

Magyar Fizikus Vándorgyűlés 2025



Programfüzet



Pécsi Tudományegyetem
2025. augusztus 21-24.



TÁMOGATÓINK

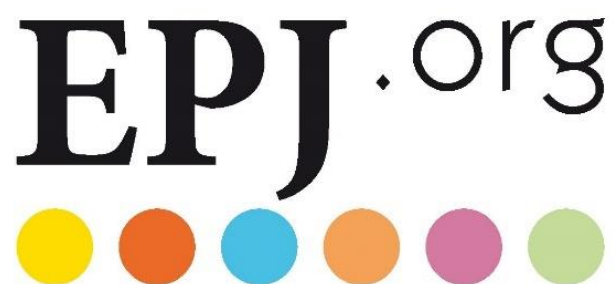
Arany fokozatú támogatók:



Ezüst fokozatú támogatók:



Energia tudományi
Kutatóközpont



Kedves Kollégák!

A hagyományokat folytatva idén augusztus 21. és 24. között rendezi meg az Eötvös Loránd Fizikai Társulat a magyar fizikus közösség, a fizikatanárok és fizikus kutatók hagyományos háromévenkénti seregszemléjét, a Magyar Fizikus Vándorgyűlést.

A találkozó helyszíne Pécs, a Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Karának kampusza.

Pécs ideális helyszín a Vándorgyűlés megrendezésére: barátságos, emberléptékű és vonzó város. Pécs az egyik legélhetőbb egyetemváros egész Európában. Kulturális élete több szempontból is kiemelkedő. 2010-ben Európa Kulturális Fővárosa lett, ehhez kapcsolódóan számos új központot is felépítettek, mint például a város egyetemi könyvtáraként szolgáló Dél-Dunántúli Regionális Könyvtár, a Zsolnay Kulturális Negyed, illetve a Kodály Központ, mely többnyire hangversenyeknek ad otthont. További szerencsés adottság a villányi borvidék közelsége, mely Magyarország egyik legfejlettebb bortermelő vidéke, ide a rendezvény egyik estéjére fakultatív borkóstoló programot szervezünk.

A pécsi felsőoktatás története 1367-ig nyúlik vissza, amikor Nagy Lajos királyunk a püspöki székvárosban, Pécssett egyetem létrehozását kezdeményezte. Természettudomány oktatás 1948-ban indult Pécssett, az akkor még önálló Pedagógiai, majd Tanárképző Főiskolán. 1982-ben a korábbi főiskola Tanárképző Karként a Jogtudományi Karral és a Közgazdaságtudományi Karral tagja lett az akkor létrehozott Janus Pannonius Tudományegyetemnek. Ettől kezdve indult meg a természettudományi képzések egyetemi szintre emelkedése, amelynek eredményeként 1992-ben a tanárképző kar szervezeti egységeiből alakult ki a Természettudományi Kar. Ma világviszonylatban jegyzett, neves kutatók sora kötődik a Karhoz.

A konferencián plenáris előadásokon, szekció előadásokon, illetve posztereken a legkiválóbb magyar szakemberek ismertetik legújabb munkáikat, ezekből képet kapunk a világ és a magyar fizika új eredményeiről, a témák felölelik a fizika valamennyi hazánkban művelt területét. Tudjuk, az ENSZ közgyűlése 2025-öt a kvantumtudomány évének nyilvánította, e tényt programunk több pontjával is megtiszteljük. Zaránd Gergely akadémikus (BME-TTK) nyitó előadása is e témát járja körül. A plenáris előadóinkat a honlapon található programtervünkben ismerhetik meg a kedves érdeklődők. Remélem, sikerült felkeltenem fizikus társaim érdeklődését és minél több kollégával fogunk találkozni Pécssett augusztus 21. és 24. között.

Ormos Pál
elnök

A vándorgyűlés előadásainak helyszíne: 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

2025.08.21. Regisztráció 12:00: Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar

Megnyitó: PTE TTK, Varga Damján Konferenciaterem

2025.08.22-24.:

- Plenáris előadások: PTE TTK, Varga Damján Konferenciaterem

- Szekció előadások: a helyszínen elhelyezett irányító táblákkal jelzett termekben

Az előadások időtartama kb. 5 perc vitával értendő.

A vándorgyűlés programja

2025. augusztus 21. csütörtök, 14:00-16:00:

Ünnepélyes megnyitás

A nap levezető elnöke: Patkós András

Köszöntők

A Társulat Érmének és díjainak átadása – Ormos Pál

Nyitó előadások

01. Zaránd Gergely (BME) *Helgoland és a kvantumforradalmak: az alapvető kérdésektől a technológiáig*

02. Újfalussy Balázs (HUN-REN Wigner FK) *Topologikus qubitek és Majorana kvázirészecskék mágneses nanoszerkezeteken*

2025. augusztus 21. 16:15-18:15:

03. Endrődi Gergely (ELTE TTK Fizikai- és Csillagászati Intézet) *Kvarkok, gluonok és a sötét anyag rácsérelméleti szimulációkból*

04. Orbán Gergő (HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet) *Az idegsejtek nélküli agy*

05. Kroó Norbert (HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont) *Nagyintenzitású lézerekkel az energiatermelésért*

2025. augusztus 21. 19:00:

Fogadás

2025. augusztus 22. péntek, 8:30-10:45

Plenáris előadások 1.

A nap levezető elnöke: Szeidemann Ákos

- 1.1. Szücs Tamás** (HUN-REN ATOMKI) *Magfúzió a Napban és a csillagokban*
- 1.2. Dombi Péter** (HUN-REN Wigner FK és ELI ALPS) *Femtosekundumos anyagtudomány*
- 1.3. Ván Péter** (HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Elméleti Fizika Osztály, BME, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Montavid Termodinamikai Kutatócsoport) *Termodinamika, stabilitás és univerzalitás*
- 1.4. Ullrich Dénes** (Semilab Zrt.) *Ionimplantált Si és SiC minták monitorozása korszerű fotomodulált reflexióval*

2025. augusztus 22. 11:00-13:00

Szekció előadások

PDe1. Fizika a gyakorlatban – Tanári tapasztalatok és innovációk a vándorgyűlés tükrében:
C/402 terem

Szekcióvezető: Szeidemann Ákos

- 1. Komáromi Annamária** - Gondolatok a fizikateremben
- 2. Radnóti Katalin** - Hogyan értette meg az emberiség a mozgást?
- 3. Jarosievitz Beáta** - A tudományos módszer kezdetei: Galilei híres fizikai kísérletei

PDe2. Ipari Fizika: A/408 terem

Szekcióvezető: Hülber Tímea

- 1. Temesi Ottó** - Li-ion akkumulátor anód kutatás-fejlesztési trendjei – avagy „Mi jön a grafit után?”
- 2. Szipőcs Róbert** - Spin-off vállalkozások alapítása az MTA kutatóintézeteiben a 90-es, 2000-es években: mikor, kik, mit, miért?
- 3. G. Szabó István** - Kisvállalkozás nagy vállalkozásokban: magfúziós és neutronos képalkotási együttműködések a KFKI-telephelyen
- 4. Harmat Péter** - Még kisebb vállalkozás: időmérésen alapuló neutrontdiffrakciós 2D és 3D képalkotás

PDe3. Elméleti részecskefizika: C/411 terem

Szekcióvezető: Fejős Gergely

- 1. Patkós András** - Gravitonok terjednek-e a gravitációs hullámban?
- 2. Pásztor Attila** - A sűrű és forró anyag termodinamikája rácsérelméleti módszerekkel
- 3. Boldis Bercel** - Nem-perturbatív korrekciók szuperszimmetrikus elméletekben
- 4. László András** - A wilsoni renormcsoport folyamatok UV limeséről

PDe4. Sugárvédelem: A/230 terem

Szekcióvezető: Elek Richárd

- 1. Fűri Péter** - A megújuló energiaforrások és kis moduláris reaktorok, mint a jövő energiaforrásai

2. **Tóth Szabolcs** - A rekultivált mecseki uránbánya hétköznapijai
3. **Homoki Zsolt** - Sugárözönben élünk! De mennyire?!
4. **Elek Richárd** - Csak egy mellkasröntgen. Ezt miből számolta ki?
5. **Varjas Géza** - A sugárterápiás fizika hazai története

2025. augusztus 22. 14:00-16:00

Szekció előadások

PDU1. Fizika a gyakorlatban – Tanári tapasztalatok és innovációk egy vándorgyűlés tükrében II.: C/402 terem

Szekcióvezető: Jarosievitz Beáta

1. **Szeidemann Ákos** - Műkedveléstől a kutatásig - projektlehetőségek a fizikaoktatásban
2. **Kopasz Katalin** - Számítógépes és telefonos tanulói kísérletek a gimnáziumban
3. **Borbély Venczel** - Demonstrációs, illetve mérési célú kísérletek készítése

PDU2. Atomfizika és kvantumelektronika I.: A/408 terem

Szekcióvezető: Dombi Péter

1. **Major Balázs** - Attofizikai kísérleti eredmények az ELI ALPS-ban
2. **Börzsönyi Ádám** - Az ELI ALPS kilowatt osztályú, néhány optikai ciklusú lézerei
3. **Szipőcs Róbert** - Ultragyors szilárdtest- és optikai szállázatok fejlesztése fluoreszcencia élettartam mérésen alapuló (FLIM) mikroszkópiás képalkotáshoz
4. **Tóth György** - Többciklusú terahertzes impulzusok előállítása optikai egyenirányítással
5. **Bozóki Zoltán** - Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem

PDU3. Általános relativitáselmélet: C/411 terem

Szekcióvezető: László András

1. **Rácz István** - A logaritmikus szingularitásoktól mentes hiperboloidális kezdeti adatok előállításáról
2. **Csukás Károly** - Numerikusan előállított hiperboloidális kezdőadat szingularitás nélkül
3. **Pál András** - GRBA α : az első magyar asztrofizikai műhold

2025. augusztus 22. 16:15-18:15

Szekció előadások

PDU4. Termodinamika: C/402 terem

Szekcióvezető: Stippinger Marcell

1. **Márkus Ferenc** - Diszperziós relációk, disszipáció, folyamatok csatolása
2. **Martinás Katalin** - Egy érthetőbb termodinamika
3. **Fehér Anna Éva** - Az anyagszerkezet és a dinamikai hővezetési paraméterek kapcsolatának vizsgálata
4. **Tóth Balázs** - Többmezős hp-verziós végeselemes keretrendszer kifejlesztése irreverzibilis termodinamikai modellek megoldására

PDu5. Atomfizika és kvantumelektronika II.: A/408 terem

Szekcióvezető: Tóth György

1. **Maák Pál** - Femtoszekundumos lézerek alkalmazása diffraktív struktúrák létrehozására polimer szubsztrátban
2. **Lenk Sándor** - Időfüggő fluoreszcencia méréstechnikák növényélettani és napelem ipari alkalmazásai
3. **Vukics András** - Labdázás hideg atomokkal: hogyan mérjük hőmérsékletet, mágneses teret és gravitációt egy ultra-vákuum kamrában?
4. **Kiss Tamás** - Fraktálok és fázisátalakulás iterált kvantumprotokollokban
5. **Paragi Gábor** - Energia dekompozíció analízis oldószerben

PDu6. Kísérleti részecskefizika: C/411 terem

Szekcióvezető: László András

1. **Siklér Ferenc** - Előreszórt részecskék a CMS+TOTEM kísérletben
2. **Bencédi Gyula** - Új típusú eseményklasszifikáción alapuló részecskehozamok mérése a CERN ALICE kísérletben
3. **Pórfy Barnabás** - Új eredmények és detektorfejlesztések az NA61/SHINE kísérletnél

2025. augusztus 22. 18:30

Poszterbemutató/kiállítás

A posztetek felsorolása a programfüzet 11. oldalán található

2025. augusztus 23. szombat, 8:30-10:45

Plenáris előadások 2.

A nap levezető elnöke: Groma István

- 2.1. **Csabai István** (ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék) *Fizika és mesterséges intelligencia*
- 2.2. **Kiss Gábor Gyula** (HUN-REN Atommagkutató Intézet) *Asztrofizikai és magszerkezeti vizsgálataink a stabilitás völgyétől távol*
- 2.3. **Gali Ádám** (Wigner FK) *Pontheta kvantumbitek szilárdtestekben*
- 2.4. **Dunai Dániel** (HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Fúziós Plazmafizika Laboratórium, ITER Optikai Pellet Diagnosztika projekt vezetője) *ITER – Hol járunk a magfúziós kísérletektől az energiatermelő reaktorokig vezető úton?*

2025. augusztus 23. 11:00-13:00

Szekció előadások

SzoDe1. Anyagtudomány és Vákuumfizika I.: A/408 terem

Szekcióvezető: Cserhádi Csaba

1. **Tóth László Zoltán** – Az akusztikus emisszió összetétel-függése nifegaco ötvözetek szuperelasztikus deformációja során
2. **Groma István** - Deformációs instabilitások: paradigmaváltás a plaszticitás elméletekben
3. **Csarnovics István** - A Raman-spektroszkópia különböző alkalmazási lehetőségei debreceni tapasztalatok alapján
4. **Musza Alexandra** - Anodizált A356 alumíniumötvözetek keménységi profiljának vizsgálata in-situ nanoindentációval
5. **Óvári László** - Bór, szén, és nitrogén tartalmú kétdimenziós anyagok szintézise Ir(111) felületen

SzoDe2. Szilárdtestfizika I.: C/411 terem

Szekcióvezető: Sólyom Jenő

1. **Márity Krisztián** - Romboédes grafit előállítása és vizsgálata
2. **Asbóth János** - Egy energiasáv topologikus finomszerkezete
3. **Salamon Péter** - Felületi instabilitások ferroelektromos nematikus folyadékokban
4. **Máthé Marcell Tibor** - Önhajtó részecskerendszer és piezoelektromosság ferroelektromos folyadékokban
5. **Veres Miklós** - Vékonyrétegek és nanoszerkezetek Raman-spektroszkópiás jellemzése
6. **Thiering Gergő** - Szilárdtestbéli ponthiba-kvantumbitek spin-pálya-fonon relaxációs folyamatai

SzoDe3. Statisztikus fizika: A/230 terem

Szekcióvezető: Török János

1. **Rakya Péter** - Rendhagyó módszerek kvantumáramkörök tanításában
2. **Stippinger Marcell** - Topológia és tanuló hálózatok a dinamikai rendszerek rejtett változóinak feltárására
3. **ifj. Csikor Ferenc** - Agyunk, az öntudatlan természettudós
4. **Török János** - Platónról a csigáig: a mozaikok anatómiája, és dinamikája
5. **Csepányi István** - Véges hőmérsékletű korrelációs függvények az Ising térelméletben

2025. augusztus 23. 14:00-16:00

Szekció előadások

SzoDu1. Anyagtudomány és Vákuumfizika II.: A/408 terem

Szekcióvezető: Groma István

1. **Divéki Zsolt** - Vékony rétegek vastagságának meghatározása mesterséges intelligencia és magas harmonikus keltés alkalmazásával
2. **Nyitray Gergely** - Optikai irreverzibilitás: a henger alakú hullámvezető négyzetesen integrálható sajátfüggvényei
3. **Gajdics Marcell** - Reaktív porlasztással előállított gallium oxid vékonyrétegek vizsgálata
4. **Sulyok Attila** - Az XPS alkalmazása az ásványtanban

5. **Tóth József** - Ezüst nanokompozitok felületi kémiai analízise röntgen fotoelektron spektroszkópiai (XPS) módszerrel

SzoDu2. Nagyenergiás és alkalmazott magfizika: C/411 terem

Szekcióvezető: Kiss Gábor Gyula

1. **Barnaföldi Gergely** - Nukleáris effektusok kis és nagy ütközési rendszerekben LHC energián
2. **Vértesi Róbert** - Az LHC ALICE 3 detektor koncepciója és fizikai képességei
3. **Horváth Anna** - Extra dimenziók hatása asztrofizikai megfigyelhető mennyiségekre
4. **Wolf György** - Mit mondanak a neutroncsillagok az erős kölcsönhatás tulajdonságairól
5. **Szarka Máté** - Az ATOMKI Új Dimenziói: Protonnyalábok alkalmazása az űrkutatás viszonylatában
6. **Csedreki László** - Neutron termelő reakciók vizsgálata a HUN-REN Atomki-ban. Jelen és jövő.
7. **Kuti István** - Közepes- és nagyspinű magállapotok vizsgálata a DIAMANT detektorrendszerrel

2025. augusztus 23. 16:15

Borvacsora és pincelátogatás

2025. augusztus 24. vasárnap, 8:30-10:45

Plenáris előadások 3.

A nap levezető elnöke: Ormos Pál

- 3.1. Pálfalvi László** (PTE Fizikai Intézet) *Terahertzes impulzusok a részecskegyorsítás szolgálatában: forrásfejlesztéstől az alkalmazásokig*
- 3.2. Kelemen Lóránd** (HUN-REN Szegedi Biológiai Kutatóközpont) *Fénnyel vezérelt mikroeszközök a biológiai kutatások szolgálatában*
- 3.3. Varró Sándor** (ELI-ALPS) *Heisenberg 100 éves kvantummechanikájáról*
- 3.4. Osvay Károly** (SZTE) *Lézeres neutronforrás fejlesztése akadémiai és ipari alkalmazásokhoz*

2025. augusztus 24. 11:00-13:00

Szekció előadások

VDe1. Magszerkezet és asztrofizika: C/411 terem

Szekcióvezető: Kiss Gábor Gyula

- 1. Elekes Zoltán** - Kísérleti lehetőségek a HYPATIA együttműködésben
- 2. Iszály Zsófia** - A 102Sn és 104Sn magok szerkezetének vizsgálata in-beam γ spektroszkópiával
- 3. Begala Marcell** - Az N=28-as héjzáródáson túli Ar és S atommagok gerjesztett állapotainak vizsgálata
- 4. Kruzsicz Bernadett** - A 105Pd atommag negatív paritású sávjainak spektroszkópiai vizsgálata
- 5. Riczu Gábor** - Többkonfigurációs dinamikai szimmetria és alkalmazásai atommagokban
- 6. Szányi Balázs** - A lassú neutronbefogás numerikus modellezése aszimptotikus óriásági csillagokban
- 7. Mátyus Zsolt** - A nova nukleoszintézisben releváns $^{29}\text{Si}(p,g)^{30}\text{P}$ reakció kísérleti vizsgálata

VDe2. Szilárdtestfizika II.: A/408 terem

Szekcióvezető: Koltai János

- 1. Palotás Krisztián** - Komplex atomi szerkezetek megfigyelése és előrejelzése ultravékony oxidrétegekben
- 2. Balogh András** - Grafén többretegek vizsgálata nagyskálás ab-initio alapú szoros kötésű modellel
- 3. Pályi András** - Kvantumszámítás egyelektron-kvantumbitekkel
- 4. Svastits Domonkos** - Töltés- és spin qubitek kiolvasásának dinamikai modellje
- 5. Máté Mihály** - Erősen korrelált rendszerek vizsgálata tenzorhálózat-alapú és kvantuminformáció-elméleti módszerekkel
- 6. Hagymási Imre** - Újfajta mágneses viselkedés a kétdimenziós periodikus Anderson-modellben

Poszterek listája

- P1. Bene Erika** - Az egybites kommunikációs korlát átlépése többdimenziós kvantumrendszerekkel
- P2. Bíró Gábor** - Precíziós rákgyógyítás proton terápiával
- P3. Cserhádi Csaba** - Reakció-diffúzió Co₂Si/Zn diffúziós párban
- P4. Fűri Péter** - A kis moduláris reaktorok és a megújuló energiaforrások szerepe a jövő energiatermelésében
- P5. G. Szabó István** - Kisvállalkozás nagy vállalkozásokban: magfúziós és neutronos képalkotási együttműködések a KFKI-telephelyen
- P6. Gál Dávid** - Kompozíciós hibák hatása a CuInP₂S₆ kristályok fizikai tulajdonságaira
- P7. HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont: Gméling Katalin** - Budapesti Kutatóreaktor, Budapesti Neutron Centrum Nagyberendezései
- P8. Kaszás András** - Spatially multiplexed single-photon sources based on binary-tree multiplexers with optimized structure
- P9. Koltai János** - Klasszikus árnyékkísérlet egy fotonikai chipen: szimuláció és mérés
- P10. Koniorczyk Mátyás** - QUBO feladatok klasszikus és kvantum perspektívából
- P11. Lászlóffy András** - Mágneses atomok első elvű számításai szupravezető nióbium felületén
- P12. Mandula Gábor** - Gyors fotorefrakció és fotokróm hatás vizsgálata bizmutteral és magnéziummal adalékolt lítium-niobát kristályban: mérés és modellezés
- P13. Márton István** - Efficient computation of classical bounds on correlation-type Bell inequalities and prepare-and-measure inequalities on graphics processing units
- P14. Máté Mihály** - The restricted active space method in quantum chemistry: quantifying the improvement over perturbation theory and estimating the error
- P15. Merkel Dániel** - Újabb eredmények a FeRh vékonyrétegek vizsgálatában
- P16. Nagyné Szokol Ágnes** - Femtoszekundumos lézerimpulzus keltette kráterek morfológiai és anyagszerkezeti vizsgálatai UDMA-TEGDMA alapú polimerekben
- P17. Német Nikolett** - Time-Delayed Coherent Feedback influence on the squeezing and entanglement properties of the output fields of Parametric Oscillators
- P18. Nyári Péter** - Dicke állapotok összefonódása
- P19. Pesznyák Dávid** - Gépi tanulási módszerek előjelproblémás soktestrendszerben
- P20. Portik Attila** - Scalable Volumetric Benchmarks Based on Clifford and Free-Fermion Operations
- P21. Pszota Máté** - Magasabb rendű nemlokális termodinamikai gravitációelméletek
- P22. Rózsa Dániel** - Erbium szállézeres erősítő rendszer optimalizálása nemlineáris mikroszkópiás alkalmazásokhoz
- P23. Sántha Zoltán** - Theoretical investigation of helium related defects in diamond
- P24. Sárközi Barbara** - Oxid diffúzió hengeres geometriában
- P25. Szalay Szilárd** - Összefonódási mélységek és metrologiai összefonódási kritériumok
- P26. Thiering Gergő** - Ab-initio theory of orbitally coupled spin Hamiltonians for quantum defects embedded in solids
- P27. Tóth György** - Szén-dioxid lézerrel pumpált terahertzes források fejlesztése
- P28. Tóth László Zoltán** - Akusztikus emisszió összetétel-függése NiFeGaCo ötvözetek szuperelasztikus deformációja során
- P29. Vacuum Service Kft. (Nyéki András és Túri Emma)** - Vacuum Service Kft. bemutatkozása
- P30. Ván Péter** - Az Eötvös-inga modernizációja és a mérések tapasztalatai
- P31. Varró Sándor** - Tömegformula az X17 Bozonra és Hasonló Tömeges Fotonokra
- P32. Vígh-Kiss Erika Rozália** - 70 éves a CERN

Kivonatok

Nyitó és plenáris előadások

01. Helgoland és a kvantumforradalmak: az alapvető kérdésektől a technológiáig

Zaránd Gergely Attila

BME TTK Elméleti Fizika Tanszék

Idén száz éve, hogy Werner Heisenberg 1925 nyarán, a Helgoland-szigeten lefektette a kvantummechanika alapjait. Az előadásban áttekintjük a kvantumelmélet születésének körülményeit és a 20. század egyik legnagyobb tudományos forradalmát. Bemutatjuk, hogyan vált a kvantummechanika egyre kifinomultabb elméletté, amely nemcsak a mikroszkopikus világot írja le, hanem mára új technológiák alapját is képezi.

