

„Új fények a fizikában”

# **FIZIKUS VÁNDORGYŰLÉS**

**Pécs, 2010. augusztus 24-27.**

## **KIVONATOK GYŰJTEMÉNYE**

SZERKESZTETTE:

Ádám Péter

Mechler Mátyás Illés

Eötvös Loránd Fizikai Társulat

Budapest, 2010

**Fővédnök**

Pálinkás József, az MTA elnöke

**Védnökök**

Bódis József, a PTE rektora

Szabó Gábor, a MISZ elnöke

**Társszervező**

PTE TTK Fizikai Intézet

**Támogatók**

ATL Magyarország Kft., Budakalász

DDKKK Innovációs Nonprofit Zrt., Pécs

Pécsi Tudományegyetem

R&D Ultrafast Lasers Ltd., Budapest

**Szervezőbizottság**

Hebling János, elnök

Ádám Péter, titkár

Almási Gábor

Janszky József

Kádár György

Lóki Andrea

Nagy Dénes Lajos

Pálfalvi László

**Programbizottság**

Nagy Dénes Lajos, elnök

Ádám Péter, titkár

Belgya Tamás

Czitrovszky Aladár

Cynolter Gábor

Érdi Bálint

Martinás Katalin

Kádár György

Lohner Tivadar

Sváb Erzsébet

Szabó György

Újfalussy Balázs

Wolf György

Zagyvai Péter

**Meghívott előadók**

Balázs László

Czitrovszky Aladár

Cserti József

Dégi Júlia

Erdélyi Zoltán

Fehér István

Groma Géza

Hebling János

Horváth Dezső

Jurek Zoltán

Kamarás Katalin

Katz Sándor

Kiss László

Krausz Ferenc

Lévai Péter

Mezei Ferenc

Osvay Károly

Rác Zoltán

Szunyogh László

Ván Péter

Varga Péter

Varró Sándor

## Előszó

2010-ben az Eötvös Loránd Fizikai Társulat háromévenkénti vándorgyűlése abba a városba tér vissza, ahonnan csaknem pontosan hat évtizeddel ezelőtt, 1951-ben elindult. A Pécsi Tudományegyetem, illetve annak Fizikai Intézete ad otthont idén a magyar fizikusok legszélesebb körű találkozójának, a Fizikus Vándorgyűlésnek.

Nincs könnyű helyzetben ma a fizikai kutatás és általában a természettudomány, a kutatás-fejlesztés, az innováció és az oktatás Magyarországon, de Európa és a világ többi részén sem. Nem világos, elmúlt-e a válság, de az sem, hogy pontosan melyek a fizikával és a fizikusokkal szembeni jogos társadalmi elvárások. Mi több, magunk is nehezen fogalmazzuk meg, hogy a társadalmi elvárásokra milyen válaszokat adjunk, hogyan tudunk legjobb képességünk és tudásunk szerint tenni a tudományért, az oktatásért és általában a valódi közjóért. Mégis optimisták vagyunk, és éppen azért gyűlünk össze időről-időre, hogy egymás eredményeit és lehetőségeit megismerve, tényleges munkánkkal a legjobb válaszokat adhassuk az említett feszítő kérdésekre. Optimizmusunkat is tükrözi ez évi vándorgyűlésünk mottója: *Új fények a fizikában.*

Mottónknak azonban konkrét jelentése is van: ezúttal rendezvényünk kiemelt területe az *optika*. A következő néhány évben minden valószínűség szerint megvalósul egy, a magyar fizikai kutatást érintő olyan mértékű beruházás, amelyre öt évtizede nem volt példa: Szegeden megépül egy európai kutatási nagyberendezés, az ELI, az *Extreme Light Infrastructure* ultragyors pillére. Hamburgban pedig már épül a keményröntgenszabadelektronlézer, a *European XFEL*, amelynek hazánk teljes jogú tagja. Ezek és persze más, hazai lézerek is olyan, a szó szoros értelmében új fények, amelyek hatékony fizikai módszerek alkalmazását teszik lehetővé a fizika, a kémia, az élettudományok, az orvosi diagnosztika és terápia, a műszaki tudományok és az élet számos egyéb területén.

A Fizikus Vándorgyűlés szervezői egy éven át azon igyekeztek, hogy a magyar fizikusok legszélesebb körének bevonásával valamennyi aktív kutatócsoport számára

lehetőséget biztosítsanak a részvételre, az eredmények bemutatására és a közös gondolkodásra. Minden tiszteletet és köszönetet megérdemel a magyar fizikusok közössége, amely a példátlan anyagi nehézségek ellenére, gyakran személyes áldozatvállalással biztosította a rendezvény viszonylag magas résztvevőszámát és a vándorgyűlés eredményességét.

