. **Buza Gábor**, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
22. **Buzády Andrea**, Pécsi Tudományegyetem
23. **Cora Ildikó**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
24. **Cynolter Gábor**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
25. **Czigány Zsolt**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
26. **Csabai István**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
27. **Csedreki László**, INFN Laboratori Nazionali del Gran Sasso, Assergi, Olaszország
28. **Cserhádi Csaba**, Debreceni Egyetem
29. **Cserti József**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
30. **Csik Attila**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
31. **Csonka Szabolcs**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
32. **Csörgő Tamás**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont és Eszterházy Károly Egyetem, Gyöngyös
33. **Csősz Gábor**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
34. **Dálya Gergely**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
35. **Deák András**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
36. **Demes Sándor**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
37. **Derzsi Aranka**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
38. **Dombi Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
39. **Domokos Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
40. **Elek Richárd**, Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest
41. **Farkas Zsuzsanna**, Szegedi Tudományegyetem
42. **Fáth Gábor**, Morgan Stanley
43. **Fenyvesi Edit**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
44. **Fogarassy Zsolt**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
45. **Földi Péter**, Szegedi Tudományegyetem és ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged
46. **Frank György**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
47. **Füri Péter**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
48. **Gali Ádám**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
49. **Gálos Réka**, Pécsi Tudományegyetem

50. **Geresdi Attila**, QuTech & Kavli Institute on Nanoscience, Delft University of Technology
51. **Gergely Árpád László**, Szegedi Tudományegyetem
52. **Gergely Cecília**, Szegedi Tudományegyetem
53. **Gesztai Tamás**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
54. **Gresits Iván ifj.**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
55. **Groma István**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
56. **Guethné Nyári Éva**, Kaposvári Szakképzési Centrum Lamping József Műszaki Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája
57. **Gulyás Szilvia**, Debreceni Egyetem
58. **Gyöngy András**, Pécsi Tudományegyetem
59. **Gyöngyösi Szilvia**, Debreceni Egyetem
60. **Gyürky György**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
61. **Hack Szabolcs**, ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged
62. **Hagymási Imre**, Ludwig-Maximilians-Universität, München
63. **Hajas Zsuzsanna**, –
64. **Hajdu Péter**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
65. **Harmat Péter**, Datalist Mérőrendszerek Kft.
66. **Harmatné Scheller Katalin**, –
67. **Hartmann Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
68. **Hetényi Balázs**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és Bilkent University, Ankara, Turkey
69. **Hirn Attila**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
70. **Homik Zsolt**, Szegedi Tudományegyetem
71. **Hülber Erik**, Radosys Kft.
72. **Hülber Tímea**, Radosys Kft.
73. **Imre Attila**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
74. **Inczeff Szabolcs**, Ócsai Bolyai János Gimnázium
75. **Inczeffné Vigh Gyöngyi Noémi**, Ócsai Bolyai János Gimnázium
76. **Ispánovity Péter Dusán**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
77. **Iszály Zsófia**, Debreceni Egyetem
78. **Jáger Gabriella**, Debreceni Egyetem
79. **Jakab Dávid**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
80. **Jakovác Antal**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
81. **Jenei Péter**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
82. **Juhász Laura**, Debreceni Egyetem
83. **Jurek Zoltán**, Center for Free-Electron Laser Science és Deutsches Elektronen-Synchrotron
84. **Kálmán Orsolya**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
85. **Kirsch Éva**, Debreceni Egyetem Kossuth Lajos Gyakorló Gimnáziuma
86. **Kiss Gábor Gyula**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
87. **Kiss Jolán**, –
88. **Kiss Miklós**, Berze Nagy János Gimnázium, Gyöngyös
89. **Kiss Tamás**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
90. **Kollarics Sándor**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
91. **Komáromi Annamária**, Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest
92. **Koniarczyk Mátyás**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
93. **Kopasz Katalin**, Szegedi Tudományegyetem Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola
94. **Kormányos Andor**, Universität Konstanz, Németország és Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
95. **Kovács András**, Forschungszentrum Jülich, Németország
96. **Kovács Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