Külön figyelmet fordítunk a kvantumos összefonódás jelenségére, amely már Einstein, Podolsky és Rosen 1935-ös, "szkeptikus" cikkében is központi szerepet kapott. Ismertetjük John Bell 1964-es tételét, amely lehetőséget adott a klasszikus világkép kísérleti cáfolatára, és részletesen szólnunk azokról a kvantummechanikai kísérletekről, amelyek Bell-egyenlőtlenségeken keresztül igazolták az összefonódás valódiságát.

Az előadás második felében bemutatjuk, hogyan fordult a figyelem az olyan gyakorlati alkalmazások – mint a kvantumteleportáció, kvantumkriptográfia és kvantumszámítógépek – felé, és hogyan vált a kvantumállapotok manipulálása laboratóriumi valósággá. Végezetül kitekintünk néhány nyitott kérdésre, amelyekre mindmáig nincs válaszuk.

02. Topologikus qubitek és Majorana kvázirészecskék mágneses nanoszerkezeteken

Újfalussy Balázs¹, Lászlóffy András¹, Kucska Nóra¹, Nyári Bendegúz², Szunyogh László²

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

²Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest, Magyarország

Jól ismert, hogy a szupravezetés és a mágneses rendeződés egymást kizáró jelenségek. Mégis, nemrégiben a szupravezetők felületére növesztett atomi láncok és a mágneses tér összjátékában véli megtalálni több kutató a kvantum-számítástechnika következő nagy újítását, a topologikusan védett kvantum bitet. A Microsoft meg is alkotta az ezen az elven alapuló Majorana 1 kvantum chipet, ami bejelentése után azonnal a kritikák középpontjába került, és az eredmények valóban többféle értelmezésre adnak lehetőséget. A kutatás középpontjában egy új kvázirészecske áll, ami az elmélet szerint önmaga antirészecskéje, azaz egy Majorana fermion.

Ebben a helyzetben egy paraméter mentes, ab-initio számításokon alapuló elmélet különösen hasznos lehet, ahol a pontos anyag- és sávszerkezet valamint a relativisztikus kölcsönhatások egyaránt figyelembe vannak véve. Az előadás során felvillantom egy ilyen elmélet alapjait, megmutatom, hogy hogyan alkalmazható szupravezető heteroszerkezetekre. Ezek után a kísérleti eredmények alapján egy prototipikus rendszerre, Au/Nb(110) szupravezető felületre helyezett, Fe atomokból összeállított láncokra vizsgálom meg részletesen. Megmutatom, hogy habár ezekben a láncokban a ferromágneses rend esetén nincsenek Majorana módusok, spirális mágneses rend esetén ezek minden ismertetője kimutatható a számításokból. Megmutatom azt is, milyen könnyű hamis Majorana állapotokat előidézni.

03. Kvarkok, gluonok és a sötét anyag rácstérelméleti szimulációkból

Endrődi Gergely

ELTE TTK Fizikai- és Csillagászati Intézet

A részecskefizika Standard Modellje magában foglalja a gravitáció és a sötét anyag kivételével az ismert elemi részecskéket és a közöttük fellépő erőket. Ezek közül a kvarkok és gluonok között ható erős kölcsönhatás adja. Világegyetemünkben a látható anyag tömegének 99%-át. A kvarkok és gluonok fizikájának vizsgálatához a Standard Modell erős szektorának elméletét, a Kvantumszíndinamikát (QCD) kell megoldanunk. Ez a QCD rácson történő diszkrétizációjával és szuperszámítógépeken futó szimulációs algoritmusok segítségével lehetséges. Ebben az előadásban a modern rác-QCD szimulációs módszerek alapjait mutatom be. Továbbá szó lesz a sötét anyag egy lehetséges modelljéről, a hipotetikus axion részecskéről, és arról, hogy hogyan lehet rác-QCD szimulációk segítségével behatárolni az axion-foton csatolási állandót, amely ezen részecske kísérleti detektálásának szempontjából a leglényegesebb paraméter.

04. Az idegsejtek nélküli agy

Orbán Gergő

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont RMI

Amikor magyarázunk egy bonyolult összefüggést valakinek, folyamatosan követjük, hogy a másik követ-e, a mondandónk átment-e. Ekkor többé kevésbé jóslni is tudjuk, hogy a felvetődő kérdésekre milyen választ fog partnerünk adni. Amikor így modellezzük a partnerünket, akkor nem szükséges partnerünk idegsejthálózatát feltérképeznünk, hanem egy magasabb szinten alkotunk mentális modelleket. Mi tehát az a modellezési szint, ami alkalmas arra, hogy hatékonyan modellezzük az idegsejthálózatok működését? A 2024-es fizikai Nobel díjat olyan modellezési eszközök fejlesztéséért ítélték oda John Hopfieldnek és Geoff Hintonnak melyek segítenek ezt az absztrakciót a neuronhálózatoktól a komputációkig meglépni: bevezettek olyan fogalmakat, mint a dinamikus rendszerek elmélete a memória dinamika megértéséhez, vagy a statisztikus fizikából ismerős sztochasztikus dinamika vagy részletes egyensúly kérdése a tanulás megértéséhez. Ezekkel a fejlesztésekkel lehetőség van nagyobb rendszerekről beszélni anélkül, hogy a komplex sejtszintű folyamatokon kellene végig küzdeni magunkat. Az előadásban ezen megközelítés mai hasznát fogom bemutatni.

05. Nagyintenzitású lézerekkel az energiatermelésért

Kroó Norbert

Hun-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont NAPLIFE Program

Az emberiség növekvő energiaszükséglete csak új technológiák bevezetésével biztosítható. Ezek egyik remélt formája a magfúzió. Ennek lézeres változatát növekvő számú laboratóriumban kutadják. Az egyik változat (NIF: National Ignition Facility) 192 óriáslézerrel a DT fúziós anyagot összenyomással magas hőmérsékletre fűti, ahol beindul a fúziós folyamat. Az összenyomás lassú, néhány száz 10 ns-os lézerimpulzusokat igényel és az egyenletes összenyomás érdekében sok (a NIF esetében 192) nyálábott alkalmaz.

Jelen előadás egy olyan megoldási kísérlet első fázisáról számol be, amely elkerüli a „lassú” összenyomás bizonytalanságait, milliószor rövidebb lézerimpulzusokat alkalmaz, amelyek 2 irányból fénysebességgel viszik be a fúziós anyagú fóliába az energiát. Az ehhez szükséges

feltételeket ún. plazmonikus nanorészecskék nagy hidrogén tartalmú polimer fóliába ültetésével érjük el. Az arany nanorészecskék méretének alkalmas megválasztásával a lézersugár rezonánsan ún. lokalizált plazmon polaritonokat gerjeszt, amelyeknek különleges tulajdonságai elősegítik a magfúziós folyamatok beindulását.

Az ismertetésre kerülő eredmények energiatermelést igazolnak már a programunk első fázisában alkalmazott egyirányú belövés esetében is, amit a kísérletileg igazolt hidrogén – deutérium fúzió produkál. A mintába bór nitridet keverve pedig az ugyancsak exoterm $p+11B > 3\alpha$ reakciót sikerült detektálni. Az előadás ezen folyamatok kísérleti eredményeit és az ezekhez kapcsolódó modellezési eredményeket ismerteti.

1.1. Magfúzió a Napban és a csillagokban

Szücs Tamás

HUN-REN Atommagkutató Intézet

A Napunkhoz hasonló csillagokban hidrogén alakul át héliummá számos atommagreakció sorozatán keresztül. Ezek közül energiatermelés szempontjából a legjelentősebbek a proton-proton lánc, valamint a CNO ciklus(ok). Ezen magreakciók csillagokbeli pontos reakciósebességének ismerete a kulcs a csillag működésének leírásához.

A Standard Napmodell (SSM) például a Nap teljes fizikáját leíró modell, amelynek egyik legfontosabb bemenő paraméterei a magreakció sebességek. Az SSM többek között előre jelzi a napneutrínó hozamokat. Az előrejelzéseket mérésekkel összevetve a modell pontosítható, illetve feltérképezhető melyek az előrejelzéseket legnagyobb mértékben befolyásoló bemenő paraméterek.

Az elmúlt több mint 3 évtizedben a Standard Napmodell sokat fejlődött, akárcsak a legfontosabb magreakciók kísérleti és elméleti leírása. A nukleáris asztrofizikai közösség Napmodellel is foglalkozó tagjai, körülbelül tízévente összefoglalják a legfontosabb magfizikai eredményeket, amik befolyásolhatják a modell előrejelzéseit.

Szerencsém volt a nemrég megjelent összefoglaló mű elkészítésében részt venni. Az előadásomban ennek nyomán fogom bemutatni a Nap pontosabb leírásához elengedhetetlen magreakciók ismeretének jelen állapotát, kiemelve a hazai hozzájárulásunkat. Bemutatom a debreceni Atommagkutató Intézetben (Atomki) végzett méréseket, valamint az Atomki nukleáris asztrofizikai csoportja által vezetett néhány egyedülálló külföldi infrastruktúrával végzett mérést. Mindezek hozzájárulnak a Standard Napmodell pontosításához, így közvetetten számos csillag modellezéséhez. Ezek a modellezések végső soron elengedhetetlenek az Univerzum fejlődésének és jelen állapotának megismeréséhez és leírásához.

1.2. Femtoszekundumos anyagtudomány

Dombi Péter

Wigner FK

Lézerfény és anyag kölcsönhatási folyamatainak különösen is érdekes területe az az intenzitástartomány, melyen belül a lézernyaláb térerőssége összemérhető az anyagi rendszer leggyengébben kötött elektronját kötő elektromos térrel. Az ilyen, ún. strong-field kölcsönhatási folyamatok tették lehetővé attoszekundumos impulzusok előállítását, és a közelmúltban is fontos eredményeket értünk el ezen a területen a Wigner Fizikai Kutatóközpont lézerlaborjaiban [1-3]. Az ELI működésének megkezdése ezen a területen további új kutatási lehetőségeket nyitott meg, melyekről szintén beszámolok az előadásomban. Ezt a hungarikumnak számító kutatási témát ez

elmúlt években dielektrikumok tranziens fémesedésével kapcsolatos kutatásokkal [4] és szilárdtestek forró elektronjainak vizsgálatával [5] egészítettük ki, melyeket szintén bemutatok.

Végül pedig legújabb szegedi és budapesti kutatásainkról is beszámolok, melyek különböző topologikus rendszerek és szilárdtestfelületek femtoszekundumos dinamikájának vizsgálatával kapcsolatosak.

[1] P. Dombi et al., *Nano Lett.* 13, 674 (2013)

[2] P. Dombi et al., *Rev. Mod. Phys.* 92, 025003 (2020)

[3] B. Bánhegyi et al., *Phys. Rev. Lett.* 133, 033801 (2024)

[4] V. Hanus et al., *Nature Commun.* 14, 5068 (2023)

[5] P. Sándor et al., *Nano Lett.* 24, 8024 (2024)

1.3. Termodinamika, stabilitás és univerzalitás

Ván Péter

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Elméleti Fizika Osztály, Budapest,

BME, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Budapest

Montavid Termodinamikai Kutatócsoport

A termodinamikának van két olyan ismert aspektusa, amely nehezen illeszkedik a statisztikus fizikai magyarázatokhoz és világképhez. Az egyik az abszolút hőmérséklet, a másik a stabilitási gondolat. Az előbbi esetben ne a legalacsonyabb hőmérsékletre gondoljunk, hanem a hőmérséklet fogalmának univerzális voltára, az anyagi tulajdonságoktól független jellegére [1]. Majdnem mindennek van hőmérséklete és ez klasszikus eredmény a második főtétel következménye.

A másik az az általános érzet, amely szerint a disszipáció stabilizál, az egyensúly felé tereli a fizikai rendszereket [1,2]. Erről is úgy érezzük, hogy valami univerzális, általánosan érvényes állítás, amely legalábbis a nemegyensúlyi termodinamikában érvényes, hiszen itt csak termodinamikai rendszerekről van szó, érvényes, és szintén a második főtétel következményének tartjuk.

Az előadásban ezekről a kérdésekről lesz szó, megvizsgáljuk, hogy milyen általános következtetések vonhatók le a termodinamika második főtételéből a mikroszkópikus, strukturális információk felhasználása nélkül. Kiderül, hogy meglepő módon köze van a gravitációhoz és a kvantumfizikához is. Mindkét elméletkörnek ismert univerzalitási tulajdonságai vannak [3].

[1] Sen, Paul: *Einstein's Fridge: How the Difference Between Hot and Cold Explains the Universe*, 2021, Simon and Schuster.

[2] P. Ván, *Toward a Universal Theory of Stable Evolution*, *Philosophical Transactions of Royal Society*, 381:20220276 (2023), doi: 10.1016/j.physa.2021.126505, arXiv:2303.01250.

[3] M. Szücs and P. Ván, *A thermodynamic road to gravity and quantum phenomena: non-relativistic self-gravitating weakly nonlocal fluids*, 2025, arXiv:2504.07296.

1.4 Ionimplantált Si és SiC minták monitorozása korszerű fotomodulált reflexióval

Ullrich Dénes

Semilab Zrt.

A fotomodulált reflexió (photo-modulated reflectance, PMR) egy nem destruktív, kontaktusmentes optikai karakterizációs módszer, amely nagy érzékenységgel képes detektálni a félvezetők ionimplantáció hatására létrejövő, felület közeli kristályszerkezeti roncsolást. A Semilab Zrt. által fejlesztett PMR-C rendszer UV és látható kék tartományban működő lézereket alkalmaz: a

modulált UV lézer (ún. generáló lézer) gerjesztés révén lokális törésmutató-változást idéz elő, míg a konstans intenzitású kék lézer (ún. szonda lézer) ennek hatását detektálja a visszaverődő fény relatív intenzitásváltozásán keresztül. A relatív reflexióváltozást PMR jelnek definiálunk, amit lock-in erősítővel mérünk ki. A törésmutató változást első sorban elektro-optikai és thermo-optikai effektusok okozzák, azaz a töltéshordozó koncentrációváltozás és hőmérsékletváltozás.

A mérőberendezés elsődleges célanyaga az ipari szempontból kiemelten fontos ionimplantált 4H-SiC, azonban a rendszer alkalmasságát más anyagrendszereken – például Si és Mg-mal dopált GaN – is vizsgáljuk. A PMR jel nagysága közvetetten jellemzi az implantáció következtében kialakuló hibakonzentrációt és mélységi eloszlást, amelyek az implantációs kulcs paraméterek – dózis, ionenergia, tilt és twist szög, hőmérséklet – függvényében alakulnak ki.

Ebben a munkában kísérleti eredményeinket mutatjuk be Si és 4H-SiC mintákon, amelyeket azonos vagy hasonló implantációs paraméterek mellett kezeltek.

2.1. Fizika és mesterséges intelligencia

Csabai István Ervin

ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

Az idei fizikai Nobel-díjat John Hopfield és Geoffrey Hinton kapta a "a mesterséges neurális hálózatokkal végzett gépi tanulást lehetővé tevő alapvető felfedezésekért és találmányokért". A hír meglepetésként ért sokakat, mivel a díjazott témakör a laikus szemlélő számára nem kapcsolódik a fizika hagyományos területeihez. Az előadásban megpróbálom elmagyarázni, hogy a statisztikai fizikában gyökerező modellek hogyan teremtették meg az alapokat a mesterséges intelligencia (MI) mai rohamosan fejlődő algoritmusai számára, és rövid áttekintést adok a MI aktuális eredményeiről, különös tekintettel a tudományos alkalmazásokra.

2.2. Asztrofizikai és magszerkezeti vizsgálataink a stabilitás völgyétől távol

Kiss Gábor Gyula

HUN-REN Atommagkutató Intézet

Az elmúlt néhány évben és a közeljövőben a kísérleti magfizikai kutatások számára új horizontok nyíltak / nyílnak az extrém neutron-, illetve protongazdag maganyag jellemzőinek tanulmányozására. Új radioaktív ionnyalábok előállítására alkalmas gyorsítóberendezéseket adnak / adtak át a kutatói közösségnek például az USA-ban (FRIB), Koreában (RAON), a jelenleg használatban lévő gyorsítókön pedig nagyszabású fejlesztési programok indultak. Előadásomban egy kitekintést szeretnék nyújtani a magfizika élvonalába tartozó gyorsítóberendezés kutatási programjáról, illetve a hazai magfizikus közösség kapcsolódó terveiről.

2.3. Ponthiba kvantumbitek szilárdtestekben

Gali Ádám

Wigner FK

A kvantumbitek szabályozható kétállapotú kvantummechanikai rendszerek. A kvantumbitek fizikai megvalósítása paramágneses ponthibákkal lehetséges, amelyeket félvezető vagy szigetelő szilárdtestekbe ágyazunk be. A kvantumbitek kiolvasását és alaphelyzetbe állítását elektron spinállapotfüggő transzport vagy optikai gerjesztés útján lehet megvalósítani. Ebből következően a

ponthiba kvantumbitek fizikája adja a kvantumbitek működésének kulcsát, ami a szilárdtest-fizika egy speciális ága, amely a XX. század második felében virágzott fel a félvezetőiparral együtt. Előadásomban azt mutatom be, hogy ez a tudományág másodvirágzását éli a kvantummetrológia, kvantumkommunikáció, és kvantumszámítás húzóerejének köszönhetően. Ehhez kapcsolódó saját elméleti és kísérleti eredményeket mutatok be, amely ezeket a területek előrehaladásához jól láthatóan hozzájárult.

2.4. ITER – Hol járunk a magfúziós kísérletektől az energiatermelő reaktorokig vezető úton?

Dunai Dániel

HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Fúziós Plazmafizika Laboratórium,
ITER Optikai Pellet Diagnosztika projekt vezetője

A fúziós energiatermelés kutatása jelenleg a fizika egyik legnagyobb és potenciálisan az egyik legnagyobb hatású kutatási területe. A magfúziós reakciókból kinyerhető energia békés felhasználását célzó fúziós kutatások rendkívüli utat jártak be az 1950-es évektől napjainkig. Már az első fizikai kísérletek során kiderült, hogy az emberiség nagy fába vágta a fejszét. A korai berendezések eredményei és kudarcai után egy szisztematikus fejlesztési folyamat indult, mind a kísérleti, mind az elméleti plazmafizika területein. Az ipari megvalósításhoz a legközelebb a mágneses összetartáson alapuló koncepciók, azon belül is a tokamak berendezés áll. Jelenleg is több nagy tokamak épül világszerte, amik közül a legnagyobb az ITER.

Az ITER az emberiség lakosságának több mint felét képviselő hét állam és államszövetség széles nemzetközi együttműködésében épül Dél-Franciaországban. Ez a kereskedelmi reaktorok méretében megvalósuló fizikai kísérlet, melynek sikerével megnyílhat az út az áramtermelésre optimalizált erőművek építése előtt. Az ITER minden valószínűség szerint a legbonyolultabb eszköz, amit az emberiség valaha tervezett.

Hol tartunk ma ezen az úton? Mit várhatunk az ITER-től és a jelenleg épülő nagy fúziós kísérletek generációjától? Mikorra várhatjuk az első fúziós erőművek megjelenését, és milyen különböző stratégiákat látunk a fúziós versenyfutásban a világban (EU, Kína, USA)? Hogyan vesznek részt a hazai kutatók ebben a munkában?

Az előadás többek között ezekre a kérdésekre is igyekszik majd a legújabb fejleményeket és eredményeket is tartalmazó válaszokat adni.

3.1. Terahertzes impulzusok a részecskegyorsítás szolgálatában: forrásfejlesztéstől az alkalmazásokig

Pálfalvi László

PTE Fizikai Intézet

A terahertzes (THz) impulzusok alkalmazása ígéretes lehetőséget kínál a töltött részecskék gyorsítására, kompakt és hatékony gyorsítórendszerek fejlesztésére. Az előadás bemutatja azokat a forrásfejlesztési irányokat, amelyekkel nagy intenzitású THz impulzusokat lehet előállítani. Perspektivikus megoldásnak ígérkezik többek közt a térfogati holografikus rácsot és félvezető kristályt tartalmazó kompakt, skálázható forrás. Bemutatjuk egy reflexikonból és parabolatükör(szegmens)ből álló elektrongyorsító terveit, illetve egy gáz-jet ionizáción alapuló THz-es elektrongyorsító koncepcióját.

3.2. Fénnyel vezérelt mikroeszközök a biológiai kutatások szolgálatában

Kelemen Lóránd

HUN-REN Szegedi Biológiai Kutatóközpont

A biológiában a sejtek néhány mikrométeres mérettartományába eső eszközök nagyon sokféle feladat elvégzésére lehetnek alkalmasak.

Kutatócsoportunkban olyan passzív és aktív mikroeszközöket fejlesztünk, melyekkel elsősorban egyedi sejteket érintő biológiai kérdéseket lehet hatékonyan vizsgálni. Az előadásban bemutatom azt a 3D mikro-nyomtatási technikát, amivel az eszközöket készítjük. Kitérek arra is, hogy milyen módszerekkel lehet hozzájuk például fém nanorészecskéket, fehérjéket vagy sejteket tapasztani, és hogy ez milyen plusz funkciókat biztosít számukra. Bemutatom a lézercsipeszt is, ami a szerkezetek precíz mozgását teszi lehetővé. Végül pedig néhány példán keresztül felvillantom azt a széles spektrumot, ahol ezek a szerkezetek felhasználhatók.

3.3. Heisenberg 100 éves kvantummechanikájáról

Varró Sándor

ELI-ALPS

Száz éve jelent meg Werner Heisenberg közleménye [1], amelyben a mechanikai mozgás új értelmezését javasolta a mátrix-mechanika alapján [2a-b], s ezzel a modern kvantumelmélet legelső, ma is érvényes megfogalmazását adta. Az előadásban e felfedezés háttérét és néhány akkori alkalmazását ismertetjük, s egyben a kvantummechanikai valószínűség és a hullám-részecske kettősség mibenlétét is elemezzük.

[1] Heisenberg W, *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen. Zeitschrift für Physik* 33, 879 (1925).

[2a] Born M und Jordan P, *Zur Quantenmechanik. ibid.* 34, 858 (1925). [2b] Born M, Heisenberg W und Jordan P, *Zur Quantenmechanik. II. ibid.* 35, (1926).

3.4. Lézeres neutronforrás fejlesztése akadémiai és ipari alkalmazásokhoz

Osvay Károly

SZTE TTIK (Nemzeti Lézeres Transzmutációs Laboratórium)

A kereskedelmi forgalomban is kaphatóak már kis és közepes teljesítményű hideg és termikus neutronforrások. A Nemzetközi Atomenergia-ügynökség által végzett felmérés szerint ezekre a jellemzően 107-1010 neutron / másodperc hozamú eszközök iránti kereslet folyamatosan növekszik.

Az előadásunkban a Szegedi Tudományegyetem Nemzeti Lézeres Transzmutációs Laboratóriumának fejlesztése eredményeképpen az NKFIH támogatásával az ELI-ALPS-ban önálló nyalábvonalként létrejött neutronforrást mutatjuk be. Az ELI ALPS-ban rendelkezésre álló, 10 fs impulzus idejű, 100mJ energiájú lézerimpulzusok 1 kHz ismétlési frekvenciával gyorsítanak deuteron ionokat egy nehézvíz folyadékhártya céltárgyból. A deuteronok vákuumban akadálytalanul terjedve becsapódnak egy deuterizált polietilénből (dPE) készült másodlagos céltárgyba, ahol DD fúzió reakción keresztül gyors (2,5MeV) energiájú neutronokat keltenek. A keltett neutron impulzusok egy külön sajátossága, hogy időben nagyon rövidek, becslésünk szerint az időtartamuk jóval nano-másodpercen belül lehet. Az átlagos neutron hozam 108 neutron / sec,

míg a csúcs neutron fluxus a dPE felületéhez közel meghaladja a 10^{15} n/cm²/s értéket. A neutron forrás az ELI-ERIC (külső) felhasználói részére is rendelkezésre áll, melynek részeként '24 végén egy felhasználói csapat sejt-tenyészetek számára '24 végén két óra alatt 1,5 Gy feletti neutron dózist biztosítottunk.