Ebben az elektronikus kötetben a Fizikus Vándorgyűlés előadásainak és posztereinek kivonatait jelentetjük meg. A kivonatokat az első szerző, illetve az előadó szerint alfabeta sorrendben szerepeltetjük. Az egyes kivonatok a **Tartalomjegyzékből** és az összes szerzőt tartalmazó **Névmutatóból** a kivonat címére, illetve számára kattintva közvetlenül elérhetők.

Pécs, 2010. augusztus

Nagy Dénes Lajos  
a Fizikus Vándorgyűlés Programbizottságának elnöke

## Az ELFT 2010. évi Vándorgyűlésének előzetes programja

### 2010. augusztus 24., kedd

13:30-14:00 Megnyitó; díjátadó

Szekcióelnök: Patkós András

14:00-14:35 Czitrovszky Aladár:  
*Magyarország az ELI programban*

14:35-15:10 Mezei Ferenc:  
*A neutronforrások következő generációja: új megoldások és tudományos lehetőségek*

15:10-15:45 Varró Sándor:  
*Selényi Pál és a kvantumelektrodinamika. Az interferencia szerepe egyfotonos korrelációs kísérletekben*

15:45-16:20 Kiss László:  
*Idegen világok nyomában: bolygórendszerek más csillagok körül*

16:20-16:45 Kávészünet

16:45-19:00 Fórum

19:00-22:00 Fogadás, poszterszekció

### 2010. augusztus 25., szerda

08:30-09:05 Hebling János, Fülöp József András, Almási Gábor és Pálfalvi László:  
*Néhány ciklusú, nagyintenzitású, közeli és távoli infravörös elektromágneses impulzusok előállítása és alkalmazása*

09:05-09:40 Osvay Károly:  
*Az ELI lézerrendszerek tudományos-technológiai kihívásai*

09:40-10:00 Földes István és Szatmári Sándor:  
*Rövid impulzusú KrF lézerek a fúzióban és a plazmafizikában*

10:00-10:20 Hartmann Péter, Kovács Anikó, Donkó Zoltán, Angela Douglass, Jorge C. Reyes és Truell W. Hyde:  
*Kristályosodás 2D komplex plazmában*

10:20-10:40 G. Szabó István:  
*Optikai esettanulmányok elsősorban ipari képfeldolgozási projektekből*

10:40-11:10 Kávészünet

Fizikus vándorgyűlés 2010

- 11:10-12:00 Krausz Ferenc:  
*Elektronok mozgásban*
- 12:00-12:20 Hopp Béla:  
*Excimer lézeres anyagmegmunkálás*
- 12:20-12:40 Dombi Péter, Rácz Péter, Lenner Miklós, Kroó Norbert, Farkas Győző,  
Alexander Mitrofanov, Andrius Baltuška, Takao Fuji, Krausz Ferenc, Scott E.  
Irvine, Abdul Y. Elezzabi:  
*Ultragyors fényforrásokkal keltett felületi plazmonok*
- 12:40-14:00 Ebéd
- 14:00-14:35 Varga Péter:  
*Fotonika?*
- 14:35-15:10 Groma Géza:  
*Ultragyors elektron- és protonmozgások követése bakteriorodopszinban  
koherens infravörös és terahertzes emisszió detektálásával*
- 15:10-15:30 Benedek Csaba, Czirják Attila, Földi Péter, Kálmán Orsolya, Kovács Judit,  
Molnár Balázs, Benedict Mihály:  
*Lézerrel kontrollált kvantum dinamikai jelenségek a milliszekundumostól az  
attoszekundumosig*
- 15:30-15:50 Djotyán Gagik, Sándor Nóra, Bakos József, Sörlei Zsuzsanna:  
*Koherencia-teremtés inhomogén kiszélesedésű közegben*
- 15:50-16:10 Heiner Zsuzsanna, L. Fábián, M. Merő, M. Kiss, A. Dér, K. Osvay:  
*Ultragyors optikai fénykapcsolás fehérréjével*
- 16:10-16:30 Kávészünet
- 16:30-17:05 Balázs László:  
*Mivel világítunk a XXI. században?*
- 17:05-17:40 Rácz Zoltán:  
*Klimaváltozások: adatok, nagyságrendek, modellek*
- 17:40-18:00 Kiss Csaba:  
*A Herschel űrtávcső – az első egy év az Űrben*
- 18:00-18:20 Klagyivik Péter:  
*A Gaia-program*
- 18:20-18:40 Szabó Róbert:  
*A Kepler-program*