97. **Kovács Réka Lilla**, Debreceni Egyetem
98. **Kovács Róbert**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
99. **Kovács Zsolt**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és Szegedi Tudományegyetem
100. **Krausz Ferenc**, Max Planck Institute of Quantum Optics, Garching, Germany
101. **Kruzsic Bernadett**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
102. **Kucska Nóra**, Debreceni Egyetem
103. **László András**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
104. **Legeza Örs**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
105. **Lente Gábor**, Pécsi Tudományegyetem, Általános és Fizikai Kémiai Tanszék
106. **Magashegy István**, Szegedi Tudományegyetem
107. **Major Márton**, Technische Universität Darmstadt
108. **Makk Péter**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
109. **Maloveczky Anna**, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest
110. **Márián István Gábor**, Debreceni Egyetem
111. **Márkus Bence Gábor**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
112. **Márton István**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
113. **Máté Mihály**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
114. **Mezei Ferenc**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és European Spallation Source, Lund
115. **Mezei János Zsolt**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
116. **Miltner Tímea**, Szegedi Tömörkény István Gimnázium és Művészeti Szakgimnázium
117. **Mosonyi Milán**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
118. **Musza Alexandra**, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
119. **Nádas József**, Óbudai Egyetem
120. **Nagy Ágnes**, Debreceni Egyetem
121. **Nagy Dénes Lajos**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
122. **Nagy Gergely**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
123. **Nagy Márton**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
124. **Nándori István**, Debreceni Egyetem
125. **Nemes-Incze Péter**, MTA EK
126. **Németh Zoltán**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
127. **Nógrádi Dániel**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
128. **Okvátovity Zoltán**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
129. **Orbán Gergő**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
130. **Pál Károly Ferenc**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
131. **Pályi András**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
132. **Patkós András**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
133. **Pécz Béla**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
134. **Pekker Áron**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
135. **Pesznyák Csilla**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és Országos Onkológiai Intézet, Budapest
136. **Piszter Gábor**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
137. **Pócza Tamás**, Országos Onkológiai Intézet, Budapest
138. **Polónyi Gyula**, Pécsi Tudományegyetem
139. **Pósa László**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest és Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
140. **Rácz Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
141. **Racskó Bence**, Szegedi Tudományegyetem
142. **Radnóti Katalin**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest és Szegedi Tudományegyetem
143. **Rajta István**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
144. **Riczu Gábor**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

145. **Rozgonyi Tamás**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
146. **Rózsa Levente**, Universität Hamburg
147. **Sajti Szilárd**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
148. **Salamon Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
149. **Siklér Ferenc**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
150. **Simon Ferenc**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
151. **Soha Márton**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
152. **Solyos Adrián**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
153. **Sólyom Jenő**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
154. **Somogyi Gábor**, Debreceni Egyetem
155. **Szalai Tamás**, Szegedi Tudományegyetem
156. **Szalay Szilárd**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
157. **Széchenyi Gábor**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
158. **Szegedi Tibor Norbert**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen és Debreceni Egyetem
159. **Szeidemann Ákos**, Eötvös József Gimnázium és Kollégium, Tata
160. **Szilágyi Edit**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
161. **Szítás Ádám**, Szegedi Tudományegyetem
162. **Szombat Bodor Aranka**, Deák Ferenc Gimnázium, Közgazdasági és Informatikai Szakgimnázium, Jászárokszállás
163. **Tapasztó Levente**, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
164. **Thiering Gergő**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
165. **Tóth Géza**, University of the Basque Country UPV/EHU, Bilbao, Spanyolország és MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
166. **Tóth Gyula**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
167. **Tóth László**, Debreceni Egyetem
168. **Tőkési Károly**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
169. **Török Mátyás**, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
170. **Udvarhelyi Péter**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
171. **Ugi Dávid**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
172. **Újfalussy Balázs**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
173. **Ujvári Sándor**, Lánzos Kornél Gimnázium, Székesfehérvár
174. **Ván Péter**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
175. **Vankó György**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
176. **Varga János**, Székesfehérvári Szakképzési Centrum Széchenyi István Műszaki Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája
177. **Vári Gábor**, MTA TKI
178. **Varró Sándor**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest és ELI-ALPS Kutatóintézet, Szeged
179. **Veres Gábor**, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
180. **Veres Miklós**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
181. **Veres Tamás**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, SzFI
182. **Vértesi Róbert**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
183. **Vértesi Tamás**, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
184. **Veszprémi Viktor**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
185. **Vida Ádám**, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
186. **Vincze Árpád**, Országos Atomenergia Hivatal, Budapest
187. **Völgyesi Lajos**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
188. **Wesztergom Viktor**, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Intézet, Sopron
189. **Zimborás Zoltán**, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
190. **Zsigmond Anna Julia**, Max-Planck-Institut für Physik, München, Németország

# MEGHÍVÓ



## Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Rendkívüli Küldöttgyűlésére

**2019. augusztus 23. péntek 15:45-re**

Helyszín: Sopron, Magyar Fizikus Vándorgyűlés  
Soproni Egyetem „P” épülete  
9400 Sopron, Cházár András tér

A Rendkívüli Küldöttgyűlés összehívása azért vált szükségessé, mert bírósági végzést kaptunk, miszerint az Alapszabály Ifjúsági Tagozatra és ifjúsági tagokra vonatkozó három pontját módosítani kell.