Szekció előadások

PDe1.1. Gondolatok a fizikateremben

Komáromi Annamária

Budapest, XVII. Kerületi Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium

Az utóbbi évtizedekben egyre többet hallani a médiában az űrtudományról, űrrepülésről. Ennek következtében sajnálatos módon – most már nem csak a közösségi médiában – elterjedt az, hogy a súlytalanság állapota a Nemzetközi Űrállomáson a gravitáció hiányával magyarázható. Ezzel a helytelen szemlélettel szemben nekünk fizikatanároknak kell fellépni tanításunk során, és legalább fizikaórán megadni a tudományosan helyes magyarázatot.

Az elmúlt több mint négy évtizedes tanítási tapasztalat alapján még néhány gondolat: az elektromágneses indukció témakörében a nyugalmi indukció és mozgási indukció értelmezése, illetve néhány mechanikában ismert fogalom angol szaknyelvű megfeleltetése, mint például a lendület, erőlkés.

PDe1.2. Hogyan értette meg az emberiség a mozgást?

Radnóti Katalin

ny. főiskolai tanár ELTE TTK

Az előadás során bemutatom a fizika oktatása során alkalmazható történeti szemléletet a mozgás mibenlétének megismerése példáján keresztül.

Az ókorban, Arisztotelész nevéhez köthető leírás, mely dinamika a "józan hétköznapi ismeretek" összessége volt, ami a diákok fizika tanulás előtti elképzeléseivel is rokonítható.

A középkorban az iszlám keretei között, majd az európai gondolkodók körében alakultak ki a mozgás leírásához napjainkban is használatos fogalmak, mint impetus, gyorsulás.

Az újkor hajnalán Galilei felhasználta, majd bővítette a fogalomkészletet. Bevezette a természet jelenségeinek vizsgálatára a kísérleti módszert és a matematikai leírást. Mélyebb összefüggéseket keresett, melyet Newton épített tovább, megteremtve a mai természettudományos gondolkodási módszer és technikai világunk alapjait.

PDe1.3. Galilei-féle nehézségi gyorsulás (g) mérése – módszerek összefoglalása

Jarosievitz Beáta

Budapest XIV. Kerületi Teleki Blanka Gimnázium

A nehézségi gyorsulás értékének ($g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$) meghatározása számos klasszikus és modern kísérleti módszerrel lehetséges. Galilei egyik legismertebb módszere „Galilei történelmi lejtővel” egy ferde síkon végzett kísérlet volt, ahol a lejtő csökkentette a gyorsulást, így az időmérés pontosságát növelni tudta. Ezzel a test egyenletesen gyorsuló mozgását tanulmányozva levezette a gyorsulás és az elmozdulás közötti összefüggést.

Későbbi mérések során a szabadesés módszerét is alkalmazták, ahol egy testet elejtenek, és a megtett út és idő alapján számítják ki g értékét. Ezt a módszert a mobiltelefonra letöltött applikációval alkalmaztam diákjaimmal.

Egy másik népszerű módszer a matematikai inga használata, ahol az inga lengésideje és hossza alapján határozható meg a g értéke. A fizikai inga is alkalmazható hasonló célra. Az Eötvös-féle torziós ingával nem maga a g , hanem annak térbeli változása (gradiense) mérhető ki. Az írásbeli

érettségi ideje alatt diákjaim egyéni kísérleti eszközt készítve mérték otthoni körülmények között a lengési időt, és számolták ki a g értéket.

Továbbá a másik módszer segítségével pl. az ejtőcsővel vákuumban lehetőséget adunk a légellenállás kiküszöbölésére, ezzel növelve a mérés pontosságát.

Összességében a fenti mérésekről kívánok előadásomban beszélni.

Galilei munkássága megalapozta a gyorsulás méréstechnikai vizsgálatát, melyre a mai napig többféle fizikai eszközzel és eljárással lehet pontos mérést végezni.

PDe2.1. Li-ion akkumulátor anód kutatás-fejlesztési trendjei – avagy „Mi jön a grafit után?”

Temesi Ottó

H-ION Kft, Edortech Kft.

A Li-ion akkumulátorok technológiai térnyerése alapjaiban formálta át az energiatárolásról alkotott képünket – az e-mobilitástól kezdve a hordozható elektronikai eszközökön és ipari alkalmazásokon át, egészen az űripari rendszerekig és a hálózati energiatárolási integrációig.

A rendszerszintű fejlődés egyik fő hajtóereje napjainkban a gyorsított töltési képességek iránti igény drasztikus növekedése. Míg korábban az 1–3 C töltési sebesség számított elvárásnak, ma már bizonyos szegmensekben megjelent a 10–100 C töltési igény is – hiszen a minél rövidebb töltésidő válik kritikus szemponttá. Ez a terhelés extrém követelményeket támaszt a teljes cellastruktúrával szemben, és bár a katódoldalon is jelen vannak korlátok, a legkritikusabb szűk keresztmetszet jelenleg az anódtechnológia.

A mai anód (és katód) elektródagyártás porcelán- és ragasztástechnológián alapul – szerves kötőanyagok, illékony és toxikus oldószerek, vezető adalékok, szárítás és kalanderezés – melyek révén állítják elő a funkcionális elektródarégeket. Ez a gyártási paradigma ugyan iparilag érett, de fizikai és energetikai szempontból is számos kompromisszummal jár a töltéssűrűség, rétegstabilitás, hő- és elektromos vezetőképesség, valamint a poranyagokra jellemző biztonsági és kezelési kockázatok területén.

Az előadás célja, hogy bemutassa a Li-ion akkumulátorok anódkutatásának főbb trendjeit, különös tekintettel azokra a területekre, ahol a fizika – különösen az anyagszerkezet, transzportfolyamatok és nemegyensúlyi fázisok – meghatározó hajtóerő. Emellett kiemelt figyelmet kap a gyártástechnológiai átmenet kérdése is: mi működik laborban, de nem működik ipari méretekben? Avagy: „mit kellene – mit lehet – mi éri meg?”

A bemutatott példák egy része magyar fejlesztésű, valós ipari R&D&I környezetből származik, jól példázva, hogy a fizika nem csupán az alap és alkalmazott kutatásban releváns, hanem az ipari innováció kulcsszereplője is – olyan integratív tudomány, amely elengedhetetlen a komplex technológiai rendszerek megértéséhez, újra tervezéséhez és működőképessé tételéhez.

PDe2.2. Spin-off vállalkozások alapítása az MTA kutatóintézeteiben a 90-es, 2000-es években: mikor, kik, mit, miért?

Szipőcs Róbert

R&D Ultrafast Lasers Kft.

Az 1989-es rendszerváltást követően a magyar gazdaság alapvető változásokon esett át, ami többek között magában foglalta a szocialista nagyipari rendszer megszűnését, pl. a Magyar Optikai Művek felszámolását annak budapesti és vidéki telephelyein. 1992 januárjától a korábban egy központi vezetés alá tartozó Központi Fizikai Kutatóintézet is szétvált öt külön MTA intézménnyé,

amelyek közül én az MTA SZFKI-hoz kerültem egyetemi doktori fokozatom megszerzése után. Előbbi neve például a MOM Kulturális Központ nevében, utóbbi pedig a KFKI telephely nevében jelenik meg még napjainkban. A rendszerváltás jelentős gazdasági, pénzügyi nehézségekkel járt mind a cégek, mind a munkavállalók vonatkozásában, ugyanakkor lehetőséget is teremtett új vállalkozások megalapítására, amelyek már piaci alapon képzeltek el működésüket. Munkavállalói szempontból ezek a vállalkozások jelentették az új munkahelyeket a szocialista nagyiparból kikerülő szakképzett munkaerőnek, illetve ezek az induló vállalkozások próbálták megmenteni az enyészettől a nagyipari vállalatoknál feleslessé váló gépeket, berendezéseket. Egyik ilyen induló vállalkozás volt az 1991 novemberében alapított, Ferencz Kárpát kollégám (akkor MTA SZFKI) által vezetett, optikai vékonyréteg bevonatok tervezésével és gyártásával foglalkozó Optilab Kft, amelyben létrehozásában, mint névadó tulajdonostárs én is részt vettem. Ezzel szinte egyidőben alakult meg a Mezei Ferenchez (MTA SZFKI) és az általa kifejlesztett neutron szupertükrökhöz köthető Mirrotron Kft., amelyben Ferenc Kárpát kollégám szintén a rétegnövesztési technológia szakértőjeként, résztulajdonosként közreműködött. Intézetünkben, az MTA SZFKI-ban körülbelül szintén ebben az időben építettük ki az első internetes kapcsolatot lehetővé tevő számítógépes hálózatot, telepítettük az első munkaállomásokat.

Megnyílt a világ előttünk, ami közvetlen, napi munkakapcsolatot tett lehetővé számunkra külföldön dolgozó kollégáinkkal, többek között az akkor Bécsi Műszaki Egyetemen (TU Wien) dolgozó Krausz Ferencsel, későbbi feltalátótársammal. 1993-ban ez a munkakapcsolat egy közös, csörpölt tükrökre illetve általuk diszperzkompenzált, femtoszekundumos Ti-zafiz lézerekre vonatkozó szabadalmat, illetve két újabb vállalkozás megalapítását eredményezte Bécsben, illetve Budapesten: előbbi a Stingl OAG, míg utóbbi az R&D Lézer-Optika Bt. (alapítva 1995-ben) nevet kapta. Utóbbi megalapításában részt vettek az SZTE kutatói (Bor Zsolt, Kovács Attila) is, akikkel a diszperziós tükrök minősítésére vonatkozó interferometrikus módszert fejlesztettünk ki. A két cég egy-két évvel később társasági formát váltott, létrejött a Femtolasers GmbH illetve az R&D Ultrafast Lasers Kft, utóbbinak jelenleg is ügyvezetője vagyok. A 2000-es évek elején Vizi E. Szilveszter, akkori MTA elnök hívására az MTA KOKI-ba kerültem részidős munkatársként, ahol laborvezetőként egy új, kétfoton mikroszkópiás labor létrehozása és az ottani fejlesztés koordinálása volt a feladatom. Később Az R&D Ultrafast Lasers Kft ügyvezetőjeként, névadó résztulajdonosként 2005 márciusában Vizi E. Szilvesztter és Rózsa Balázssal megalapítottuk a kétfotonos mikroszkópok fejlesztésével és gyártásával foglalkozó Femtonics Kft-t.

Előadásomban a felsorolt spin off vállalkozások létrehozásának indokait, anyagi és szellemi alapjait, illetve akkori humán erőforrásait szeretném bemutatni azért, mert a fent felsorolt magyar vállalkozások mindegyike még napjainkban is működik, így remélhetőleg segíti az érdeklődő hallgatókat annak felmérésében, hogy esetükben adottak-e a feltételek egy ilyen komoly döntés (spin off cégalapítás) meghozatalára vagy sem.

PDe2.3. Kisvállalkozás nagy vállalkozásokban: magfúziós és neutronos képkalkotási együttműködések a KFKI-telephelyen

G. Szabó István

OPTIKA Mérnökiroda Kft.

Az idén épp 21 éves OPTIKA Mérnökiroda Kft. (a továbbiakban OMI) 2004 óta van jelen bérlőként a KFKI telephelyen. Az elmúlt évek gyakori kutatóintézeti névváltozásai mellett talán maga a mára fogalomként vált KFKI betűszó az egyetlen név, mely állandóságával megtestesíti a nagymúltú telephely szellemiségét, noha „hivatalosan” ma már csak a kutatóintézetekhez közvetve kapcsolódó elnevezésekben jelenik meg (KFKI Üzemeltető Kft., KFKI Sporttelep, „KFKI telephely”, „Csillebérc KFKI” buszmegállók stb.).

Az OMI fő tevékenysége az ipari képfeldolgozás/gépi látás alkalmazásokhoz szükséges optikai eszközök - elsősorban professzionális LED megvilágítók – fejlesztése, gyártása és telepítése, de a folyamatos telephelyi jelenlét megtermékenyítőleg hatott cégünknek a kutatási célú eszközök és berendezések fejlesztésére és gyártására. A fokozatosan elmélyülő személyes és szakmai kapcsolatok egyre több szakmai együttműködést eredményeztek, melyek során az OMI, mint kisvállalkozás (kkv) folyamatosan fejlődő eszköztárával számos kutatási projekt aktív részesesévé válhatott, melyek során számos egyedi optomechanikai eszközzel tudta támogatni a KFKI telephelyen működő intézetek részvételét az igazán nagy tudományos vállalkozásokban (magfúziós kutatásokban, mint például a TEXTOR, JET, EAST, Wendelstein 7-X, JT-60SA, ITER stb. programok, valamint neutronos képalkotási témákban, mint például a BNC-beli RAD, NORMA projektek).

Az előadásban a teljesség igénye nélkül ismertetem az elmúlt másfél évtized jelentősebb együttműködéseit és a létrejött, a kutatásokat segítő egyedi optomechanikai berendezéseket és eszközöket.

PDe2.4. Még kisebb vállalkozás: időmérésen alapuló neutrontdiffrakciós 2D és 3D képalkotás

Harmat Péter

Ante Kft.

Az állandó sebességű neutronokkal végzett neutrontdiffrakciós 2D képalkotás régóta megszokott dolog, bár a diffrakciós eloszlások értelmezése – különösen anizotróp szórás esetén - nem triviális. Az impulzus alapú neutron forrásokkal, változó sebességű neutronokkal végzett diffrakciós képkiértékelés még nehezebben áttekinthető. Márpedig a detektorokból kinyerhető elemi jelek elektronikus, majd szoftveres feldolgozását valósítjuk meg a világcipiacra szállított berendezéseinkben. Ezekben egyesével jegyezzük fel és értékeljük ki a 2D detektorfelületen becsapódó neutronok időbeni (ez a 3. dimenzió) eseményeit, mindegyik neutronnak a hullámtermészete szerinti hullámhosszát is figyelembe véve. Az itt alkalmazott abszolút időskálánk 100 nanosec felbontással egy hónap időtartamot fog át. Minderre egy "megérthető", ám kulcsrakész mérőberendezést szállítani már igazi kihívás, különösen egy kisvállalkozás számára: egyszerre kell a potenciális vevőknek vonzó eszközként felmutatni, a berendezést legyártani, kis egyedi fejlesztéssel együtt, a helyszínen installálni, a gazdag eszközkészlet használatát megtanítani. Mindezt távolabbi földrészekben vagy éppen közelebbi országokban.

Ráadásul a berendezés-gazdák, akik átveszik ezeket, szeretik maguk beintegrálni a saját helyi „világukba”, külső egyedi vezérlésekkel kiegészítve. Cél az is, hogy velük együtt mindezt hogyan "csomagoljuk be" olyan végfelhasználóknak, akik harmadik félként mérési szolgáltatásként akarják ezt igénybe venni – és akik egyébként gyógyszervegyészek vagy éppen régészek.

PDe3.1. Gravitonok terjednek-e a gravitációs hullámban?

Patkós András

ELTE TTK Fizikai- és Csillagászati Intézet

Új lendületet kapott a nehézségi erőter feltételezett kvantumai észlelhetőségének kutatása a gravitációs hullámok sikeres megfigyelésével. Stratégiát javasoltak a foto-elektromos hatás mintáját

követő gravito-fononos észlelés megvalósítására, valamint a gravitációs hullámok interferometrikus detektorai mozgásában fellépő anomális viselkedés megfigyelésére.

Az előadás áttekinti az e javaslatokat megalapozó kvantummechanikai számításokat. Zárásul kitérek az esetleg sikeres kísérleti megvalósítás graviton-bizonyítékként történő elfogadását érintő kritikákra is.

PDe3.2. A sűrű és forró anyag termodinamikája rács térelméleti módszerekkel

Pásztor Attila

ELTE TTK Fizikai- és Csillagászati Intézet

Az erősen kölcsönható anyag fázisdiagramjának meghatározása a hőmérséklet-barionsűrűség síkon az egyik legaktívabban kutatott téma a részecskefizika standard modelljének keretein belül.

Előadásomban röviden összefoglalom az ezzel kapcsolatos rács térelméleti eredményeket az elmúlt néhány évből.

PDe3.3. Nem-perturbatív korrekciók szuperszimmetrikus elméletekben

Boldis Bercel

Wigner Fizikai Kutatóközpont / Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A kvantumgravitáció problémájának egyik modern megközelítése az úgynevezett holografikus dualitás, amelynek segítségével gravitációs elméletek speciális, szuperszimmetrikus mértékelméletekre képezhetőek le. Ezen dualításban megjelenő fizikai mennyiségek meghatározására eddig két lehetőség volt. Gyenge csatolási állandó esetén térelméleti perturbációszámítást alkalmazhattunk, azonban az így kialakult perturbatív sorösszeg egy bizonyos erősségű csatolás felett divergenssé válik. Erős csatolás esetén pedig a gravitációs oldalon, húrelméleti számítások segítségével határozhattunk meg korrekciókat az adott fizikai mennyiséghez. Ezen korrekciók azonban egyaránt tartalmaztak perturbatív és exponenciálisan lecsengő járulékokat, amelyek meghatározása rendkívül bonyolult húrelméleti számítások segítségével. Előadásomban két új módszert ismertetek, amelynek segítségével lehetőség nyílik bizonyos szuperszimmetrikus mértékelméleti mennyiségek nem-perturbatív korrekcióinak szisztematikus meghatározására erős csatolás esetén.

Az egyik módszer ezen mennyiségek speciális (Fredholm determináns) alakját felhasználva szolgáltat analitikus kifejezést a nem-perturbatív korrekciókra, a másik pedig a perturbatív és nem-perturbatív korrekciók közötti kapcsolat (resurgence) segítségével nyújt lehetőséget az exponenciális járulékok meghatározására.

PDe3.4. A wilsoni renormcsoport folyamok UV limeséről

László András¹, Tarcsay Zsigmond², Jobst Ziebell³

¹Wigner Fizikai Kutatóközpont

²ELTE TTK Matematikai Intézet, Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék

³Friedrich Schiller University of Jena, Faculty of Physics and Astronomy

Ebben az előadásban a Class. Quant. Grav. 41 (2024) 125009, illetve az arXiv:2502.16319 cikkek anyagait foglaljuk össze, melyek a következő matematikai kvantumtérelméleti tételeket bizonyítják. Feynman-korrelátoroknak, avagy Feynman-mértékeknek egy meg nem szakadó wilsoni

típusú renormcsoport folyamának igen gyenge feltételek mellett mindig van UV limesze. Továbbá, a Feynman-mértékek nyelvén szólva, a renormcsoport folyam regularizált Feynman-mértékei mindig ennek az UV limesz mértéknek a regulátor általi marginálisaként állíthatók elő. Meglepő módon, a hatásfukciónálnak is van UV limesze.

PDe4.1. A megújuló energiaforrások és kis moduláris reaktorok, mint a jövő energiaforrásai

Füri Péter, Barancsuk Lilla

HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

A világ villamosenergia-igénye majdnem megduplázódott az utóbbi két évtizedben. Ennek jelentős részét ma még fosszilis energiaforrások használatával állítjuk elő. A megújuló energiaforrások és az atomenergia karbonlábnyoma sem nulla a teljes életciklust figyelembe véve, de sokkal kisebb, mint a szén és gázerőművéké. Az Európai Unió Zöld Megállapodása 2050-re nettó nulla üvegházgáz-kibocsátást tűzött ki célul. Ennek eléréséhez növelni kell a low-carbon villamosenergia termelést és zöld villamosítással csökkenteni kell például a fűtés vagy a közlekedés szén-dioxid kibocsátását. A nap- és szélenergia terjedését azonban korlátok közé szoríthatja magas anyagigényük (pl. ritkaföldfémek, acél, réz), valamint az általuk megkövetelt nagyléptékű (GWh-s) energiatárolás szükségessége, amelynek karbonlábnyoma és nyersanyagigénye szintén jelentős lehet. A kis moduláris reaktorok (SMR) képesek low-carbon villamosenergia-termelésre kis helyen, kevés üzemanyagból a nap 24 órájában. Terheléskövető működés is lehetséges (relatív gyors teljesítmény változtatás) ez segítheti a nap és a szélenergia erősen változó termelésének a mindenkori fogyasztáshoz igazítását. Az SMR-ek kisebb méretük miatt akár természetes, a hőkülönbség miatt kialakuló áramlással, passzív módon is hűthetők lennének. A tömeggyártás jelentősen csökkenthetné továbbá az árat és az előre gyártott modulokból történő összeszerelés gyorsíthatná az építést is.

Ebben az előadásban a különböző energiatermelési technológiák – beleértve a megújulókat, az atomenergiát és az energiatárolást – anyagigényét és életciklusra vetített karbonlábnyomát hasonlítjuk össze. Külön figyelmet fordítunk a kis moduláris reaktorokra (SMR), mint potenciális szén- és gázerőmű-helyettesítőkre, valamint azok rendszerintegrációs előnyeire. A vizsgálat eredményei alapján az SMR-ek stratégiai szerepet tölthetnek be egy alacsony kibocsátású, anyaghatalmas jövőbeli energiarendszer kialakításában.

PDe4.2. A rekultivált Mecseki uránbánya hétköznapijai

Tóth Szabolcs^{1,2}

¹Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Fizikai és Csillagászati Intézet
Atomfizikai Tanszék

²Bányavagyon-hasznosító Nonprofit Közhasznú Kft.

A Nyugat-Mecsekben az uránércbányászat és az ércfeldolgozás 1957-1997 között zajlott. A tevékenység során zagytározók, meddőhányók, perkolációs területek keletkeztek. A rekultiváció során a hatósági előírásoknak megfelelően megtörtént a bányatérsegek bezárása, a meddőhányók, zagytározók, perkolációs területek, üzemi területek, bányászattal érintett vízfolyások tájrendezése. A rekultivációs munkálatok eredményeként 2008. év végére a közvetlen környezeti havaria veszély megszűnt.

A volt uránérc-bányászati és ércfeldolgozási hatásterületen környezetvédelmi okok miatt a rekultivációt követően is folytatni kell az ún. „hosszú távú” környezetvédelmi tevékenységet, valamint a környezetvédelmi előírások betartatása és felügyelete érdekében kiterjedt monitoring rendszer üzemeltetünk az érintett területen.

Az uránércbányászat és az ércfeldolgozás egykori hatásterületén napjainkban is mozgalmas szakmai élet zajlik, melybe az előadás során betekintést nyer a Hallgatóság.

PDe4.3. Sugárözönben élünk. De mennyire!?

Homoki Zsolt, Elek Richárd, Osváth Szabolcs, Szigeti Ágnes

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

A sugárvédelemmel foglalkozók körében általánosan elfogadott megállapítás, hogy a természetes forrásokból származó éves átlagos sugárterhelésünk jóval nagyobb, mint a mesterséges forrásokból származóké és mintegy kétharmada a radon és leányelemeinek belégzésétől származik. Ezt követi a sorban az épületben és szabadban tartózkodás közben minket érő gamma- és kozmikus-sugárzás.

A világ népességének sugárterhelésével foglalkozó nemzetközi bizottság (UNSCEAR) 2000. évi jelentéséből ismeretes, hogy a természetes sugárterhelés népesség szerint súlyozott világátlaga 2,4 mSv. Ugyanakkor a hazai népesség átlagos természetes sugárterhelése 3,1 mSv-ként szokás hivatkozni Nikl István, 1999-ben megjelent cikke alapján. Összehasonlításként a sugárvédelemben dolgozók sugárterhelését akkor kell személyi dózismérőkkel ellenőrizni, ha az éves étéke várhatóan meghaladja a 6 mSv-et. A legnagyobb hozzájárulással bíró radontól származó sugárterhelés számítására azonban kétféle számítási mód létezik: egy dozimetriai számításokon és tüdő modellen alapuló, és egy epidemiológiai vizsgálatok eredményein alapuló. Az előbbi módon számítva a világátlag 2,4 mSv, míg az akkor becsült hazai átlag 4,1 mSv volt. A második módszer szerint a világátlag 2,0 mSv, a hazai akkori értéke 3,1 mSv volt.

Azóta egyes területeken jelentősen gyarapodott az elvégzett vizsgálatok és ez által ismereteink száma, ezért kíváncsiak lettünk, hogy az újabb eredmények tükrében milyen eredményekre jutunk. A mérési eredményeinket felhasználva újraértékeljük az egyes természetes forrásokból származó sugárterhelésünket. Ahol nem rendelkezünk saját eredménnyel, ott a világátlaggal számoltunk.

Az újraértékelést követően a hazai éves átlag értéként a 4,1 mSv helyett 4,4 mSv-et kaptunk az UNSCEAR által meghatározott 2,4 mSv-es világátlaggal összevetve. Ennek kb. 71 %-a radontól és 23%-a gamma- és kozmikus sugárzástól származik. A többi főként az étel- és ital fogyasztott természetes radioizotópoktól ered. Azonban, ha a dózisszámításhoz az ICRP 137 ajánlását vesszük figyelembe, a 4,4 mSv-t helyett 6,9 mSv-t éves átlagértéket kapunk eredményül.

PDe4.4. Csak egy mellkasröntgen. Ezt miből számolta ki?

Elek Richárd

Semmelweis Egyetem; Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

Orvosi eredetű sugárterhelésnek nevezzük az embert érő azon mesterséges sugárterheléseket, amelyeket orvosi diagnosztikai – vagyis az ionizáló sugárzás fizikai hatásait, a testben való gyengülését – valamint a terápiás hatásait – azaz a sugárzás biológiai, sejtpusztító hatásait – kihasználva, gyógyászati célból alkalmazzuk. Más, az embert érő ionizáló sugárzásokkal ellentétben az orvosi sugárterhelést annak célja szerint, az ember saját érdekében szenved el, ha annak alkalmazása orvosi szempontból indokolt.

A sugárvédelem azon alapelve szerint, hogy az ésszerűen elérhető legalacsonyabb sugárterhelésre kell törekedni, azok mértékét meg kell határozni és törekedni kell a csökkentésükre. Az orvosi sugárterhelések mértékéről ritkábban esik szó, illetve arról, hogyan lehetséges meghatározni, leírni a különféle dozimetriai jellemzőkkel.

Az előadás sorra veszi, mely módszerekkel van lehetőség számszerűsíteni az embert orvosi célból érő sugárterheléseket, milyen nehézségei és gyengeségei vannak e becsléseknek és milyen kockázatok származtathatóak egy-egy orvosi eljárásból.

PDe4.5. A sugárterápiás fizika hazai története

Varjas Géza

Országos Onkológiai Intézet

Fizikai felfedezésekkel, a röntgen és a radioaktív sugárzás felfedezésével kezdődött a rák gyógyítás ma is egyik meghatározó, alapvető módszere a sugárterápia. A felfedezések 130 éves jubileumán tartunk. Hazánkban azonnal megkezdődött az alkalmazás. 1898-a budapesti Rókus kórházban megalakult az első röntgenlaboratórium. Az első nagyobb számú beteg rádium kezeléséről 1905-ben Jusztusz Jakab számolt be. A gyors fejlődés, amely fizikai, technikai, klinikai és sugárvédelmi területen zajlott az addig reménytelennek tekintett rák gyógyítást a szintén fejlődésnek indult sebészettel alkalmazva már sok betegnek segített.

A gyors fejlődésnek az első világháború vetett véget, de kiváló magyar szakemberek újra élesztették. Kiemelkedő sugárterápiás helyek volt: Főváros Rádium Osztálya (a későbbi Uzsoki utcai kórház), a Rókus kórház és az 1936-ban alapított Eötvös Loránd Rádium és Röntgen Intézet (az Országos Onkológiai Intézet elődje. Itt kezdte a pályáját Bozóky László későbbi akadémikus, akinek kiemelkedő szerepe volt a II. világháború ütötte sebek begyógyításában is és a hidegháborús embargó hatásainak enyhítésében. A háború után a mesterséges izotópok és a részecskegyorsítók alkalmazásával új helyzet állt elő. Bozóky új terápiás készülékeket alkotott és a sugárvédelem területén is vezető szerepet játszott. A rendszerváltás után a fejlett nyugati technika és módszerek gyorsan alkalmazásba kerültek és ma a hazai sugárterápia a legmodernebb készülékekkel és módszerekkel dolgozik és jelentős számú fizikus dolgozik a területen.

Az előadás gazdag képanyaggal mutatja be a fentieket.

PDu1.1. Műkedveléstől a kutatásig - projektlehetőségek a fizikaoktatásban

Szeidemann Ákos

Eötvös József Gimnázium és Kollégium, Tata

Bár a nemzetközi és a hazai fizikatanítás is komoly gondokkal küzd (mint pl. tanárutánpótlás, motiválás), a tanítási gyakorlatban mégis – vagy pont a megoldást keresve - mutatkoznak olyan trendek, amelyek részben segíthetik a nehézségek könnyítését. A munka világából „átemelt” iskolai projektek általában a valós problémamegoldást modellezik: egyénileg vagy kis csoportokban próbálunk választ találni nyílt végű kérdésekre. Emellett izgalmas lehet műveltségterületek összekapcsolása is, mutatva, hogy a vizsgálatunk tárgya sok esetben nem korlátozódik egyetlen tantárgy ismeretanyagára. Ezen módszerek, témák, tanulási keretek jógyakorlatként való elterjesztése fontos feladat, ezért az előadásomban mutatok néhány általam ismert, kipróbált példát. A projektek többféle célt szolgálhatnak, ezért meg kell találni a helyüket az oktatásban. Más a feladatunk a középiskola első és utolsó éveiben, de más egy humán és egy reál irányultságú csoportban is. A vers-grafika-fizika fantázianevű iskolai együttműködés, a klímaváltozás technológiája (Erasmus+ nemzetközi együttműködés keretében), az ún. kutatási napló (MTA-ELTE

Kutatócsoport keretein belül), valamint a projektérettségi a tanulók számára nem szokványos munkaformákat, nem triviális készségek fejlesztését, számomra pedig új felismerések megfogalmazását hozták magukkal. Ezeket a tapasztalatokat kötöm csokorba a vándorgyűlés hallgatósága számára.

PDu1.2. Számítógépes és telefonos tanulói kísérletek a gimnáziumban

Kopasz Katalin

SZTE TTIK Fizikai Intézet, SZTE Báthory István Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola

Az elmúlt években örvendetes módon megnőtt azon fizikatanárok száma, akik számítógéppel segített kísérleteket és méréseket végeznek. (Az utóbbi években az érettségi mérések között és a Oktatási Hivatal által kiadott tankönyvekben is megtalálhatóak ezek a mérések.) Bízva abban, hogy egyre többen fogják használni a digitális adatgyűjtés és mérés lehetőségét, előadásomban röviden áttekintem, milyen méréselméleti ismeretekre van szükség ahhoz, hogy magabiztosan és elvi hibáktól mentesen kísérletezhessünk a fizikaórán. A hangsúly ezúttal azokon a kísérleteken lesz, amelyeket a tanulók is elvégezhetnek, vagy ha az adatgyűjtés demonstrációs mérés keretében történik is, legalább a feldolgozás során aktív részesei lehetnek a diákok a méréseknek.

Saját oktatási tapasztalataim mellett áttekintem a hazai és nemzetközi szakirodalomban megjelent publikációkat is, hogy minél szélesebb körű ötletgyűjteményt tudjak megosztani az érdeklődőkkel. Az okostelefonos mérési lehetőségek közül a phyphox (<https://phyphox.org/>) alkalmazást helyezem előtérbe. A videófelvételek elemzéséhez használt Tracker adatelemző szoftverrel (<https://opensourcephysics.github.io/tracker-website/>) szerzett tapasztalataimat is megosztom. A számítógépes adatgyűjtő eszközök esetében kitérek a kereskedelmi forgalomban készen kapható oktatási mérőeszközökre, ezek közül is a Pasco (<https://www.pasco.com/>) vezeték nélküli rendszerére, valamint az egyre szélesebb körben elérhető mikrovezérlők és szenzorok alkalmazásával végezhető kísérletekre, különös tekintettel az Arduino (<https://www.arduino.cc/>) egylapos számítógéppel szerzett iskolai tapasztalatokra.

PDu1.3. Demonstrációs, illetve mérési célú kísérletek készítése

Borbély Venczel

Technoorg Linda Kft.

Fizika szakos tanárként, még egy jól felszerelt szertárban is szükségessé válhat, hogy kísérleti eszközöket készítsünk. Más szempontok szerint dolgozunk az eszköz megtervezése és elkészítése során, ha tudjuk, hogy demonstrációs, vagy mérési céllal készítjük a kísérletet. A demonstrációs kísérleteknél a látványos működés és kinézet az elsődleges, a mérési célú kísérleteknél az előbbiek mellett fontos a kellő pontosság, megbízhatóság és az ismételhetőség is. Előadásomban bemutatok néhány általam készített, órán vagy versenyen használt kísérletet, és reflektálok a használatuk során tapasztalt élményekre, illetve nehézségekre.

PDu2.1. Attofizikai kísérleti eredmények az ELI ALPS-ban

Major Balázs

SZTE, ELI-ALPS

A 2023-as Fizikai Nobel-díj odaítélésével az attofizika és eszközparkja mind a tudományos, mind a magyar közélet középpontjába került [1]. Azon kísérleti módszerek, “amik lehetővé teszik attoszekundumos fényimpulzusok előállítását, és így az anyagban lezajló elektronmozgások

vizsgálatát” [1] jelentik a szegedi ELI ALPS kísérleti eszköztárának magját [2]. Előadásom során olyan friss kísérleti eredményeket mutatok be, amik az attofizika frontvonalához tartoznak, és kivétel nélkül az ELI ALPS által biztosított, világon egyedülálló kísérleti berendezéseknek köszönhetően váltak elérhetővé. Ezek közé tartozik például a mindenki által ismer, a hullám-részecske kettősséget demonstráló kétréses kísérlet időbeli analógiáját szemléltető eredmény [3]. Ezen kísérletben az extrém ultraibolya- és infravörös fotonok által nemesgáz-atomokból kiszakított elektronok kinetikus-energia spektrumában jelenik meg a hullámfüggvények interferenciájából adódó mintázat, amit az alkalmazott femto- illetve attoszekundumos impulzusok jellemzőinek változtatásával dinamikusan kontrollálni tudunk. Ez az eredmény az elképzelések szerint új utakat nyit meg komplex kvantummechanikai rendszerek kontrollálásában, és egy újfajta ultragyors spektroszkópai módszert ad a kutatók kezébe. Az atomi rendszerek mellett az ELI ALPS-ban lehetőség van szilárd anyagok vagy azok felületén lezajló elektrondinamika időbeli vizsgálatára is. Ennek egy példája egy osztrák kutatócsoporttal közösen végzett kísérletsorozat, ahol a világon először tudtunk attoszekundumos időskálán lezajló folyamatokat feltérképezni egy kritályos anyag teljes Brillouin- zónáján belül [4]. A prezentáció során további eredményeket mutatok be az attofizika további szegmenseiből.

[1] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2023/summary/>

[2] M. Shirozhan et al. “High-Repetition-Rate Attosecond Extreme Ultraviolet Beamlines at ELI ALPS for Studying Ultrafast Phenomena.” *Ultrafast Sci.* 4, 0067 (2025).

DOI:10.34133/ultrafastscience.0067

[3] F. Vismarra et al., “Dynamic interference of chirped photoelectrons”, *bírálat alatt* (2025).

[4] A. Bellissimo et al., “Mechanisms and Dynamics of Electron Emission from Graphitic Surfaces: Insights from Correlated and Time-Resolved Spectroscopies”, *DPG Spring Meeting of the Condensed Matter Section (SKM) 2025, Talk O7* (2025). <https://www.dpg-verhandlungen.de/year/2025/conference/regensburg/part/o/session/7/contribution/3>

PDu2.2. Az ELI ALPS kilowatt osztályú, néhány optikai ciklusú lézerei

Börzsönyi Ádám

ELI-ALPS

Előadásomban beszámolok az ELI ALPS nagy átlagteljesítményű, néhány optikai ciklusú lézerrendszerek terén elért fejlesztési eredményeinkről. A 2018-ban Nobel-díjjal kitüntetett csörpölt impulzuserősítés módszerén alapuló lézereink szinte minden lehetséges típusból (szilárdtest-lézer, üvegszál-lézer, illetve optikai parametrikus erősítés) található olyan Szegeden, amely kimeneti paraméterei tekintetében a világ élvonalába tartozik. Általánosságban beszélve az alapvető célunk az, hogy a lézerimpulzusokat minél rövidebb időtartamra és ezzel egyidejűleg minél kisebb térbeli kiterjedésre koncentráljuk össze. Az impulzusok időtartamának rövidítésére posztkompressziós eljárásokat tesztelünk, többpasszos gázcellákkal vagy vékony lemezekkel közelítünk egy optikai ciklus irányába. A térbeli fókuszálhatóság tekintetében jelentős kihívást jelentenek az optikai elemeket érő hatalmas hőterhelés miatt fellépő a nyaláb- és hullámfront torzulások.

Ezekre a problémákra innovatív megoldásokat alkalmazunk, mint például deformálható tükröket és térszűrési megoldásokat. Intézetünk külső felhasználók kísérleteinek végrehajtására jött létre, így a visszajelzések alapján optimalizált rendszereink a kiemelkedő csúcsteljesítmény és impulzusparaméterek mellett a közel ipari szinten stabil és reprodukálható kísérleti feltételeket biztosítanak a tudományos közösség számára.

PDu2.3. Ultragyors szilárdtest- és optikai szállázerek fejlesztése fluoreszcencia élettartam mérésen alapuló (FLIM) mikroszkópiás képalkotáshoz

Szipőcs Róbert

Wigner FK, R&D Ultrafast Lasers Kft.

A FLIM mikroszkópiát már több, mint 20 éve használják az élő rendszerek metabolikus állapotának jellemzésére például az onkológia területén vagy a cukorbetegséggel összefüggő betegségek, illetve gyógyszerkészítmények vizsgálatánál, ahol a sejtekben jelenlevő (tipikusan NAD(P)H-tól származó) autofluoreszcencia élettartamát mérik. Az elmúlt években felmerült annak is a gyakorlati lehetősége, hogy fizikai rendszereket, pl. gyémántban lévő NV- színcentrumok spinállapotait is a FLIM módszerrel mérjük, jellemezzük, amelyek a korábbiaktól eltérő paraméterekkel (működési hullámhossz, ismétlési frekvencia, szinkronkimenet, stb) rendelkező ultragyors lézereket igényelnek.

Előadásunkban a fenti területeken elért újabb eredményeinket mutatjuk be.

PDu2.4. Többciklusú terahertzes impulzusok előállítása optikai egyenirányítással

Tóth György

PTE Fizikai Intézet, Kísérleti Fizika Tanszék

Nagy energiájú terahertzes (THz-es) impulzusok előállításának jól bevált módja a néhány száz fs-os pumpa-impulzusok nemlineáris kristályban történő optikai egyenirányítása. Tökéletes fázisillesztés esetén a keletkező THz-es impulzus időbeli alakja az öt létrehozó pumpa impulzus időbeli intenzitásának deriváltjával lesz arányos. Így érthető, hogy a THz-es impulzusok általában miért egy, vagy közel egyciklusúak. Többciklusú THz-es impulzusok előállításához vagy periodikusan polarizált kristálystruktúrára, vagy a pumpa impulzus időbeli alakjának modulálására van szükség. Az előadásban ezeket a módszereket járom körül és elsősorban numerikus szimulációk révén rámutatok, hogy hatások, illetve impulzusalak tekintetében mely módszerek a legalkalmasabbak többciklusú THz-es impulzusok keltésére.

PDu2.5. Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem

Bozóki Zoltán

SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Metaanyagokkal felskálázott fotoakusztikus rendszerek fejlesztése és alkalmazása az orvosi diagnosztikában és a környezetvédelemben az SZTE Fizikai Intézet által elnyert Hu-rizont kutatási projektekből.

Az NKFIH által 2024-ben kiírt Hu-rizont felhívásra beadott pályázatok közül négy olyan pályázat is nyert, amelyekben az SZTE Fizikai Intézet vagy témavezető, vagy pedig kiemelt fontosságú résztvevő. Az egyik ilyen projektben a szingapúri, a szöuli és a Glasgow-i egyetemmel együttműködésben fotoakusztikus gázkoncentrációmérő-rendszereket fejlesztünk tovább akusztikus és optikai metaanyagok alkalmazásával. A fotoakusztikus módszerhez kapcsolódik a Műtettani Intézet által vezetett, és a Heidelberg-i, valamint a Bécsi Egyetemmel közös projekt, amelyben a módszert biológiai gázok (metán és dinitrogén oxid) valós idejű mérésére alkalmazzuk.

Ennek a projektnek a célja nem invazív diagnosztikai módszer fejlesztése oxigénhiányos állapotok vizsgálatához. Az előadásban ismertetésre kerül a fenti projektek szakmai háttere és tudományos terve.

PDu3.1. A logaritmikus szingularitásoktól mentes hiperboloidális kezdeti adatok előállításáról

Rácz István

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Jól ismert, hogy az általános relativitáselmélet hiperboloidális kezdőérték problémájához tartozó kényszereinek elliptikus egyenletek segítségével előállítható általános megoldásai logaritmikustagokat tartalmaznak. Az előadássorán megmutatjuk, hogy a fizikailag releváns Bondi-energia és impulzusmomentum megkövetelése mellett, a hiperboloidális kezdőérték problémájához tartozó kényszerek általam bevezetett parabolikus-hiperbolikus alakjának általános megoldási nem tartalmaznak logaritmikus szingularitásokat.

Eredményük Penrose, korábban az aszimptotikusan egyszerű terek definíciójában alkalmazott, matematikai feltevéseinek fontos megerősítését adja.

PDu3.2. Numerikusan előállított hiperboloidális kezdőadat szingularitás nélkül

Csukás Károly

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

A gravitációs kényszeregyenletek megoldásai általános esetben szingulárisan terjednek ki a fényszerű végtelenbe. Legutóbbi cikkünkben megmutattuk, hogy ha megoldásnak véges energiája és impulzusmomentuma van, akkor simán terjed ki a végtelenbe.

Az előadás során egy numerikusan előállított kezdőadaton mutatjuk meg, hogy ez az eredmény hogyan jelenik meg praktikusán.

PDu3.3. GRBAlpha: az első magyar asztrofizikai műhold

Pál András

HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

A GRBAlpha, az első magyar asztrofizikai műhold és a világ eddigi legkisebb asztrofizikai méréseket végző műholdja 2025 június elején tért vissza a légkörbe. Ezzel a visszatéréssel egy több mint négyéves, sikeres küldetést zárt le. A műhold küldetése során száznál is több gamma-felvillanást detektált, illetve erősített meg, számottevően hozzájárulva a gamma-felvillanások fizikájának jobb megismeréséhez. Az előadásban bemutatjuk a teljes műholdas küldetés minden aspektusát, a kezdetektől a fejlesztésen, tesztelésen és az üzemeltetésen át a műhold végső pályamenti keringéséig egyaránt - így képet kaphatunk nemcsak a GRBAlpha hanem általában a kisműholdas, műholdas projektek működéséről is.

PDu4.1. Femtoszekundumos lézerek alkalmazása diffraktív struktúrák létrehozására polimer szubsztrátban

Maák Pál

BME Atomfizika Tanszék

Az ultrarövid impulzusok egyedi sajátága, hogy nagy csúcsteljesítmény (több száz kW) mellett a termikus folyamatok időállandóinál sokkal rövidebb időtartamban terhelik a besugárzott mintadarabot. Polimerekben ez a minta fizikai károsodása, égés, buborékképződés nélkül lehetővé

teszi a polimer-monomer átalakulást a bevilágított térfogatban, és így célzott törésmutatóváltozást tesz lehetővé. A végbemenő többfotonos folyamat nagy térbeli lokalizációt is eredményez, csak a fókuszolt környezetre koncentrálva a változást, így a lézernyaláb pásztázásával előre definiált alakzat mentén lehetséges a törésmutató változtatása.

A technikát, amelyet több éve fejlesztünk a BME Atomfizika Tanszéken alkalmazzuk lineáris (diffraktív rácsok) és körkörös (diffraktív lencsék) létrehozására is. A javasolt előadás e technikával kapcsolatos elméleti és gyakorlati eredményekről számol be.

PDu4.2. Időfüggő fluoreszcencia mérés technikák növényélettani és napelem ipari alkalmazásai

Lenk Sándor

BME Atomfizika Tanszék

A növények esetében a fluoreszcencia fénykibocsátása a fotoszintetikus működés egyik komplementer folyamata, amelynek mérésével közvetetten következtethetünk a fotoszintézis hatékonyságára. Előadásomban bemutatom a fluoreszcencia időbeli változásának klasszikus mérési protokollját (Kautsky-kinetika), valamint a rövid (ns alatti) impulzusokkal végzett fluoreszcencia-élettartam mérések eredményeit egyaránt.

Másik jelenleg aktív kutatási irányunk a napelemipari anyagok minősítésére irányul, szintén fotolumineszcencia-mérések alkalmazásával. A fluoreszcencia-élettartam méréseket ebben az esetben újszerű, például szerves, valamint perovszkit kristályszerkezetű anyagokon végezzük.

PDu4.1. Labdázás hideg atomokkal: hogyan mérjük hőmérsékletet, mágneses teret és gravitációt egy ultra-vákuum kamrában?

Vukics András

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Előadásomban bepillantást adok a Wigner FK kvantumoptikai laborjában zajló kísérletekbe, ahol ultrahideg (néhány mikrokelvines) atomfelhők viselkedését vizsgáljuk lézeres és mágneses csapdázással. Megmutatom, hogyan használható ez az érzékeny rendszer a Föld gravitációs és mágneses terének mérésére.

Bemutatom az általunk kifejlesztett „hidegatom-bója” módszert, amellyel a felhő tömegközéppontjának elmozdulását kihasználva becsülhetjük meg a mágneses tér nagyságát egy differenciális mérési technika segítségével. Végül beszélek a kísérlet különlegességét jelentő optikai rezonátor szerepéről, melyet tomográfként használva érzékelni tudjuk a mágnesesen csapdázott atomfelhőre ható gravitációt.

PDu4.2. Fraktálok és fázisátalakulás iterált kvantumprotokollokban

Kiss Tamás

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Egy kétállapotú, nemrelativisztikus kvantumrendszer (vagyis egy kvantumbit) az egyik legegyszerűbb nemtriviális fizikai objektum. Időfejlődését zárt rendszer esetén unitér operátor, nyílt kvantumcsatornában pedig egy CPTP (teljesen pozitív, nyomórzó) leképezés írja le. Ezek a leképezések lineárisak a rendszer állapotára nézve. Ilyen esetben a kezdő kvantumállapotot kissé

megváltoztatva a végállapot sem változik nagyon. A kvantuminformatikai protokollok között azonban ennél általánosabb viselkedés is megjelenhet. Tekintsük azonosan preparált rendszerek sokaságát, amely sokaságot egy kvantumállapottal írhatunk le. Ekkor megtehetjük azt, hogy páronként vesszük a rendszereket, végzünk rajtuk valamilyen műveletet, majd a pár egyik tagját megmérjük. Végül a mérés eredményétől függően megtartjuk vagy eldobjuk a pár másik részét (posztszelekció). Ez a gondolat húzódik a kvantummechanikai összefonódás (entanglement) növelését célzó eljárás, a kvantumállapot-disztilláció mögött is, ilyenkor a sokaságot két- vagy többrészes rendszerek alkotják.