Ha a Rendkívüli Küldöttgyűlés a meghirdetett időpontban nem lenne határozatképes, akkor 17:30-ra ismét összehívjuk.

Az ily módon ismételt összehívott Rendkívüli Küldöttgyűlés határozatképes, tekintet nélkül a megjelent küldöttek létszámára.

### **Az ELFT Elnöksége a következő napirendi pontokat javasolja a Rendkívüli Küldöttgyűlésnek:**

1. A napirend elfogadása
2. A Szavazatszámoló Bizottság és a jegyzőkönyv-hitelesítők felkérése
3. Javaslattétel az Alapszabály módosítására a Fővárosi Törvényszék végzésének megfelelően
4. Vita és szavazás a napirend 3. pontjáról és a szavazás eredményének kihirdetése
5. Egyebek
6. Zárszó

	<b>Aug. 21. szerda</b>		<b>Aug. 22. csütörtök</b>		<b>Aug. 23. péntek</b>		<b>Aug. 24. szombat</b>					
8:00	<b>Aug. 21. szerda</b>		Reggeli		Reggeli		Reggeli					
8:30												
9:00												
9:30												
10:00	<b>Aug. 21. szerda</b>		<b>Barnaöldi Gergely</b>		<b>Kopasz Katalin</b>		<b>A</b>					
10:30			<b>Veszprémi Viktor</b>		<b>Geresdi Attila</b>		<b>fizikatanítás</b>		<b>Modern gépi tanulás a fizikában</b>			
11:00			<b>Kovács András</b>		<b>Harmat P., Hüllber E., Balázs L.</b>		<b>Harmat P., Hüllber E., Balázs L.</b>		<b>Új berendezések</b>			
11:30			Kávészünet		Kávészünet		Kávészünet		Kávészünet			
12:00	<b>Aug. 21. szerda</b>		<b>Anyag- és kvantum elektronika I.</b>		<b>Amorf és nanoszerk. anyagok</b>		<b>Sugár- védelem</b>		<b>Termo- dinamika</b>			
12:30			<b>Atomfiz. és kvantum elektronika I.</b>		<b>Elméleti részecske- fizika</b>		<b>Magfizika</b>		<b>Csonka Szabolcs</b>			
13:00			<b>Regisztráció</b>		Ebéd		Ebéd		Ebéd		<b>Zimborás Zoltán</b>	
13:30												
14:00												
14:30												
15:00	<b>Megnyitó, díjátadás</b>		<b>Anyag- tudomány II.</b>		<b>Atomok 2 és 3 dim.-ban</b>		<b>Gravitációs és más kísérletek a tanításban</b>		<b>Új irányok a szil. test. kut.-ban I.</b>			
15:30	<b>Krausz Ferenc</b>		<b>Atomfiz. és kvantum elektronika I.</b>		<b>Kísérleti részecske- fizika</b>		<b>Topologikus fázisú anyagok</b>		<b>Gravitáció</b>			
16:00	<b>Lente Gábor</b>		Kávészünet		Kávészünet		Kávészünet		Kávészünet			
16:30	<b>Sólyom Jenő</b>		Kávészünet		Városnézés		Gravitáció		Neutron és szinkrotron kut.-ban II.		Új irányok a szil. test. kut.-ban II.	
17:00	<b>Cserti József</b>											
17:30	<b>Wesztergom Viktor</b>											
18:00												
18:30			Kávészünet		Nagyecenki Geofizikai Obszervatórium		Posztterszekció		Posztterszekció			
19:00												
19:30												
20:00												
	<b>(GyIK rendezvényközpont)</b>		<b>Vacsora</b>		<b>Vacsora</b>		<b>Vacsora</b>		<b>Vacsora</b>			
			<b>Völgyesi Lajos</b>		<b>Völgyesi Lajos</b>		<b>Völgyesi Lajos</b>		<b>Völgyesi Lajos</b>			