A fenti eljárás iterációja már a legegyszerűbb esetben is nemlineáris, determinisztikus kvantumdinamikához vezethet. A kialakuló komplex káosz eltér mind a klasszikus mechanikában ismert kaotikus dinamikától, mind a szokásos kvantumkáosztól, ahol általában unitér időfejlődést tételeznek fel. A kialakuló dinamika ideális esetben (ahol nincs hiba vagy zaj sem a preparált kezdőállapotokban sem az eljárás többi lépésében) egy n -edfokú komplex racionális törtfüggvény iterációjával írható le. Ezeket a dinamikai rendszereket mintegy 100 éve tanulmányozzák matematikusok, sok eredmény ezek közül jól használható az említett fizikai rendszerek viselkedésének megértésére. Például megvalósítható az ún. Lattès map vagy kirajzolódhat egy szép, fraktáldimenziós Julia-halmaz (vagy akár egy Mandelbrot halmaz is) a kvantumbitet reprezentáló Bloch-gömb felszínén.

A fizikai megvalósítás során nem tekinthetünk el a zajtól, hibáktól. A legegyszerűbben figyelembe vehető zaj az, ami a kezdőállapotban van jelen. Ekkor szemléletesen a Bloch-gömb belseje reprezentálja a kevert állapotokat, a gömb középpontja felé haladva nő a zaj. Bemutatok egy konkrét esetet, ahol elsősorban numerikus vizsgálatokon alapuló eredményeink azt mutatják, hogy a felszíni fraktál nem tűnik el a zaj hatására. A felszínhez közeli gömbhéjakon a fraktál numerikusan becsült dimenziója állandó marad, majd egy jól meghatározható pont után (ami a gömb belsejében lévő fixpont) hirtelen eltűnik. Hasonló folyamat játszódik le, ha ezt a folyamatot n -ed rendűre általánosítjuk. Más zajtípusokról is említést teszek majd. Nyitott kérdés, hogy mi az a mélyebb matematikai struktúra, ami összeköti a gömb felszínén és a gömb belsejében lejátszódó folyamatot? Egy másik érdekes általánosítás, ha kvantumbitek helyett magasabb dimenziós rendszereket veszünk, ezek lehetnek qubit-párok, qubit n -esek, vagy más rendszerek is, ahol persze szintén megjelenhet a zaj.

PDu4.3. Energia dekompozíció analízis oldószerben

Paragi Gábor

PTE TTK Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék; Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Fizikai Intézet

A Ziegler-Rauk-féle energia dekompozíció analízis (EDA) egy hasznos eszköz molekuláris rendszerek DFT alapú tanulmányozása esetén. Eredeti alakjában a formalizmust vákuumos számításokra vezették be, melyben valamely fragmensek között kialakuló kötési energiát fizikai-kémiai szempontból jól interpretálható energiatagokra bontották fel. Azonban számos esetben a fragmensek közötti kölcsönhatás valamilyen oldószer jelenlétében játszódik le, ahol az oldószert polarizálható dielektrikumként veszik figyelembe (COSMO eljárás).

Előadásomban az eredeti vákuumos Ziegler-Rauk EDA módszer kiterjesztését mutatom be oldószeres esetekre, ahol az oldószer jelenlétét a COSMO segítségével írjuk le.

PDu5.1. Előreszórt részecskék a CMS+TOTEM kísérletben

Siklér Ferenc

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Nagyenergiás ütközésekben a nyalábvonalhoz nagyon kis szögben kibocsátott részecskék észlése, azonosítása speciális detektorokat, komplex adatkiértékelést igényel. Előadásomban - a CMS és TOTEM kísérletek adatain keresztül - az erős kölcsönhatással kapcsolatos új eredményeinket mutatom be.

PDu5.2. Új típusú eseményklasszifikáción alapuló részecskehozamok mérése a CERN ALICE kísérletben

Bencédi Gyula

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Az Európai Nukleáris Kutatási Szervezetnél (CERN) működő Nagy Hadronütköztetőben (LHC) történt nagy végállapotú hadronmultiplicitású (high multiplicity, HM) proton-proton (pp) és proton-ólom (p-Pb) -- összefoglaló nevén: kis rendszerek -- ütközéseiben tanulmányozott azonosított részecskekeletkezés vizsgálatai a közelmúltban váratlan, kollektív-szerű jelenségekre derítettek fényt. Ezen jelenségek korábban csak az ólom-ólom ütközésekben megfigyeltekhez voltak tulajdoníthatók, melyek az erősen kölcsönható kvark-gluon plazma (Quark-Gluon Plasma, QGP) állapot jellemzői. Az, hogy a QGP jelen lehet-e proton-proton ütközési eseményekben, egy napjainkban nagyon aktív kutatási terület. A kis rendszerekben történt eddigi kísérleti mérések alapján kijelenthető, hogy a mai napig még nem figyelték meg a nagy rendszerekre jellemző részecskezáporok energiavesztését. Ez arra enged következtetni, hogy a kis rendszerek kollektív-szerű effektusait megérthetjük tisztán vákuum QCD jelenségek segítségével is, mint amilyen például a sokparton-kölcsönhatás (multiparton interaction, MPI).

A nagy aktivitású eseményekben, mint amelyek egy HM pp ütközésben keletkeznek, a nagy impulzuscsérés (kemény) folyamatok markáns jelenléte miatt a széleskörűen használt MPI-ra érzékeny mennyiségek mérései erősen torzítottak lesznek. Fenomenológiai vizsgálataim [PRD107(2023)076012] és a CERN ALICE együttműködésben a 13 TeV-es tömegközépponti energián rögzített proton-proton adatokon elvégzett kísérleti méréseim eredményei [PRD111(2025)012010] együttesen azt mutatják, hogy lehetséges olyan esemény aktivitást mérő mennyiséget (más néven eseménykalsszfikátort) konstruálni, melynek használatával a torzított kemény fizikai folyamatok hatása jelentősen csökkenthetővé válik. Az előadásban röviden ismertetem egyrészről az ALICE kísérlet eddigi eredményeit, másrészről pedig kitérek ezen új eseményválogatásnak egy további potenciális alkalmazhatóságára is p-Pb ütközésekben [JPhysG51(2024)125003].

PDu5.3. Új eredmények és detektorfejlesztések az NA61/SHINE kísérletnél

Pórfy Barnabás

HUN-REN Wigner FK; ELTE TTK Fizikai és Csillagászati Intézet Atomfizikai Tanszék

Az NA61/SHINE egy fix céltárgyas, sokrétű kísérlet a CERN Szuper Protonsinkrotron gyorsítónál. A kísérletnek három fő programja van: az erősen kölcsönható anyag vizsgálata, hadron-

atommag kölcsönhatások vizsgálata neutrínónyaláb kísérletek számára, valamint kozmikus obszervatóriumok részére. Az előadás az NA61/SHINE erős kölcsönhatás programjának egyes eredményeit mutatja be, mint például HBT sugarak alakulása a rendszerméret és ütközési energia függvényében, mely eredmény hozzájárul az erősen kölcsönható anyag állapotegyenletének feltérképezéséhez.

Ezen felül bemutatunk egy újabban publikált megfigyelést, mely szerint a semleges kaonok hozama jelentősen aszimmetrikus a töltött kaonokhoz képest. Ez a kísérleti eredmény komoly fejtörést okoz az elméleti oldalon az izospin (közelítő)szimmetriával való összeegyeztethetőség szempontjából. Beszámolunk továbbá az általunk fejlesztett cél detektorokról is, melyek közül az egyik a TPC rendszerbeli driftsebesség mérését szolgálja, a másik pedig egy nagy kétrészecske-felbontású speciális TPC kamra, mely kifejezetten a neutrínó program kapcsán lett kifejlesztve.

PDU6.1. Diszperziós relációk, disszipáció, folyamatok csatolása

Márkus Ferenc

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Fizika Tanszék

Az egyes folyamatok leírásában különböző rendű és típusú differenciálegyenletek jelennek meg. Miközben akár több folyamat is egyidejűleg végbemehet a vizsgált közegen belül, ezek egymásra hatásának leírását az egyenletek szerkezete önmagában is megnehezíti. A termikus és elektromágneses terek kölcsönhatásában vizsgáljuk meg, milyen lehetőség kínálkozik a két tér csatolásának megvalósításához.

Köszönetnyilvánítás: A szerző köszönetét fejezi ki az OTKA K137852 és 149457, valamint a TKP2021-NVA-02 és TKP2021-EGA 02 pályázatok támogatásáért.

PDu6.2. Egy érthetőbb termodinamika

Martinás Katalin

ELTE (nyugalmazott egyetemi docens)

Az energia a köznyelvben a munkavégző képesség, míg a termodinamikában ez a fogalom nem szerepel. A munkavégző képességet a kinyerhető maximális mechanikával definiálva nemegyensúlyi állapotjelzőket kaphatunk, amelyek bevezetésével használhatóbb és érthetőbb lesz a termodinamika.

Az első a rezervoárban lévő rendszer munkavégző képessége. Exergiának nevezik, és széles körben használják. Az energiaválság fizikailag korrekt megfogalmazására az exergia válságot javasoljuk.

PDu6.3. Az anyagszerkezet és a dinamikai hővezetési paraméterek kapcsolatának vizsgálata

Fehér Anna Éva

BME, Gépészmérnöki Kar, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

A kutatás célja egy effektív egydimenziós modellt felépítése annak érdekében, hogy a már jól ismert hőimpulzuskísérleteket lehessen modellezni. Az ilyen modellek segítségével pontosabb képet kaphatunk a különböző anyagokban lejátszódó hővezetési folyamatokról és az azokban fellépő különböző hatásokról. Ehhez különféle, jól ismert belső struktúrájú, zárt cellás, fiktív „habokat” készítünk elő és modellezünk. Ezek a minták változatos belső szerkezetekkel rendelkeznek (üreg mérete, azok elhelyezkedése, kitöltő anyag), ami lehetőséget ad arra, hogy alaposan tanulmányozhatóak legyen a különböző anyagszerkezetek hővezetési tulajdonságai. A numerikus modell segítségével megvizsgálható, hogyan hat a belső szerkezet a hővezetési egyenletek által adott extra termikus paraméterekre, illetve hogyan jelennek meg a nem-Fourier effektusok ezekben az anyagokban. A felépített effektív 1D numerikus modell számára bemeneti adatként a már jól ismert hőimpulzuskísérletből megkapott hőmérsékleti karakterisztikákat állíthatunk elő többféle belső szerkezetű, megadott paraméterekkel rendelkező zárt cellás habminták esetére, majd egy felépített numerikus módszer alkalmazható ezen hőmérsékleti adatsorokra. Ennek célja, hogy a minták teljes belső szerkezeteinek ismeretében hővezetési modellek paramétereit megkapva a későbbiekben egy ismeretlen belső szerkezetet meg tudunk jósolni a modellek által megadott paraméterek tekintetében.

A cél az, hogy megtaláljuk az összefüggéseket a belső szerkezetből adódó tulajdonságok és a hővezetési egyenletek extra termikus paramétereit között. A kutatás eredményeképpen nem csupán egy egyszerű modell felépítésére számíthatunk, hanem lehetőségünk nyílik arra is, hogy a különféle ismert szerkezeti tulajdonságok figyelembevételével összetett struktúrájú anyagokat modellezzünk.

PDu6.4. Többmezős hp-verziós végeselemes keretrendszer kifejlesztése irreverzibilis termodinamikai modellek megoldására

Tóth Balázs

egyetemi docens, Műszaki Mechanikai Intézet, Miskolci Egyetem

Ebben az előadásban új, többmezős variációs elveket mutatok be a következő termodinamikai modellek megoldására: (i) a ballisztikus rendszerre, (ii) a Guyer-Krumhansl-féle hővezetési modellre és (iii) a Maxwell-Cattaneo-Vernotte modellre. Ezek az irreverzibilis termodinamika

egyes elméleti modelljeihez illeszkednek, ahol a hőmérséklet, a hőáram és a hőáramsűrűség önálló mezőváltozóként jelenik meg. Az így kapott variációs megközelítések képezik a matematikai alapját annak az új, vegyes-mezős hp-verziós végelemcsaládnak, amely képes a hőmérsékletválasz-függvények megbízható és hatékony numerikus modellezésére. A kifejlesztett végeselemes keretrendszer alkalmazhatóságát és teljesítőképességét két hőimpulzusos kísérletre fogom tesztelni, melyet az időben (1) szinuszosan változó lézerimpulzus hevítés, valamint az időben (2) négyszögjel-alakú (lépcsős) lézerimpulzus-sorozat példáján keresztül fogom szemléltetni. Az eredmények alapján elmondható, hogy stabil, oszcillációmentes hőmérsékletválasz-függvények nyerhetők nemcsak a ballisztikus rendszerre és a Maxwell-Cattaneo-Vernotte modellre, hanem a Guyer-Krumhansl modell különböző paraméterbeállításaira is.

SzoDe1.1. Az akusztikus emisszió összetétel-függése nifegaco ötvözetek szuperelasztikus deformációja során

Tóth Zoltán László¹, Daróczi Lajos¹, Ekaterina Timofeeva², Elena Panchenko², Yury Chumlyakov², Beke L. Dezső¹

¹ Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Fizikai Intézet, Szilárdtest Fizikai Tanszék

² Siberian Physical Technical Institute, Tomsk State University, Russia

A "strain glass" az alakemlékező ötvözeteknek egy olyan állapota, amely helyi feszültségkonfigurációkat tartalmaz, és atomi szinten összefonódott, rendezett és rendezetlen tartományokból áll, amelyek között nincsenek éles határfelületek. Ebben az esetben a szuperelaszticitás egy feszültség által kiváltott, folyamatosan változó, rendezett megnyúlás-tartományokkal áll összefüggésben. Ez szemben áll a hagyományos szuperelasztikus viselkedéssel, ahol a mechanikai feszültség hatására elsőrendű fázisátalakulás történik, amelyet a martenzit magképződése és az ausztenit/martenzit határfelületek szakaszos mozgása kísér.

A Ni_{54-x}Fe₁₉Ga₂₇Cox ötvözetekben az Ms (martenzit start) hőmérséklet csökken a Co-tartalom növekedésével, és a rendszer strain glass átmenetet mutathat (a „befagyás nélküli” állapotból a „befagyott” állapotba hűtés hatására), vagy az üvegesedési hőmérséklet fölött feszültség hatására kialakulhat egy hosszú távon rendezett feszültségállapot („szuperkritikus szuperelaszticitás”).

Nyomóvizsgálatokat végeztünk szobahőmérsékleten, egykristály Ni_{54-x}Fe₁₉Ga₂₇Cox mintákon, ahol a kritikus Co-tartalom, amely fölött a strain glass viselkedés megjelenik, $x_c = 10,5$ at%. Három mintát vizsgáltunk: Co6 (jóval a kritikus érték alatt), Co10 (a kritikus érték közelében), és Co15 (jóval a kritikus érték fölött). A nyomóvizsgálat közben akusztikus emissziós (AE) méréseket is végeztünk, a szenzort a minta közelében rögzítve.

Az akusztikus emisszió intenzitása és aktivitása összhangban állt a várakozásokkal, a hagyományos feszültség-deformáció görbék alapján: az AE események a martenzit hirtelen kialakulásához és a határfelületek szakaszos mozgásához kapcsolódtak $x < x_c$ esetén, mivel a feszültség-deformáció görbék éles hiszterézist, jelentős platót és véges hiszterézist mutattak. Ezzel szemben a kritikus összetétel fölött a feszültség-deformáció görbék simák voltak, szinte hiszterézis nélkül.

$x < x_c$ esetén az akusztikus emisszió szintje és aktivitása magas volt, hasonlóan a korábbi AE eredményekhez a hagyományos szuperelasztikus átalakulások során, míg a befagyott strain glass állapotban csak szórványos, alacsony intenzitású zajt észleltek. Ez arra utal, hogy a feszültség alig képes AE lavínakat kiváltani a hosszú távon rendezett martenzit tartományok (variánsok) kialakulása során. A zaj további statisztikai jellemzőit, korrelációit és hőmérsékletfüggését a prezentáció során részletesen ismertetem.

SzoDe1.2. Deformációs instabilitások: paradigmaváltás a plaszticitás elméletekben

Groma István

ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék

Hagyományosan a plasztikus deformációt úgy képzeljük, hogy az egy sima sok szempontból egy lamináris folyadék áramláshoz hasonló folyamat. Ez a kép igen jól működik a gyakorlatban fontos esetek egy jelentős részében. Ugyanakkor az utóbbi 20 év során kiderült, hogy ha a nanométeres skálán nézünk bele a deformáció folyamatába akkor ez az egyszerű kép egyáltalán nem igaz.

Ma lehetőség van mikrométer méretű mintákat kifaragni és azokat egy SEM-ben megfelelő mikrodeformációs berendezéssel deformálni miközben nyomon tudjuk követni az alakváltozást és detektálni tudjuk az akusztikus emissziós jeleket is. Az tapasztaljuk, hogy a deformáció lavinaszerű folyamatok egymásutánjaként valósul meg. Az találjuk, hogy ennek következtében a fluktuációknak a makroszkopikus plaszticitás elméletekben is fontos szerepe kell legyen. Ezt korábban semmilyen módon nem vették figyelembe.

Az előadás első felében bemutatunk az ELTE-n elvégzett számos ilyen deformációs kísérletet, valamint számítógépes szimulációs eredményt. Ezután áttekintjük, hogy a diszlokációk statisztikus térelméletébe hogyan illeszthető be ez a jelenség.

SzoDe1.3. A Raman-spektroszkópia különböző alkalmazási lehetőségei debreceni tapasztalatok alapján

Csarnovics István¹, P. Tóth², E. Kókai², L. Virág², T. Vácz³, M. Veres³

¹Kísérleti Fizikai Tanszék, Fizikai Intézet, Természettudományi és Technológiai Kar, Debreceni Egyetem

²Orvosi Vegytani Tanszék, Orvostudományi Kar, Debreceni Egyetem

³Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet, Wigner Fizikai Kutatóközpont, HUN-REN Magyar Kutatási Hálózat

A Raman-spektroszkópia a rezgési spektroszkópia egy ága, amely lehetővé teszi a különféle kémiai és biológiai anyagok nagy érzékenységgű szerkezeti azonosítását egyedi rezgési jellemzőik alapján, mindezt a minta roncsolása nélkül. A Raman-spektroszkópia hatékony eszköz analitikai vizsgálatokhoz, de a Raman-jelek alacsony intenzitása a módszer jelentős hátránya. Az előadás bemutatja a Raman-spektroszkópiával kapott eredményeket különböző területeken: anyagjellemzés, mikroműanyagok, fogászati anyagok, vér és rákos sejtek elemzése. Bemutatja a módszer alkalmazásának sajátosságait, valamint azt, hogyan lehet a módszer jelét erősíteni.

A Raman-spektroszkópia a molekulák rezgési ujjlenyomatát érzékeli. Mivel rendkívül érzékeny a kötési konfigurációkra, lehetővé teszi a szöveti és sejttes alkotóelemek meghatározását szubcelluláris szinten. A fehérjék és lipidek eloszlása a sejtekben kizárólag a szén-hidrogén rezgések hullámszám-tartományának felhasználásával térképezhető fel. A gyors, Raman-alapú képalkotó technikák lehetővé teszik a különböző intracelluláris folyamatok nagy időbeli felbontással történő nyomon követését. A Raman-spektroszkópia és a különböző rákos sejtvonalak képalkotása lehetővé teszi a kulcsfontosságú anyagcsere-folyamatok, a gyógyszerfelvétel és más releváns paraméterek gyors azonosítását és monitorozását. Ez a technika lehetővé teszi a rákos sejtek jellemzőinek részletes elemzését komplex és időigényes előkészítési lépések nélkül.

A felületerősített Raman-szórás (SERS) módszerrel fokozható a fény-anyag kölcsönhatás a Raman-folyamat során, főként nanostruktúrákon keresztül. A SERS-folyamat erősítése a

nanorészecskék anyagától, alakjától és geometriai paramétereitől, valamint a gerjesztési hullámhossztól és a kiválasztott analit jellegétől függ. Különböző nanostruktúrákat (nanoszigetek, nanorészecskék, nanofák) hoztak létre és elemeztek, és paramétereiket optimalizálták a nagyobb erősítési tényező elérése és a kiválasztott analit kimutatási határának meghatározása érdekében. A különböző létrehozási módszereket az érzékelési alkalmazás szempontjából is összehasonlítottuk. A SERS egy gyakran használt technika a Raman-jel fokozására, amely lehetővé teszi alacsony koncentrációjú minták elemzését, vagy akár egyetlen molekula kimutatását is. A SERS-effektus akkor fordulhat elő, ha az analit egy nanoskálájú szerkezetű fémfelület közelében van. Optimális paraméterekkel rendelkező fémfelületek használatával a Raman-jelek intenzitása több nagyságrenddel növelhető.

SzoDe1.4. Anodizált A356 alumíniumötvözetek keménységi profiljának vizsgálata in-situ nanoindentációval

Musza Alexandra², Ugi Dávid¹, Nguyen Quang Chinh¹, Vida Ádám^{1,2}

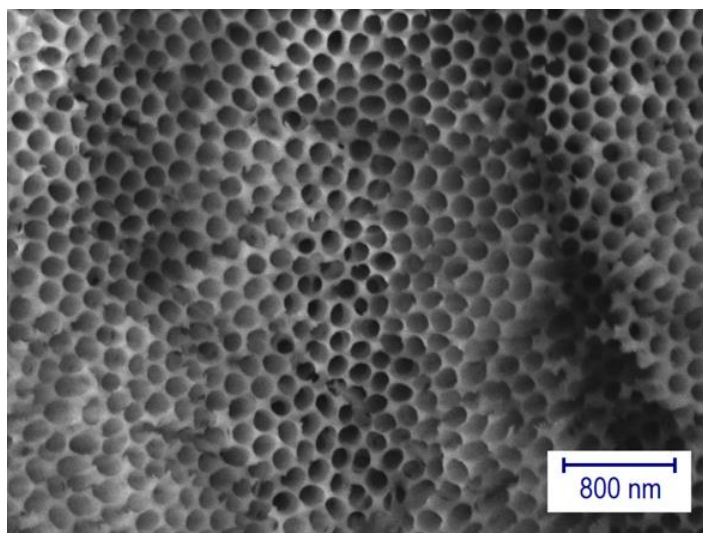
¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék, Budapest

²Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

Az anodizálás hatékony módszer az alumíniumötvözetek, különösen az A356 típusú ötvények mechanikai és tribológiai tulajdonságainak javítására. Jelen kutatás célja a kénsavas és oxálsavas anodizálással előállított oxidrétegek keménységi profiljának összehasonlítása in-situ nanoindentáció segítségével. A vizsgálatok során feltártuk a rétegvastagság, a porozitás, valamint a mikroszerkezeti heterogenitás és az ötvözőelemek (pl. Si és Mg) hatását a keménységre. A pásztázó elektronmikroszkóppal kombinált mérések lehetővé tették a barrier és porózus rétegek elkülönített mechanikai jellemzését.

Eredményeink szerint a rétegszerkezet jelentősen függ az anodizálási paraméterektől, különösen az alkalmazott áramsűrűségtől, amely a porozitás mértékén keresztül befolyásolja a lokális keménységértékeket. A réteg vastagsága és összetétele összetett kölcsönhatásban áll az iontranszport mechanizmusokkal és az ötvözet mikroszerkezetével, amelyre a nanoindentációs mérések során tapasztalt deformációs mintázatok is rámutatnak.

A kutatás hozzájárul az anodizált alumínium ötvözetek optimalizált felületkezeléséhez ipari alkalmazások, például súlycsökkentett féktárcsák fejlesztése céljából.



SzoDe1.5. Bór, szén, és nitrogén tartalmú kétdimenziós anyagok szintézise Ir(111) felületen

Óvári László^{1,2}, Halasi Gyula^{1,3}, Oláh Nikolett¹, Vass Csaba¹, Gábor Bence¹, Berkó András², Kiss János², Dombi Péter^{1,4}, Kónya Zoltán^{2,3}

¹ELI-ALPS

²HUN-REN Reakciókinetikai és Felületkémiai kutatócsoport

³SZTE-Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

⁴HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

A legismertebb kétdimenziós anyag, a grafén vezető jellegű, míg a vele izoelektronos és szintén méhsejt szerkezetű hexagonális bór-nitrid (h-BN) szigetelő tulajdonságú. Irodalmi adatok arra utalnak, hogy a grafén és h-BN kevert BCN rétegei félvezetők, melyben a tiltott sáv méretét hangolni lehet az összetétel változtatásával. Az előállítás során jelentős nehézséget okoz, hogy a grafén és a h-BN termodinamikailag fázisszeparációra hajlamos, így atomi szinten kevert és rendezett BCN monorétegek sáv szerkezete kísérleti oldalról még nem ismert.

Munkánk során B₂C₂N₂ gyűrűt tartalmazó ciklohexán származék magas hőmérsékletű bontásával kíséreltünk meg rendezett BCN monoréteget előállítani Ir(111) felületen különböző hőmérsékleteken. Strukturális analízisre kisenergiájú elektron diffrakciót (LEED) alkalmaztunk, míg a lokális kémiai környezetet XPS segítségével, az elektron sáv szerkezetet pedig NanoESCA momentum mikroszkóppal határoztuk meg.

Tapasztalataink megerősítették a fázisszeparációra való hajlamot alacsonyabb hőmérsékleteken (650 °C – 750 °C). A hőmérséklet emelésével azonban a kétdimenziós BCN réteg egyre inkább nitrogénhiányossá vált, és azok a B atomok, amelyek emiatt nem tudtak BN fázisba beépülni, a szén atomokkal keveredve méhsejt szerkezetű bór-karbidot hoztak létre. Ez arra utal, hogy a felület jelenléte olyan struktúrájú bór-karbidot is képes stabilizálni, ami tömbi fázisban nem létezik, és potenciálisan újszerű tulajdonságokkal rendelkezhet.

SzoDe2.1. Romboéderes grafit előállítása és vizsgálata

Márit Krisztián^{1,2}, Kandrai Konrád^{1,3}, Nemes-Incze Péter¹

¹HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

²Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest, Magyarország

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A kondenzált anyagok fizikájának egyik kiemelt területe a topologikus lapos sávokban, például Landau-nívókban vagy „mágikus szögben” csavart kétrétegű grafénben megjelenő korrelációs hatások vizsgálata. A romboéderes grafit (RG) azért különösen figyelemre méltó, mert szimmetriával védett lapos sávokat hordoz moiré-szuperrácsok nélkül, így egyszerűbb lehetőséget kínál a sokrészecskés hatások tanulmányozására, főleg a több grafénréteget tartalmazó minták esetében. Ugyanakkor az RG előállítása és azonosítása eddig komoly akadályt jelentett e viszonylag egyszerű 2D kristály tulajdonságainak feltérképezésében.

Bemutatom, hogy a természetes hexagonális grafit a jól ismert mechanikai exfoliációs módszer enyhe módosításával átalakítható romboéderes (ABC rétegrendű) grafitá. Statisztikai vizsgálatokkal igazolom, hogy az általam kidolgozott módszer hatékonyan növeli az ABC grafit létrejöttének valószínűségét. Emellett a lehető legpontosabb és legmegbízhatóbb statisztikai értékelés érdekében kifejlesztettem egy új metrikát, amely megbízhatóan eldönti egy mintáról, hogy

tartalmaz-e romboédeses grafitot. Továbbá megmutatom, hogy elektronszerkezeti Raman-szórás felhasználva meghatározhatjuk a pontos rétegrendet.

SzoDe2.2. Egy energiasáv topologikus finomszerkezete

Hui Liu¹, Cosma Fulga^{2,3}, Emil J. Bergholtz¹, János K. Asbóth^{4, 5,6}

¹Stockholm University

²IFW Dresden

³Würzburg-Dresden, Cluster of Excellence ct.qmat

⁴BME Elméleti Fizika Tanszék, Budapest

⁵HUN-REN Wigner FK, Budapest

⁶HUN-REN-BME-BCE Quantum Technology Research Group, Budapest

Kétdimenziós szilárdtestek egy-egy sávját, mint az ismert, a topológia meg tudja védeni az Anderson-lokalizációtól: ha a sáv Chern-száma nem nulla, akkor a sáv "robosztus", azaz gyenge rendezetlenség nem tudja a teljes sávot lokalizálni, kell legyen legalább egy kiterjedt állapot, ami "viszi a Chern-számot". Itt [1] azt mutatjuk meg, egy szoros kötésű modellen, hogy nulla Chern-számú sáv is lehet robosztus: generikus gyenge rendezetlenség mellett a sávban legalább két kiterjedt állapot marad, amik +1, ill. -1 Chern-számot visznek. Más szóval, a sávnak "topologikus finomszerkezete" van. A szoros kötésű modellünk egy topologikus fém [2], ami egy kétsávos Chern-szigetelőhöz gyengén csatolt atomi szigetelőlől áll.

Az atomi szigetelőlől származó középső sáv topologikus finomszerkezetét többféle elméleti eszközzel mutatjuk ki: vezetési számolásokkal, a szórás mátrix visszaverődési részének csavarodási számával [3], ill. a "lokalizátorindexszel" (localizer index) [4]. Ez utóbbi mennyiséggel rendezetlenség nélkül is fel lehet fedni a topologikus finomszerkezetet.

[1]: H Liu, IC Fulga, EJ Bergholtz, JK Asbóth: *Topological fine structure of an energy band*, arXiv:2312.08436 (2023)

[2]: DL Bergman, G Refael, "Bulk metals with helical surface states", *Phys. Rev. B* 82, 195417 (2010)

[3]: IC Fulga, F Hassler, AR Akhmerov: "Scattering theory of topological insulators and superconductors", *Phys. Rev. B* 85, 165409 (2012)

[4]: A Cerjan and TA Loring: "Local invariants identify topology in metals and gapless systems", *Phys. Rev. B* 106, 064109 (2022)

SzoDe2.3. Felületi instabilitások ferroelektromos nematikus folyadékokban

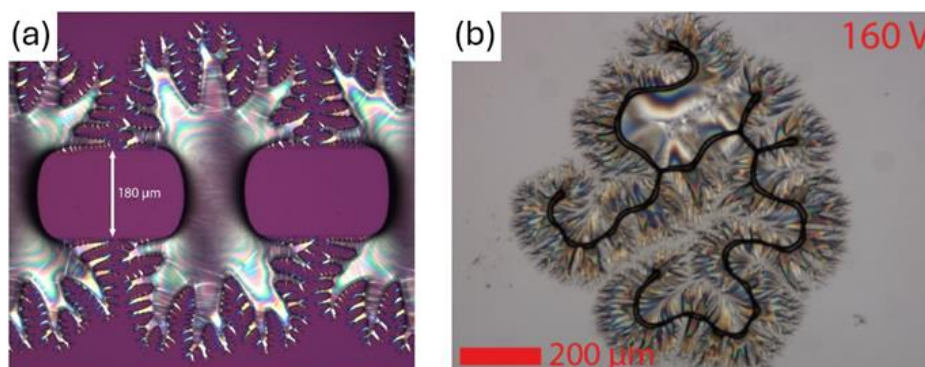
Máthé Marcell Tibor¹, Péter László¹, Buka Ágnes¹, Jákli Antal^{1,2}, Salamon Péter¹

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

²Kent State University, Kent, USA

A nemrég felfedezett ferroelektromos nematikus folyadékkristály olyan alacsony viszkozitású folyékony anyag, mely a hosszú távú orientációs rendezettség mellett a szilárd ferroelektromos kristályokhoz hasonló nagyságú spontán elektromos polarizációt mutat. A ferroelektromos nematikus anyagok következképpen rendkívül érzékenyek az elektromos mezőkre, az effektív relatív permittivitásuk tízezres nagyságrendű. Az előadás tárgya, hogy az efféle ferroelektromos folyadékok szabad felülete elektromos mezőkben instabillá válik, és az alkalmazott feszültség

nagyságától és frekvenciájától függően különböző morfológiájú instabilitásokat mutat [1-3]. Az instabilitások éles küszöb feszültségekkel jellemezhetők. Az elsődleges instabilitás az „ágasodás” (1. ábra (a)) mely a folyadék felületének fraktálszerű, tüskés növekedéseként figyelhető meg [1]. A másodlagos „labirintus” instabilitás (1. ábra (b)) a folyadék nagymértékű szétfolyásával jár és labirintusszerű struktúrát eredményez, mely jelenség analógiája megfigyelhető mágneses mezőnek kitett mágneses ferrofluidokban [2]. Továbbá bemutatom, hogy milyen körülmények között figyelhető meg ferroelektromos nematikus cseppekben különlegesen alacsony feszültségek mellett is nagymértékű kontaktszög változás, terület, vagyis a ferro-elektronedvesítés jelensége, melynek a jövőben mikrofluidikai alkalmazásai is lehetségesek.



1. ábra. (a) „Ágasodás” és (b) „labirintus” instabilitás ferroelektromos nematikus folyadékokban.

Hivatkozások:

[1] M.T. Máthé et al., *Scientific Reports* 13, 6981 (2023)

[2] M.T. Máthé et al., *Journal of Molecular Liquids* 413, 126047 (2024)

[3] M.T. Máthé et al., *Nature Communications* 15, 6928 (2024)

SzoDe2.4. Önhajtó részecskerendszer és piezoelektromosság ferroelektromos folyadékokban

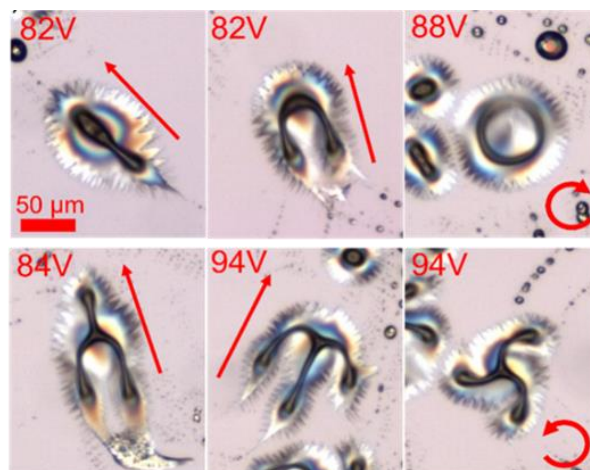
Máthé Marcell Tibor¹, Jákli Antal^{1,2}, Salamon Péter¹

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

²Kent State University, Kent, USA

Az „aktív anyagok”, olyan rendszerek melyekben az alkotóelemek energiafelhasználással mozgásba jönnek, mint például baktérium kolóniák, madárak [1]. Nem csak biológiai rendszer lehet aktív, léteznek mesterségesen előállított aktív anyagok, mint a Janus részecskék, melyekben a mozgási energia kémiai reakciókból származik.

Előadásomban egy újfajta kétdimenziós önhajtó aktív rendszert mutatok be, melyben az aktív részecskék ferroelektromos folyadékkristály cseppek (1. ábra). A ferroelektromos folyadékkristály az anyagok egy új családját alkotja melynek létezését közel 100 évvel ezelőtt megjósolták, kísérleti úton azonban csak 2017-ben sikerült előállítani. Ez a folyadékkristály fázis spontán elektromos polarizációval rendelkezik és emellett háromdimenziós folyadéknak tekinthető. A spontán polarizációnak köszönhetően rendkívül érzékeny az elektromos térre, melynek hatására különféle felületi instabilitások figyelhetők meg benne, melyek közül egyik az önhajtó viselkedés [2].



1. ábra. Ferroelektromos folyadékban elektromos tér hatására megfigyelhető önhajtó részecskék.

Minden ferroelektromos kristály egyben piezoelektromos is, ami a tükrörszimmetria hiányából következik. A piezoelektromos effektus során a mechanikai deformáció feszültséget indukál, illetve fordított esetben elektromos feszültséggel lehet deformációt létrehozni. Vajon a ferroelektromos folyadékokban is megfigyelhető ez az effektus és ha igen, milyen körülmények között? Előadásomban ezekre a kérdésekre is fény derül, ahogy arra is, hogy milyen kapcsolat áll fenn a piezoelektromosság és az aktív önhajtó részecskék között [2,3].

Hivatkozások:

[1] C. Bechinger et al., *Rev. Mod. Phys.* 88, 045006 (2016)

[2] M.T. Máthé et al., *Nature Communications* 15, 6928 (2024)

[3] M.T. Máthé et al., *Advanced Functional Materials* 34, 2314158 (2024)

SzoDe2.5. Vékonyrétegek és nanoszerkezetek Raman-spektroszkópiás jellemzése

Veres Miklós, Asma Soltanrekhordi, Taleb Alwaraa, Gál Dávid, Nagyné Szokol Ágnes, Zentai Benedek, Holomb Román, Váczi Tamás, Himics László

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

A Raman-szórás egy rugalmatlan szórási folyamat, melynél a közeg karakterisztikus rezgésével való kölcsönhatás a beeső és a szórt foton eltérő energiáját eredményezi. Így a rugalmatlanul szórt fény Raman-spektruma a közeg egyedi rezgési ujjlenyomatának felel meg, amiből következtetni lehet annak összetételére, szerkezetére, topológiájára, és más paramétereire. A kötősszerkezet változásaira való nagy érzékenysége, roncsolásmentes jellege és a mérés egyszerűsége miatt a Raman-spektroszkópiát a modern tudomány és technika számos területén alkalmazzák.

Az előadásban rendezetlen és rendezett vékonyrétegeken és nanoszerkezeteken végzett Raman-spektroszkópia méréseinkből vett példákon keresztül szeretnénk bemutatni a módszer alkalmazási lehetőségeit. A réteg növekedésének különböző szakaszaiban végzett Raman-vizsgálatok lehetővé teszik a nanokristályos gyémánt és kalkogenid vékonyrétegek kialakulásának monitorozását, és az előállítási paraméterek és a szerkezet közötti összefüggések feltérképezését. A kristályos szerkezeti egységek kis félértékszélességű Raman-csúcsainak eltolódása információt nyújt a belső feszültség alakulásáról a rétegben és akár a hordozóban is. De nyomon követhetők a külső behatásra, például megvilágításra, hőkezelésre fellépő szerkezeti változások is.

SzoDe2.6. Szilárdtestbéli ponthiba-kvantumbitek spin-pálya-fonon relaxációs folyamatai

Thiering Gergő¹, Gali Ádám^{1,2}

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Magyarország

A gyémántban és hasonló anyagokban létrehozott optikailag aktív paramágneses ponthibák bizonyítottan egyfoton forrásként, illetve kvantumbitként viselkednek. Ilyen kvantumbit a $S=1$ spinű nitrogén-vakancia (NV) centrum gyémántban, amelyben két szénatom helyére kerül egy nitrogén. Azonban kvantumtechnológiai alkalmazásokhoz elengedhetetlen, hogy az adott kvantumbit élettartama, illetve koherenciaideje is elegendően hosszú legyen koherens manipulációhoz. Amennyiben a magmomentumok hatása elhanyagolható (pl. ^{12}C magspinnel nem rendelkező izotóp dúsításával), az elektronspin relaxációja tipikusan fononok hatására történik. Ezt már a 60-as években leírták „Spin-lattice relaxation” elmélet néven, mely pl. az EPR (elektron-paramágneses rezonancia) ún. Orbach relaxációját is magyarázza.

Az utóbbi években lehetségessé vált (lásd. pl. A. Lunghi munkásságát) a spin-fonon mátrixelemek számítása első elvekből, mellyel a kvantumtechnológiai alkalmazásokhoz elengedhetetlen spin relaxációs (T_1), spin-koherencia (T_2 , T_2^*) idők közvetlen első elvű szimulációja is elérhetővé vált. Ennek érdekében sűrűségfüggvény-elméleten alapuló elektronszerkezet számítások illetve kísérleti mérések segítségével beláttuk, hogy egy 68 és egy 167 meV-os lokális rezgési módus (fonon) csatolásával jól leírható az NV centrum hőmérsékletfüggő spin-relaxációja [2].

Előadásomban az előbb említett spin-fonon relaxáción túl, más folyamatokat is érintek, pl. spin-pálya, illetve elektron-fonon (Jahn-Teller) kölcsönhatások indukálta elektronspin vagy ^{14}N magspin relaxációt.

[1] *Quantum computing with defects* J. R. Weber et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 19, 8513–8518 (2010)

[2] *Temperature-Dependent Spin-Lattice Relaxation of the Nitrogen-Vacancy Spin Triplet in Diamond* M. Cambria, A. Norambuena, H. Dinani, G. Thiering, A. Gardill, I. Kemeny, Y. Li, V. Lordi, Á. Gali, J. Maze, S. Kolkowitz. *Phys. Rev. Lett.* 130, 256903 (2023)

SzoDe3.1. Rendhagyó módszerek kvantumáramkörök tanításában

Rakya Péter

ELTE TTK Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

A kvantum gépi tanulás napjaink rohamosan fejlődő és növekvő tudományterülete, amely ötvözi a kvantuminformatika és a klasszikus gépi tanulás elveit összetett problémák megoldásának reményében. A kvantumszámítás két újszerű erőforrással bővíti a matematikai problémák megoldására alkalmazható eszközök táráát. A szuperpozíció és az összefonódás lehetővé teszik a kvantumszámítógépek számára, hogy olyan módon dolgozzák fel az információkat, amely alapvetően különbözik a klasszikus számítógépektől. A kvantum gépi tanulás területén tevékenykedő kutatók ezen erőforrások legjobb felhasználási módszerein munkálkodnak a gépi tanulási algoritmusok teljesítményének javítása érdekében. Ennek vonatkozásában említhető például a variációs kvantum sajátértékmegoldó, amit fizikai rendszerek alapállapotának vizsgálatához alkalmazható.

Kutatási munkánk során a kvantumós gépi tanulás egyik legnagyobb kihívásával, a lapos paraméterterek kezelésével foglalkoztunk. Előadásomban bemutatom a csoportunk által fejlesztett módszertant e probléma kezelésének érdekében.

SzoDe3.2. Topológia és tanuló hálózatok a dinamikai rendszerek rejtett változóinak feltárására

Stippinger Marcell

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, RMI, Komputációs Tudományok Osztálya

Az oksági kapcsolatok feltárása alapvető kihívás a mérnöki és természettudományokban is. Nemlináris dinamikai rendszerek idősorából kiindulva ez a feladat különösen nehéz és gyakran ellentmondásosnak látszik az eredmény. Takens beágyazási tétele kimondja, hogy az idősorok beágyazásával az eredeti állapottér rekonstruálható egy topológiai ekvivalencia erejéig [1]. Ez az eredmény okságvizsgálatot is új elméleti alapokra helyezett. Az előadás során áttekintjük, hogyan érhető tetten az ok és okozat viszonya az állapottérben. Ismertetem a korai, kvalitatív módszereket, mint a konvergens keresztleképezés és a rekurrencia-térképek.

Ezután bemutatom a kutatócsoportunkban fejlesztett dimenziós okságvizsgálatot, ami elsőként valószínűségeket rendel a lehetséges oksági kapcsolatokhoz, sőt kimutatja két idősor között a rejtett közös ok jelenlétét. A megfigyelések alapján nem csak a rejtett közös ok létét és szabadsági fokainak számát tudjuk meghatározni, de akár a pillanatnyi értékére is következtethetünk. Ezt kétféleképpen tesszük meg: Kohonen-féle tanuló hálóval [2] illetve mély mesterésges neurális hálóval is felbontjuk az idősorokat az egyedi illetve a közösen megjelenő alterekre [3].

Irodalom [1] F. Takens: “Detecting Strange Attractors in Turbulence”. Dynamical Systems and Turbulence, Springer, Berlin, Heidelberg, 1981., 898:366–381. Lecture Notes in Mathematics. doi: 10.1007/BFb0091924 [2] Zs. Benkő, M. S., Z. Somogyvári: “Inference of hidden common driver dynamics by anisotropic self-organizing neural networks”. arXiv:2504.01811 [3] Zs. Benkő, Z. Somogyvári: “Reconstructing shared dynamics with a deep neural network”. arXiv:2105.02322

SzoDe3.2. Agyunk, az öntudatlan természettudós

ifj Csikor Ferenc

HUN-REN, Wigner, Komputációs Rendszerszintű Idegtudomány Kutatócsoport

A természettudományt módszere definiálja, azaz megismételhető kísérletek elvégzése, valamint ezen kísérletek kimenetelét előrejelző olyan matematikai modellek megalkotása, melyek helyessége újabb, megváltoztatott kísérletekkel ellenőrizhető és potenciálisan megcáfолható. A módszer, mint tudjuk, alkalmas megbízható ismeretek szerzésére a világ működéséről. De vajon az emberi kultúra terméke-e? Előadásomban arra mutatok be példát saját kutatásaink alapján, hogy milyen következményekhez vezet, ha a fentihez hasonló, de öntudatlan modellalkotási tevékenységet tételünk fel főemlősök (és azon belül az ember) agyában. Konkrétabban, azt hasonlítjuk össze matematikai modellek segítségével, hogy milyen látórendszerhez vezet, ha

1. a látórendszer szerkezetét és működését egy adott cél, például a tárgyfelismerés határozza meg, vagy ha
2. a látórendszer annak alapján próbál visszakövetkeztetni a pillanatnyi látvány kulcsparamétereire, hogy az agy megtanul életszerű látványokat létrehozni ugyanezen paraméterek alapján, azaz, öntudatlanul, matematikai modellt alkot a külvilág látható részéről és a látvány létrejöttéről.

A két hipotézis következményeit makákó majmok látórendszerén elvégzett kísérletekkel is összehasonlítjuk, és megmutatjuk, hogy a belső világmodell feltételezése egészen finom részletekig elmenően konzisztens ezen kísérletek eredményeivel. Egyúttal arra is példát mutatunk, hogy mit keres annyi fizikus háttérű kutató a komputációs idegtudományban.

SzoDe3.3. Platónról a csigákig: a mozaikok anatómiája, és dinamikája

Török János

BME TTK, Elméleti Fizika Tanszék

Mintázatok, amelyek kitöltik a teret sok helyen előfordulnak az állatvilágban és a fizikai folyamatokban. Korábban már megvizsgáltuk, hogy milyen alakzatok alakulhatnak ki különböző deformációk hatására, és megfigyeltük, hogy a feszültségállapotok túlnyomó többsége kocka szerű mintázatot hoz létre, mint ahogy Platón világképében ezt elképzelte. Azonban ezek az eredmények csak konvex és stacionárius mozaikokra igazak.

Most megmutatom, hogy milyen érdekes alakzatok alakulhatnak ki, ha eltekintünk a konvexitástól, hogyan lehet sarok mentes testekkel kitölteni a teret, és ezt hogyan csinálják az állatok. Emellett, egy kicsit betekintünk a mozaikok dinamikájába is.

SzoDe3.4. Véges hőmérsékletű korrelációs függvények az Ising térelméletben

Csépányi István

BME TTK, Elméleti Fizika Tanszék

HUN-REN-BME-BCE Kvantumtechnológia Kutatócsoport

Az előadásban az $1+1$ dimenziós Ising térelmélet rendparaméterének véges hőmérsékletű dinamikai korrelációs függvényeinek számításában elért legújabb eredményeinket mutatom be. Módszerünk a véges hőmérsékletű formfaktor-sorfejtésre, valamint a korrelátorok Fredholm-determináns reprezentációjára épül. Míg a térszerű ($x > t$) szeparációk esetén az így levezetett Fredholm-determináns numerikusan hatékonyan kiértékelhető, az időszerű ($x < t$) tartományban a formfaktor-sorfejtésben konvergencia-problémák lépnek fel. Ezek kezelésére kidolgoztunk egy módszert, amely a téridő-koordináták komplex tartományba történő analitikus elfolytatásán alapul. Az így kapott numerikus technikával a teljes téridő- és hőmérséklet-tartományt feltérképeztük, mind a rendezett, mind a rendezetlen fázisban, lefedve a kis és nagy távolságú és a fénykúphoz közeli korrelációkat, alacsony és magas hőmérsékleten egyaránt.

Eredményeink megerősítik számos korábban ismert analitikus jóslatot a korrelációk aszimptotikus viselkedésére vonatkozóan. A paramágneses fázis térszerű tartományában levezettünk egy új, zárt kifejezést a korrelációs hosszra, amelynek szokatlan tulajdonságai vannak: nemanalitikus függvénye mind a téridő sugárparaméterének (t/x), mind a hőmérsékletnek, és a hőmérsékletfüggése nem monoton. Az Ising spinlánc véges hőmérsékletű dinamikájára vonatkozó új, még nem publikált eredményeink alátámasztják, hogy ez a hatás rácsszinten is megfigyelhető.

SzoDu1.1. Vékony rétegek vastagságának meghatározása mesterséges intelligencia és magas harmonikus keltés alkalmazásával

Divéki Zsolt, Nagy Gergely, Nagyillés Balázs, Debobrata Rajak, Ábrók Levente, Rajaram Shrestha, Kis A. Zoltán, Pirisi Katalin, Kohus Balázs, Eric Cormier, Kiss Bálint, Subhendu Kahaly, Mousumi Upadhyay-Kahaly¹

Tomán János, Cserhádi Csaba, Baradács Eszter, Pál Petra, Katona Gábor, Vecsei Gergő, Erdélyi Zoltán², **Mohanad Awad, Matthias Kübel**³

¹ELI ALPS, ELI-HU Non-Profit Ltd., Szeged

²Department of Solid State Physics, Faculty of Science and Technology, University of Debrecen,

³Institute of Optics and Quantum Electronics, Friedrich Schiller University, Jena, Germany

A kétdimenziós (2D) anyagok, mint a grafén vagy a különböző átmenetifém-dikalkogenidek, atomi vastagságú rétegekből állnak. Az ilyen anyagok rétegein belül kovalens, míg rétegek között gyenge van der Waals-kötések találhatók. Vastagságuk jelentősen befolyásolhatja optikai, kémiai és elektromos tulajdonságaikat, ezért a vastagság pontos és roncsolásmentes mérése kiemelten fontos az alkalmazásaik szempontjából.

Számos módszer áll rendelkezésre a rétegvastagság mérésére, például atomerő mikroszkópia (AFM), optikai képalkotás vagy Raman-spektroszkópia. Ezek különböző pontosságot és felbontást kínálnak, viszont gyakran lassúak, bonyolultak, roncsolással járnak vagy drágák lehetnek. A szögfelbontásos fotoemissziós spektroszkópia (ARPES) például precíz, de komplex és költséges eszközparkot igényel.

Az előadásban egy új és gyors módszert javasolunk: a magas harmonikus generálást (HHG) amely fény-anyag kölcsönhatások révén képes szerkezeti információt nyerni a rétegekből. Ezt mesterséges intelligenciával kombináljuk, amely képes a mért felharmonikus spektrum alapján megbecsülni a rétegek vastagságát. A megközelítés roncsolásmentes és jól illeszkedik ipari alkalmazásokhoz

SzoDu1.2. Optikai irreverzibilitás: a henger alakú hullámvezető négyzetesen integrálható sajátfüggvényei

Nyitray Gergely

Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar, Automatizálási tanszék

A termodinamika második főtétele szerint a természetben lezajló valódi (irreverzibilis) folyamatok

mindig entrópia termeléssel járnak együtt. A rendszert az egyensúly felé a termodinamikai hajtóerők terelik, amelyek az egyensúly elérésekor (az áramokkal együtt) megszűnnek. Az entrópiánövekedést leggyakrabban a rendszer rendezettségének mértékeként vagy információ-vesztésként interpretáljuk.

Van azonban egy kevésbé ismert értelmezés is, amely az optikai folyamatokhoz sokkal harmonikusabban kapcsolódik: ez pedig a szétterülés fogalma. Meg kívánjuk mutatni, hogy a tökéletes vezető falakkal rendelkező, henger alakú hullámvezetőnek vannak olyan – a Maxwell-egyenleteket kielégítő – megoldásai, amelyek az elektromágneses hullámterjedés során folyamatosan változnak (szétfolynak).

Az ilyen ún. gyorsan lecsengő megoldások további fontos jellemzője az, hogy a Bessel-függvényekkel ellentétben négyzetesen integrálhatók. Be fogjuk mutatni, hogy ezek a gyorsan lecsengő megoldások valójában a hullámvezető módus-függvényeinek amplitúdó modulációjával

kaphatók meg. A modulációs függvény pedig matematikailag a hullámvezető bejárata által határolt módusillesztett tér Bessel-Fourier-transzformáltja.

Vizsgálataink alapján a hagyományos Bessel-függvényeken alapuló leírásmód a gyorsan lecsengő megoldásokkal kiegészítve felel meg a második főtétele által kirótt irreverzibilitás követelményének.

SzoDu1.3. Reaktív porlasztással előállított gallium oxid vékonyrétegek vizsgálata

Gajdics Marcell

Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

A Ga_2O_3 , mint széles tiltott sávval rendelkező félvezető anyag, számos területen felhasználható, például elektronikai és optoelektronikai alkalmazásokban. Az egyik gyakran használt előállítási technika a rádiófrekvenciás porlasztás, melyhez legtöbb esetben egy kerámia Ga_2O_3 céltárgyat használnak. Megmutattuk azonban, hogy egy folyékony Ga céltárgy, illetve oxigén reaktív gáz használatával is előállíthatók gallium oxid vékonyrétegek hasonló sztöchiometriával, mint a hagyományos módszer esetén. A leválasztási sebesség a Ga céltárgy használatával azonban jelentősen növelhető. Továbbá nem csak oxigén, hanem egyéb reaktív gáz, például nitrogén is, bevezethető a vákuumkamrába, így gallium oxinitrid rétegek leválasztására is lehetőség nyílik.

Jelen munkában a leválasztott gallium oxid és gallium oxinitrid rétegek optikai és szerkezeti tulajdonságait vizsgáltuk, spektroszkópiai ellipszometria, röntgendiffrakció, illetve transzmissziós elektronmikroszkópia segítségével. Az amorf gallium oxid réteg kristályosodását in situ transzmissziós elektronmikroszkópiával követtük nyomon.

SzoDu1.4. Az XPS alkalmazása az ásványtanban

Sulyok Attila¹, Gelencsér Orsolya², Dévény Zoltán³, Jakab Gergely³, Nyirő-Kósa Ilona⁴

¹HUN-REN EK, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

²ELTE TTK, Közzettan Geokémiai Tanszék

³HUN-REN CSFK, Földrajztudományi Intézet

⁴Pannon Egyetem, HUN-REN Környezeti Ásványtan Kutatócsoport

Az ásványtan klasszikus tematikája a makroszkópikus ásványok vizsgálata. Ugyanakkor az ásványok kialakulása és átalakulása a környezettel kölcsönhatásban, jelentős részben felületi reakciók keretében nanométeres skálán történik. Itt szilárd/szilárd és/vagy folyadék/szilárd határfelületi reakciók mennek végbe. A felületi reakciók nyomonkövetése felület analitikai eljárással történhet. A röntgen fotoelektron spektroszkópia (XPS) nanométeres felületi érzékenysége lehetővé teszi a felületi reakciók utólagos tanulmányozását. Ennek néhány sikeres ásványtani alkalmazását mutatom be.

A hidrogéntárolás aktuális problémájának egyik lehetséges változata a földalatti tárolás. Az előforduló kőzetek gyakori komponense a pirit (FeS_2). Ennek felületén kémiai reakció indul be a fennálló környezeti feltételek mellett, és az XPS vizsgálatokkal nyomon tudjuk követni az FeS_2 -hidrogén kölcsönhatását.

A talaj szerkezeti átalakulásában fontos szerepet kapnak a mállási folyamatok, amiben az organikus eredetű szerves savaknak kulcsszerepe van. A savak megkötődése kvarc, csillám, illit és goethit felületen az XPS spektrumok gondos analizisével kvantifikálható.

A Balaton vizének minősége közérdeklődésre számot tart. A vízminőséget meghatározó alga életciklusában a foszfor koncentrációja a kontroll tényező. A foszfor viszont nem csak biológiai körforgásban vesz részt. Az üledék vizsgálatával a nem biogén folyamatok hatása mérhető.

SzoDu1.5. Ezüst nanokompozitok felületi kémiai analízise röntgen fotoelektron spektroszkópiai (XPS) módszerrel

Tóth József

HUN-REN ATOMKI

Elektrosztatikus elektron spektrométer működési elve, ultranagy vákuumrendszer (UHV) szivattyú rendszere, alumínium anódos röntgen gerjesztő forrás. XPS (röntgen fotoelektron spektroszkópiai) analízis: O 1s, C 1s és Ag 3d atomi belső héjak elemzése, kémiai eltolódás. Zöld kémiai eljárás ezüst nanokompozit előállítására zöld növények és sörgyári melléktermékek alkalmazásával. Ag nanokompozitok gyakorlati alkalmazásai antibakteriális és antioxidáns tulajdonságainak a felhasználásával.

SzoDu2.1. Nukleáris effektusok kis és nagy ütközési rendszerekben LHC energián

Barnaföldi Gergely

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

A CERN LHC nehézion programjában a quark-gluon plazma (QGP) tulajdonságainak mérése folyik ultrarelativisztikus energiákon, elsősorban ólom-ólom ütközésekben. Felmerül a kérdés, hogy vajon láthatunk-e kollektív viselkedésre utaló jeleket kisebb rendszerekben, mint például a Xe-Xe, O-O, vagy akár proton-proton ütközésekben? Jelen előadásban, az ALICE kísérleti eredményeiből válogatva, arra keresem a választ, hogy mit tanulhatunk ezekből a mérésekből?

SzoDu2.2. Az LHC ALICE 3 detektor koncepciója és fizikai képességei

Vértesi Róbert

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Az LHC 5. és 6. adatgyűjtési fázisai példátlan luminozitást hoz a nagyenergiás proton-proton és nehézion-ütközésekben. Az ALICE együttműködés egy új generációs, kifejezetten a jövőbeli LHC működéséhez tervezett kísérletet javasol, az ALICE 3-at. A koncepció egy nyolc pszeudorapiditás-egységet lefedő nagyméretű, pixeles nyomkövetőrendszert fog alkalmazni, kiegészítve fejlett részecskeazonosító rendszerekkel. Ezek közé tartoznak a szilícium repülési-idő-mérő detektorok, egy gyűrűképalkotó Cserenkov-detektor, egy müonazonosító rendszer, valamint egy elektromágneses kaloriméter. A belső nyomkövető detektor a nyalábcső belsejében egy visszahúzható lemezen kap helyet, ezzel 10 mikronnál jobb vertexfelbontás érhető el már alacsony transzverzális impulzusok, $p_T > 200$ MeV/c mellett is.

Az ALICE 3 lehetőséget nyújt a kvark-gluon plazma (QGP) új szempontokból történő vizsgálatára, valamint a kvantum-színdinamika (QCD) feltérképezetlen tartományainak feltárására. A QGP termikus és dinamikai tulajdonságainak részletes tanulmányozása lehetővé válik az alacsony p_T -jú, nehéz kvarkot tartalmazó hadronok - a beauty (alsó) hadronok, több charm (bájos) kvarkot tartalmazó barionok - valamint charm részecskék közti korrelációk mérésével. A

dielektron-kibocsátás precíz, többdimenziós vizsgálata hozzájárul a királis szimmetria helyreállításának és a QGP hőmérséklete időbeli fejlődésének megértéséhez. A QGP vizsgálatán túl az ALICE 3 egyedülálló módon járul hozzá a hadronos fázis fizikájához is, például charm mezonok közötti kölcsönhatási potenciálok femtoszkopikus vizsgálatával, illetve charmot tartalmazó atommagok keresésével.

Az előadás bemutatja a detektor koncepcióját, a várható fizikai képességeit, valamint a kutatás-fejlesztés jelenlegi állását.

SzoDu2.3. Extra dimenziók hatása asztrofizikai megfigyelhető mennyiségekre

Horváth Anna

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Kaluza és Klein felállítottak egy közös elméletet egy kompakt extra dimenzió létezéséről, ami nagyenergiás jelenségekben, mint például a magreakciók, erős gravitációs hatások, vagy szupersűrű maganyag jelenlétében detektálhatóvá válhat. Jelen munkában megmutatom, hogyan módosulnak az asztrofizikában megfigyelhető mennyiségek kompakt extra dimenziók hatására.

A kompakt csillagok belsejének leírására a többdimenziós kölcsönható degenerált Fermi-gáz modelljét használom, ami statikus, gömbszimmetrikus téridőbe van ágyazva, melyhez egy extra kompakt térdimenzió kapcsolódik. Megadom ennek az extrém anyagnak az állapotegyenletét, és összehasonlítom a szupersűrű maganyagra általánosan használt egyéb modellekkel. Kiszámítom a kompakt csillagok tömeg-sugár relációját, melyet realisztikus modellekkel, és asztrofizikai megfigyelési eredményekkel vetek össze. Meghatározom a kölcsönhatás erősségét jellemző paramétert erre az extrém anyagra. Pulzár megfigyelések alapján az extra dimenziók méretére adható megszorításokat tárgyalom [1-3].

[1] A. Horváth, E. Forgács-Dajka, G.G. Barnaföldi: "Application of Kaluza-Klein Theory in Modeling Compact Stars: Exploring Extra Dimensions", *MNRAS*,
<https://doi.org/10.1093/mnras/stae2637>

[2] A. Horváth, E. Forgács-Dajka, G.G. Barnaföldi: "The effect of multiple extra dimensions on the maximal mass of compact stars in Kaluza-Klein space-time", *IJMPA*,
<https://doi.org/10.1142/S0217751X25420047>

[3] A. Horváth, E. Forgács-Dajka, G.G. Barnaföldi: "Speed of sound in Kaluza-Klein Fermi gas",
Accepted into: *Acta Physica Polonica*, DOI: 10.48550/arXiv.2502.04974

SzoDu2.4. Mit mondanak a neutroncsillagok az erős kölcsönhatás tulajdonságairól

Wolf György

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

A neutroncsillagok létezése kihívást és lehetőséget nyújt számunkra az erős kölcsönhatás tanulmányozására is. A neutroncsillagok középpontjában a sűrűségek elérhetik a normál magsűrűség 6-8-szorosát, és ezeket a sűrűségeket földi kísérletekkel nem lehet tanulmányozni. Ezért a neutroncsillagok megfigyelése adatokat szolgáltat számunkra a hideg, sűrű, erősen kölcsönható anyag tulajdonságairól.

Megvizsgáljuk továbbá annak a lehetőségét, hogy a neutroncsillagok belsejében kvark anyag található.

SzoDu2.5. Az ATOMKI Új Dimenziói: Protonnyalábok alkalmazása az űrkutatás viszonylatában

Szarka Máté

HUN-REN Atommagkutató Intézet

A részecskegyorsítók, mint az ATOMKI MGC-20E ciklotronja, hagyományosan a magfizikai alapkutatások és radioizotóp-termelés alapvető eszközei. Az űrkutatás és az ahhoz kapcsolódó technológiai és élettudományi fejlesztések iránti növekvő igény azonban új, interdiszciplináris alkalmazási területeket nyitott meg ezen berendezések számára, demonstrálva sokoldalúságukat a klasszikus kutatási irányokon túl. Előadásomban bemutatom, hogyan hasznosítható a ciklotron által szolgáltatott protonnyaláb az űrbéli sugárzási környezet egyes komponenseinek (pl. napkitörések protonjai) földi szimulációjára.

A bemutatott kutatások kiterjednek a világűrben előforduló sugárterhelés biológiai rendszerekre és biológiailag aktív molekulákra gyakorolt hatásainak vizsgálatára. Ennek keretében különböző modellrendszereket - sejtkultúráktól kezdve mikroorganizmusokon át egészen gyógyszerhatóanyagokig – teszünk ki kontrollált protonbesugárzásnak. A besugárzást követően részletes modern molekuláris biológiai módszerek általi analízisnek vetjük alá a mintákat, vizsgálva a sugárzás indukálta változásokat a rendszerek funkcionális paramétereiben, a sejtek életképességében, genetikai állományában, differenciációs folyamataiban, valamint a gyógyszermolekulák stabilitásában és az esetleges bomlástermékek keletkezésében.

A bemutatott eredmények nem csupán az űrutazással járó kockázatok (pl. az élő szervezetekre vagy a fedélzeten tárolt készítményekre gyakorolt hatások) mélyebb megértéséhez járulnak hozzá, hanem rávilágítanak a kis energiás gyorsítók adaptálhatóságára és fontosságára az alkalmazott fizika, a sugárbiológia, a sugárkémia és az űrkutatás határterületein.

Bemutatom, hogy egy hagyományos magfizikai infrastruktúra miként válhat újra kulcsfontosságú platformmá komplex, interdiszciplináris tudományos kérdések megválaszolásában, hozzájárulva ezzel az űrkörnyezetben zajló folyamatok jobb megértéséhez, az ott végzett tevékenységek biztonságának és hatékonyságának növeléséhez.

SzoDu2.6. Neutron termelő reakciók vizsgálata a HUN-REN Atomki-ban. Jelen és jövő.

Csedreki László

HUN-REN Atommagkutató Intézet

A töltött részecskék által indukált neutrontermelő reakciók pontos leírása alapvető fontosságú a nukleáris energetikában, a kémiai elemek szintézisében és anyagvizsgálati alkalmazásokban. A debreceni HUN-REN Atomki több évtizedes munkával járult hozzá a neutrontermelő magreakciók kísérleti vizsgálatán keresztül azok elméleti leírásához és gyakorlati felhasználásához.

Az előadásomban a HUN-REN Atomkiban azokat a jelenlegi tudományos projekteket fogom bemutatni, melyek a neutrontermelő magreakciók vizsgálatára és azok gyakorlati felhasználására összpontosítanak. Emellett egy rövid kitekintésben mutatom be a közeljövőre vonatkozó terveinket.

SzoDu2.7. Közepes- és nagyspinű magállapotok vizsgálata a DIAMANT detektorrendszerrel

Kuti István

HUN-REN Atommagkutató Intézet

Az 1990-es évektől a HUN-REN ATOMKI meghatározó módon vesz részt a közepes- és nagyspinű magállapotok nemzetközi együttműködésekben végzett kísérleti kutatásában. A kísérletekben alkalmazott mérési berendezések alapvető egységei a magreakció során kilépő könnyű töltött részecskéket észlelő detektorok. A HUN-REN ATOMKI által fejlesztett és működtetett DIAMANT egy kiemelkedő hatásfokkal rendelkező töltött részecske-detektorrendszer, amely rendkívül kis méretének köszönhetően a reakciókamrán belül képes nagy neutronhozamú kísérletek során is megbízható részecskeszeparációra. A detektorrendszer már számos mérési kampányban bizonyított. A közelmúltban a varsói HIL intézetben az EAGLE gamma-spektrométer és a NEDA neutron-detektorrendszer társdetektoraként telepítettük. Az új kísérleti összeállítás - a NEEDI - lehetőséget kínál a kutatócsoportok számára, hogy az európai csúcsberendezésekhez képest sokkal hozzáférhetőbb, ám műszaki paramétereiben hasonló színvonalat képviselő kísérleti elrendezéssel dolgozhassanak.

Az atommagok különleges deformált alakokkal is rendelkezhetnek, amelyekhez egzotikus mozgásformák kapcsolódhatnak. A háromtengelyű ellipszoid alakú atommagokban fellépő speciális mozgásformák például a királis és az imbolgyó forgás. A magtérképen háromtengelyűen deformált alakú atommagok szigete alakult ki többek között a 100-as tömegszám-tartományban. Csoportunkkal több, ennek a területnek a kutatására irányuló kísérlettervet is benyújtottam a varsói NEEDI rendszerhez. Ezek közül az első, az imbolgyó forgó mozgás ^{103}Pd atommagban történő kimutatására irányuló kísérletünk nemrég sikeresen le is zajlott.

Az előadásban az új NEEDI kísérleti összeállítás jellemzői, a DIAMANT detektorrendszer alkalmazása, valamint a csoportunk kísérletének részletei kerülnek ismertetésre.

VDe1.1. Kísérleti lehetőségek a HYPATIA együttműködésben

Elekes Zoltán

HUN-REN Atommagkutató Intézet

A Japánban található RIKEN kutatóintézetben működik a világ egyik legnagyobb radioaktív ionnyalábokat előállító komplexuma. A gyorsítócentrum felújításával egyes ionnyalábok intenzitásának öt éven belüli olyan növekedését szeretnék elérni, amely a világ legjobbjá lesz. Ehhez a kísérleti berendezéseket is fejleszteni kell. Egy nemzetközi együttműködés keretében tervünk az, hogy egy egyedülálló, gamma sugárzás észlelésére alkalmas rendszert hozzunk létre, a HYPATIA-t.

Előadásomban ennek a rendszernek a részleteit, jelenlegi helyzetét és a tervezett mérési lehetőségeket mutatom be.

VDe1.2. A ^{102}Sn és ^{104}Sn magok szerkezetének vizsgálata in-beam γ spektroszkópiával

Iszály Zsófia

HUN-REN Atommagkutató Intézet

Az egzotikus atommagok vizsgálata során bebizonyosodott, hogy a stabilitási völgy közelében megfigyelt mágikus nukleonszámok (2, 8, 20, 28, 50, 82, 126) megváltozhatnak. Az elméleti számolások túlnyomó része az 50 neutronnal és protonnal rendelkező ^{100}Sn atommagot mágikusnak tartja, azonban erre egyértelmű kísérleti bizonyítékot még nem találtunk. Ezen az alapvető magszerkezeti kérdésen túl a ^{100}Sn atommag és a környező régió kulcsfontosságú szerepet játszik az asztrofizikai rp-folyamat vizsgálatában is. A páros-páros atommagok mágikusságára következtethetünk azok gerjesztett állapotainak energiájából, illetve az atommagok deformációjából. Maga a ^{100}Sn atommag a jelenlegi kísérleti technikával még nem elérhető, ezért kísérletünkben a ^{102}Sn és ^{104}Sn atommagokat vizsgáltuk gamma-spektroszkópiával, rugalmatlan protonszórási reakcióban, inverz kinematika felhasználásával. Az ónizotópokat a RIKEN Radioaktív Izotóp Nyalábgyárban (RIBF) ^{124}Xe nyaláb ^9Be céltárgyon történő fragmentációjával állítottuk elő.

Az előadás során ismertetem a kísérletet, a kapott gamma-spektrumokat, azok analízisét és az atommagok deformációjának származtatását.

VDe1.3. Az $N=28$ -as héjzáródáson túli Ar és S atommagok gerjesztett állapotainak vizsgálata

Begala Marcell

HUN-REN Atommagkutató Intézet; Debreceni Egyetem, Fizikai Tudományok Doktori Iskola

Az utóbbi évtizedek során a radioaktív nyalábokon végzett magszerkezeti kutatásokban azt találták, hogy a 30-es és 50-es tömegszám-tartományban az $N=20$ -as és $N=28$ -as héjzáródások eltűnnek nagy N/Z aránynál, valamint új alhéjzáródások jelennek meg $N=32$ és $N=34$ neutronszámoknál. Ezeket az új alhéjzáródásokat a félig mágikus Ca atommagokban mutatták ki. Felvetődik a kérdés, hogy a Ca izotópsor alatt mennyire maradnak meg ezek az új alhéjzáródások.

Ezekre, a neutron elhullatási vonal közelébe eső atommagokra vonatkozó magszerkezeti információk nagyon hiányosak. Az ^{46}S és ^{47}S atommagok kötött gerjesztett állapotait, valamint az ^{50}Ar és ^{52}Ar atommagok nem kötött gerjesztett állapotait vizsgáltam a RIKEN Radioaktív-nyaláb Ion Nyaláb Gyárban (RIBF) a DALI detektorrendszer mellett végzett kísérletből származó adatokból.

Előadásomban a kísérleti eredményeket és azok értelmezését ismertetem.

VDe1.4. A ^{105}Pd atommag negatív paritású sávjainak spektroszkópiai vizsgálata

Kruzsicz Bernadett

HUN-REN Atommagkutató Intézet; Debreceni Egyetem, Fizikai Tudományok Doktori Iskola

Az $A \sim 100$ tömegszám-tartományban található, háromtengelyűen deformált palládium atommagokra jellemzőek az ún. egzotikus mozgásformák, mint a gamma-vibráció, a királis forgás és az imbolygó forgó mozgás. Korábbi munkáink során kutatócsoportunk azonosította a ^{104}Pd atommagban megjelenő gamma-sávot [1] és az imbolygó forgó mozgást a ^{105}Pd atommagban [2]. Királis sávot palládium izotópokban azonban eddig még nem sikerült kísérletileg kimutatni.

Jelen vizsgálatunk célja az volt, hogy olyan sávokat keressünk a ^{105}Pd atommagban, amelyek jó jelöltek lehetnek a királis és a 2-fononos imbolgó forgó mozgásokra. A gerjesztett állapotokat a $^{96}\text{Zr}(^{13}\text{C},4n)^{105}\text{Pd}$ nehézion fúzió-párolgási reakcióban állítottuk elő, 51 és 58 MeV energiájú ^{13}C nyaláb alkalmazásával. A kibocsátott γ -sugárzásokat az EUROBALL IV detektorrendszer észlelte, kiegészítve a DIAMANT töltött részecske-detektorrendszerrel.

Számos korábban még nem azonosított sávot figyeltünk meg, valamint jelentősen kibővítettük a ^{105}Pd eddig ismert nívósémáját magasabb energiájú és spinű állapotokkal. Összesen hat, E2 átmenetektől felépülő gyengén csatolt sávot találtunk és egy, M1 + E2 átmenetektől álló erősen csatolt sávot [3]. A kapott energiaspektrumokat és a $B(M1)/B(E2)$ arányokat kvantumrészecske-rotor modell számításokkal (QPRM) vetettük össze.

Az azonosított sávok tulajdonságait és azok értelmezését ismertetjük az előadás keretében.

[1] D. Sohler et al., *Phys. Rev. C* 85 (2012) 044303.

[2] J. Timár et al., *Phys. Rev. Lett.* 122 (2019) 062501.

[3] B. Kruzsicz et al., *Phys. Rev. C*. beküldve

VDe1.5. Többkonfigurációs dinamikai szimmetria és alkalmazásai atommagokban

Riczu Gábor

HUN-REN Atommagkutató Intézet

A többkonfigurációs dinamikai szimmetria [1,2] (MUSY) összeköti a héj-, kollektív és klasztermodelleket sokfőhéj-gerjesztésben. Ennek köszönhetően képes atommagbeli jelenségek egységes leírására.

Ezen szimmetria stabilitásának és önkonzisztenciájának a vizsgálata alakizomer állapotok keresését teszi lehetővé [2,3]. Továbbá kiválasztási szabályok segítségével meghatározhatóak ezek lehetséges klaszterizációi, amik a reakciócsatornákat definiálják. Mindemellett egy egyszerű MUSY Hamilton-operátor alkalmas különböző energiaspektrumok leírására az energia és a deformáció tág tartományában, normál-, szuper- és hiperdeformált völgyekben [4-8].

Előadásomban ezen területen elért főbb eredményeinket szeretném bemutatni.

[1] J. Cseh, *Phys. Rev. C* 103, 064322 (2021)

[2] J. Cseh, G. Riczu, J. Darai, *Symmetry* 15, 115 (2023)

[3] J. Cseh, G. Riczu, J. Darai, *Phys. Lett. B* 795, 160 (2019)

[4] P. Dang, G. Riczu, J. Cseh, *Phys. Rev. C* 107, 044315 (2023)

[5] J. Cseh, G. Riczu, *Symmetry* 15, 2116 (2023)

[6] J. Cseh, G. Riczu, D. G. Jenkins, *Phys. Rev. C* 109, 044309 (2024)

[7] G. Riczu, J. Cseh, *Bulg. J. Phys.* 48, 524 (2021)

[8] G. Riczu, J. Cseh, *Int. J. Mod. Phys.* 30, 2150034 (2021)

VDe1.6. A lassú neutronbefogás numerikus modellezése aszimptotikus óriásági csillagokban

Szányi Balázs

Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Fizikai Intézet,
Kísérleti Fizikai Tanszék; HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly
Thege Miklós Csillagászati Intézet

A kistömegű (kb. 1 és 8 naptömeg közötti tömegű) csillagok életük végén az aszimptotikus óriáságra (asymptotic giant branch, AGB) fejlődnek. Ebben a fejlődési állapotban a fizikai körülmények lehetővé teszik a lassú neutronbefogást, azaz az s-folyamatot, amely az vasnál nehezebb elemek Univerzumban található mennyiségének mintegy feléért felelős. Az s-folyamat, a többi nukleoszintézis folyamathoz viszonyítva, jól modellezhető, hisz az AGB csillagok szerkezete is relatíve jól ismert, illetve a lehetséges nukleáris reakciók hatáskeresztmetszeteire számos elméleti és kísérleti eredmény áll rendelkezésre.

Előadásom során a Monash kód példáján keresztül szeretném bemutatni az AGB csillagokban lejátszódó s-folyamatot, és annak modellezését, különös tekintettel az nukleáris reakcióhálózat felépítésére, továbbá a modellek eredményeinek felhasználására.

VDe1.7. A nova nukleoszintézisben releváns $^{29}\text{Si}(p,g)^{30}\text{P}$ reakció kísérleti vizsgálata

Mátyus Zsolt

HUN-REN Atommagkutató Intézet; Debreceni Egyetem Fizika Tudományok Doktori Iskola

^{29}Si novarobbanásos körülmények között keletkezhet. Az ilyen robbanások után a csillagpor szemcsék meteoritokba záródhatnak. Az ilyen meteoritok izotóposztételét mérve meghatározható a nova robbanás során keletkezett ^{29}Si mennyisége. Azonban arra nincs egyértelmű bizonyíték, hogy a meteorba záródott szemcsék valóban nova robbanásokban keletkeztek. Ezért fontos tudni, hogy egy ilyen nova robbanás esetén mennyi ^{29}Si keletkezhet.

Megbízható elméleti modellek készítéséhez elengedhetetlen a $^{29}\text{Si}(p,g)^{30}\text{P}$ szükséges a reakció hatáskeresztmetszetének pontos ismerete az asztrofizikailag releváns energiatartományokon, mivel az elméleti modellekben ez egy bemeneti paraméter.

A $^{29}\text{Si}(p,g)^{30}\text{P}$ reakció direkt befogási hatáskeresztéről kísérleti adat nem található az irodalomban. Néhány alacsony energiás rezonanciáról vannak adatok, bár régiék és jelentős bizonytalansággal terheltek.

Ebben az előadásban bemutatom a $^{29}\text{Si}(p,g)^{30}\text{P}$ aktivációs módszerrel történő kísérleti vizsgálatát mely során meghatároztuk egy alacsony energiás rezonancia rezonancia erősségét és a direkt befogási hatáskeresztmetszetét az $E_p=900\text{--}1450\text{keV}$ energiatartomány különböző pontjain.

VDe2.1. Komplex atomi szerkezetek megfigyelése és előrejelzése ultravékony oxidrétegekben

Palotás Krisztián

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

Felületi komplex atomi szerkezetek feltérképezése és atomilag precíz tervezett létrehozása rendkívül fontos számos gyakorlati alkalmazás szempontjából, pl. elektron transzport optimalizálására, kedvező mágneses tulajdonságok kialakítására, a katalitikus teljesítmény növelésére stb. Az utóbbi évek során kombinált elméleti-kísérleti munkáinkban számos fém-oxid felületet és ultravékony réteget vizsgáltunk [1-4]. Ezekben pásztázó alagútmikroszkópiai (STM) kísérleti eredményeket értelmeztünk sűrűségfunkcionál-elméleten (DFT) alapuló elektronszerkezeti és fejlett STM szimulációs [5,6] elméleti számításokkal. Az előadásban molibdén-oxid [1] és főbb réz-oxid [2-4] eredményeinket ismertetem.

Legjelentősebb eredményünk a kísérletileg kontrollált módon létrehozott oxigén-, ill. fém-atomot kimutató kémiai érzékeny STM eredmények elméleti értelmezése [4], melyekért kémiai módosított, ún. funkcionizált STM-tűk [7] a felelősek.

1. Lee et al. *Nanoscale* 11, 6023 (2019).
2. Ly et al. *J. Phys. Chem. C* 123, 12716 (2019).
3. Lee et al. *Appl. Surf. Sci.* 562, 150148 (2021).
4. Zhu et al. *J. Am. Chem. Soc.* 146, 15887 (2024).
5. Mándi, Palotás, *Phys. Rev. B* 91, 165406 (2015).
6. Abilio, Palotás, *Phys. Rev. B* 111, 245425 (2025).
7. Abilio et al. *Phys. Rev. B* 110, 125422 (2024).

VDe2.2. Grafén többrétegek vizsgálata nagyskálás ab-initio alapú szoros kötésű modellel

Balogh András¹, Koltai János¹, Tajkov Zoltán^{1,2}, Szendrő Márton², Kandrai Konrád², Nemes-Incze Péter²

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Magyarország

²HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

A grafén elektronikus tulajdonságaira erős hatással vannak a szerkezet jellemzői és a külső környezet. Egy tetszőleges geometriai elrendezés leírására képes ab-initio alapú szoros kötésű (TB) modell és sűrűségfunkcionál-elmélet (DFT) segítségével nagyskálás szimulációkat végzünk, hogy tanulmányozzuk a hordozó hatását, a szemcsehatárokat és a különböző rétegződéseket grafénban. A hordozó befolyásolja az elektronszerkezetet, tiltott sávot nyit valamit töltés átrendeződést okoz. A szemcsehatárok hatással vannak a lokális állapotsűrűsége és lokalizált állapotokat hoznak létre.

Ezenkívül még tanulmányozzuk a különböző rétegződések hatásait, mint a romboéderes (ABC) és hexagonális (ABA) elrendeződés, amik különböző viselkedést mutatnak, például a lapos sáv jelenléte ABC grafénban.

Eredményeink alapvető betekintést nyújtanak a grafén tulajdonságainak optimalizálásához fejlett eszköz alkalmazásokhoz, hangsúlyozva az hordozó megválasztásának, az ún. grain boundary engineering-nek és a rétegződés a jelentőségét.

VDe2.3. Kvantumszámítás egyelektron-kvantumbitekkel

Kolok Baksa^{1,2}, Pályi András^{1,2}

¹Elméleti Fizika Tanszék, Fizikai Intézet, Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

²HUN-REN-BME-BCE Kvantumtechnológia Kutatócsoport, Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A mai legfejlettebb kvantumszámítógépek szupravezetőkre vagy csapdázott atomokra épülnek. Ezek a prototípusok párszáz kvantumbitből állnak, és műveletenkénti hibavalószínűségük 1 ezrelék és 1 százalék között van. Az előadásban egy alternatív kvantumszámítógép-architektúrát mutatok be, ami ugyanarra a félvezető-technológiára alapul, mint napjaink hagyományos információtechnológiája. Egy ilyen kvantumszámítógépben egy-egy kvantumbit egy-egy elektron spinje reprezentál. Bemutatom, hogyan lehet inicializálni és kiolvasni ezeket a kvantumbitek, és hogyan lehet műveleteket végrehajtani rajtuk. A kísérletek állandó szereplője egy homogén mágneses tér, és ezzel kapcsolatban egy fontos megfigyelés, hogy az egyelektron-kvantumbitek információvesztési időskálája nő, ha a mágneses tér erősségét csökkentjük. Ez felveti a kérdést: hogyan lehet inicializálni, kiolvasni, és koherensen kontrollálni e kvantumbitek zérus mágneses térben? Az előadásban bemutatok erre vonatkozó, a nemábeli Berry-fázis és a holonomikus kvantumszámítás fogalmaira épülő ötleteket [1,2], és a saját elméleti eredményeinket is [3].

Bemutatom azokat a közelmúltbeli kísérleti áttöréseket is [4], amelyek az általunk javasolt módosításokkal kísérletileg is igazolhatják a nemábeli Berry-fázis megfigyelését, és demonstrálhatják a holonomikus kvantumszámítás elemi lépéseit.

[1] P. San-Jose, B. Scharfenberger, G. Schon, A. Shnirman, G. Zarand, *Geometric phases in semiconductor spin qubits: Manipulations and decoherence*, *Phys. Rev. B* 77, 045305 (2008).

[2] V. Golovach, M. Borhani, D. Loss, *Holonomic quantum computation with electron spins in quantum dots*, *Phys. Rev. A* 81, 022315 (2010).

[3] B. Kolok and A. Palyi, *Protocols to measure the non-Abelian Berry phase by pumping a spin qubit through a quantum-dot loop*, *Phys. Rev. B* 109, 045438 (2024).

[4] C-A Wang et al., *Operating semiconductor quantum processors with hopping spins*, *Science* 385, 447 (2024).

VDe2.4. Töltés- és spin qubitek kiolvasásának dinamikai modellje

Svastits Domonkos

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Magyarország

Qutility @ Faulhorn Labs, Budapest, Magyarország

A qubit kiolvasási sémák gyakran eltérnek az ideális projektív mérésektől, ami korlátozza a kvantumszámítógépek teljesítményét [1, 2]. Ebben a munkában [3] a kettős kvantumdotokban lévő félvezető töltés- és spin qubitek töltésérzékelésen alapuló kiolvasását modellezzük, és azonosítjuk a töltésérzékelő visszahatásából eredő hibamechanizmusokat [4]. Kvantitatív módon meghatározzuk, hogy két kvantumdot közti alagutazási amplitúdó, illetve a szenzor töltészaja által okozott g-tenzor moduláció hogyan rontja el a kiolvasás kvantum nem-megsemmisítő (quantum non-demolition) jellegét, és ennek következtében hogyan rontja a kiolvasás hűségét (fidelity), hogyan indukál kevert mérés utáni állapotot, és hogyan okoz szivárgást (leakage) a számítási altérből. Az erős spin-pálya kölcsönhatással és elektromosan hangolható g-tenzorokkal [5] rendelkező korszerű spin qubitek esetében azonosítunk egy kiolvasás szempontjából optimális mágneses tér irányt.

Modellünk lehetséges gyakorlati alkalmazásai közé tartozik a kiolvasási hűség optimalizálása a qubit paramétereinek megfelelő megválasztásával, illetve a kiolvasás közben mért áramjelben lévő puha információ felhasználásával. Továbbá, a modell lehetőséget ad a mérés utáni állapot optimalizálására, ami elősegítheti a hibajavítás adaptív áramköreinek a javítását [6].

- [1] H. M. Wiseman, G. J. Milburn, *Quantum Measurement and Control* (Cambridge University Press, 2009).
- [2] L. Pereira, et al., *Phys. Rev. Lett* 129, 010402 (2022).
- [3] D. Svastits, B. Hetényi, G. Széchenyi, J. Wotton, D. Loss, S. Bosco, A. Pályi, <https://arxiv.org/abs/2505.15878>.
- [4] C. E. Young and A. A. Clerk, *Phys. Rev. Lett.* 104, 186803 (2010).
- [5] S. D. Liles, et al., *Phys. Rev. B* 104, 235303 (2021).
- [6] Milan Liepelt, et al., 2024 *J. Phys. A: Math. Theor.* 57 255302.

VDe2.5. Erősen korrelált rendszerek vizsgálata tenzorhálózat-alapú és kvantuminformáció-elméleti módszerekkel

Máté Mihály¹, Kapás Kornél¹, Menczer Andor^{1,2}, Werner Miklós Antal¹, Legeza Örs^{1,3}

¹Erősen korrelált rendszerek Lendület kutatócsoport, Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Magyarország

³Institute for Advanced Study, TU Munich, Németország

Elmondható, hogy nem létezik egyetlen univerzális, költséghatékony módszer soktest-rendszerek numerikus vizsgálatára - minden módszer különféle közelítésekre épül. Azonban a rendszerekben kialakuló erős korrelációk miatt előtérbe kerülnek a tenzorhálózatos (TNS) módszerek, különösképp a mátrixszorzat-állapotos (MPS) módszer, illetve a sűrűségmátrixos renormálásicsoport (DMRG) módszer, amely a tenzorfaktorok egymást követő optimalizálásán alapul. Bár a DMRG módszert egydimenziós spinrendszerekre fejlesztették ki, a megfelelő fejlesztésekkel lehetőség nyílt a magasabb dimenziós rendszerek, valamint sok más, erősen korrelált soktest-rendszer vizsgálatára is.

Bemutatjuk a legfrissebb eredményeinket a különböző TNS stratégiák, hibrid numerikus megközelítések terén, melyeket különböző szilárdtest-fizikai és molekulafizikai rendszereken alkalmaztunk [1-5].

- [1] Faulstich, Máté, Laestadius, Csirik, Veis, Antalik, Brabec, Schneider, Pittner, Kvaal, Legeza. *J. Chem. Theory Comput.*, 15, 2206 (2019)
- [2] Friessecke, Barcza, Legeza, *J. Chem. Theory Comput.*, 20, 87 (2024)
- [3] Máté, Petrov, Szalay, Legeza, *J. Math. Chem.*, ISSN 1572-8897 (2022)
- [4] Friessecke, Werner, Kapás, Menczer, Legeza, *arXiv:2406.03449 [cond-mat.str-el]* (2024)
- [5] Menczer, Kapás, Werner, Legeza, *Phys. Rev. B*, 109, 195148 (2024)

VDe2.6. Újfajta mágneses viselkedés a kétdimenziós periodikus Anderson-modellben

Hagymási Imre

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A periodikus Anderson-modell a nehézfermionos rendszerek alapmodellje, ami vezetési (s vagy p) elektronok és erősen kölcsönható lokalizált (d vagy f) elektronok együttes rendszerét írja le. A modell speciális esetektől eltekintve nem oldható meg egzaktul, ezért különféle közelítő módszerekkel vizsgálták az elmúlt évtizedekben. Míg egy dimenzióban a sűrűségmátrixos renormálási-csoport algoritmus hatékonynak bizonyult, addig a két és háromdimenzióban nincs univerzális módszer az alapállapot meghatározására, mivel a kvantumos Monte Carlo-módszer a legtöbb esetben az előjelproblémába ütközik. Az előadásban kétdimenziós tenzorhálózati módszerrel (infinite projected-entangled pair states – iPEPS) vizsgáljuk a modell alapállapotát négyzet rácson, $1/2$ és $3/8$ betöltéseknél és összehasonlítjuk az átlagtérelméletből kapott megoldásokkal [1]. Az $1/2$ betöltés és gyenge hibridizáció esetén antiferromágneses rendeződést valósul meg és kiváló egyezést találunk az antiferromágnes—Kondo-szinglett átalakulásra a kvantumos Monte Carlo eredményekkel a szimmetrikus modellben. A szimmetrikus pontból elmozdulva a kevert vegyértékű tartomány felé, az alrácsmágnesezettség értéke csökkenni kezd, majd eltűnik egy másodrendű átalakulással.

Megmutatjuk, hogy $3/8$ betöltésnél egy újfajta diagonális antiferromágneses állapot valósul meg széles paramétertartományban, ami kvalitatíven más az átlagtérelméleti, valamint korábbi variációs Monte Carlo, illetve dinamikus átlagtér-elméleti jóslatokhoz képest.

[1] I. Hagymási, *arXiv:2501.07541*, *Physical Review B*

A Pécsi Vándorgyűlés programja

	Augusztus 21. Csütörtök	Augusztus 22. Péntek				Augusztus 23. Szombat				Augusztus 24. Vasárnap				
7:30-		REGGELI				REGGELI				REGGELI				
8:30-		Szűcs Tamás - Magfűzió a Napban és a csillagokban				Csabai István -Fizika és mesterséges intelligencia				Pálfalvi László - Terahertzes impulzusok a részecskegyorsítás szolgálatában: forrásfejlesztéstől az alkalmazásokig				
		Dombi Péter - Femtoszekundumos anyagtudomány				Kiss Gábor Gyula (EPJ előadás) - Asztrofizikai és magszerkezeti vizsgálataink a stabilitás völgyétől távol				Kelemen Lóránd - Fénnyel vezérelt mikroeszközök a biológiai kutatások szolgálatában				
		Ván Péter - Termodinamika, stabilitás és univerzalitás				Gali Ádám - Ponthiba kvantumbitek szilárdtestekben				Varró Sándor - Heisenberg 100 éves kvantummechanikájáról				
		Ullrich Dénes (Semilab) - Ion implantált Si és SiC minták monitorozása korszerű fotomodulált reflexióval				Dunai Dániel - ITER – Hol járunk a magfűzős kísérletektől az energiatermelő reaktorokig vezető úton?				Osvay Károly - Lézeres neutronforrás fejlesztése akadémiai és ipari alkalmazásokhoz				
10.45-		Kávészünet				Kávészünet				Kávészünet				
11:00-	REGISZTRÁCIÓ 12:00-tól	Fizika a gyakorlatban - Tanári tapasztalatok és innovációk a Vándorgyűlés tükrében I.	Ipari Fizika	Elméleti részecske-fizika	Sugárvédelem	Anyagtudomány és Vákuumfizika I.	Szilárdtest-fizika I.	Statisztikus Fizika		Magszerkezet és asztrofizika	Szilárdtest-fizika II.			
13.00-		EBÉD				EBÉD				EBÉD				
14:00-	Megnyitó, díjátadás	Fizika a gyakorlatban - Tanári tapasztalatok és innovációk a Vándorgyűlés tükrében II.	Atomfizika és Kvantum-elektronika I.	Általános relativitás-elmélet		Anyagtudomány és Vákuumfizika II.	Nagyenergiás és alkalmazott magfizika							
	Zaránd Gergely Attila - Helgoland és a kvantumforradalmak: az alapvető kérdésektől a technológiáig													
	Újfalussy Balázs - Topologikus qubitek és Majorana kvázirészecskék mágneses nanoszerkezeteken													
16.00-	Kávészünet													
16:15-	Endrődi Gergely - Kvarkok, gluonok és a sötét anyag rácsérelméleti szimulációkból	Termodinamika	Atomfizika és Kvantum-elektronika II.	Kísérleti részecske-fizika		Szervezett buszos kirándulás Villánykövesdre a Blum Pincészetbe (pincelátogatás és borvacsera)								
	Orbán Gergő - Az idegsejtek nélküli agy													
	Króó Norbert - Nagyintenzitású lézerekkel az energiatermelésért	Poszter bemutató/kiállítás (kb. 18:30-tól)												
19.00-	FOGADÁS													
22:00														