18:40-20:00 Vacsora

**2010. augusztus 26., csütörtök**

08:30-09:05 Lévai Péter:

*A kvark-gluon plazma előállítása nehézion ütközésekben*

09:05-09:40 Horváth Dezső:

*Óriási gyorsítók és pirinyó részecskék: az LHC indulása*

09:40-10:00 Krajczár Krisztián:

*Töltött hadronok spektrumainak mérése 0,9, 2,36 és 7 TeV ütközési energiákon a CMS detektorral*

10:00-10:20 Molnár Levente:

*A CERN LHC ALICE kísérlet legújabb eredményei*

10:20-10:40 Gergely Árpád László:

*Szupernehéz fekete lyukak összeolvadása és gravitációs sugárzása, avagy hogyan keletkeznek az X-alakú rádiógalaxisok?*

10:40-11:00 Kávészünet

11:00-11:35 Katz Sándor:

*A kvark-gluon plazma vizsgálata szuperszámítógépekkel*

11:35-12:10 Ván Péter:

*A mozgó testek hőmérséklete: egy régi probléma új kihívásai*

12:10-12:30 Krasznahorkay Attila:

*A magfizikai kutatások perspektívái lézerekkel előállított intenzív  $\gamma$ -nyalábokkal*

12:30-12:50 Gyürky György:

*Az asztrofizikai  $p$ -folyamathoz kapcsolódó magfizikai kísérletek*

12:50-14:00 Ebéd

14:00-14:35 Fehér István, Andrási Andor és Deme Sándor:

*50 év a sugárvédelem szolgálatában*

14:35-15:10 Erdélyi Zoltán:

*Határfelületi kinetikák és morfológiák nanoskálán*

15:10-15:30 Szabó István, Bükki-Deme András, Eszenyi Gergely, Harasztosi Lajos és Beke Dezső:

*Miről recseg a Barkhausen-zaj?*

## Fizikus vándorgyűlés 2010

- 15:30-15:50 Fábián Margit, Uta Ruett és Sváb Erzsébet:  
*Urán tartalmú boroszilikát üvegek szerkezetvizsgálata: neutron-,  
röntgendiffrakció- és RMC szimulációs módszerrel*
- 15:50-16:10 Kis Zoltán, Belgya Tamás, Szentmiklósi László, Kasztovszky Zsolt és az  
Ancient Charm Együtműködés:  
*Térbeli elemeloszlás roncsolásmentes vizsgálata neutronokkal*
- 17:00-22:00 Kirándulás

### 2010. augusztus 27., péntek

- 08:30-09:05 Jurek Zoltán, Faigel Gyula, Bortel Gábor és Tegze Miklós:  
*Egyedi molekulák szerkezetmeghatározása: segíthet-e a röntgen szabadelektron  
lézer?*
- 09:05-09:40 Dégi Júlia:  
*Nanométeres léptékű fázisszeparáció közetekben - anyagvizsgálat és modellezés*
- 09:40-10:00 Groma István:  
*Deformációs lavinák nanoszerkezetekben: a statisztikus fizika egy új kihívása*
- 10:00-10:20 Arkadiusz Wójs, Tőke Csaba és Jainendra K. Jain:  
*Frakcionális kvantum Hall effektus 5/2 betöltésnél*
- 10:20-10:40 Szolnoki Attila:  
*Játékelméleti stratégiák térbeli vetélkedése*
- 10:40-11:00 Kávészünet
- 11:00-11:35 Kamarás Katalin:  
*Átlátszó vezető rétegek szén nanocsövekben*
- 11:35-12:10 Cserti József:  
*A különleges fizikai tulajdonságú grafén*
- 12:10-12:45 Szunyogh László:  
*Mágneses nanovilág: a spin-pálya kölcsönhatás kedvenc terepe*
- 12:45-13:05 Borda László, Jakob Bork, Yong-hui Zhang, Lars Diekhöner, Pascal Simon,  
Johann Kroha, Peter Wahl és Klaus Kern:  
*Hangolható csatolású mágneses dimerek elméleti és kísérleti vizsgálata*
- 13:05-14:00 Ebéd

## Tartalomjegyzék

<u>Antal Péter Gyula, Szipőcs Róbert</u> A csoportkésleltetés, a tárolt energia és az abszorpciós/szórási veszteség kapcsolata diszperziós dielektrikum tükrökben .....	1
<u>Balázs László</u> Mivel világítunk a XXI. században? .....	2
<u>Benedek Csaba, Czirják Attila, Földi Péter, Kálmán Orsolya, Kovács Judit, Molnár Balázs, Benedict Mihály</u> Lézerrel kontrollált kvantum dinamikai jelenségek a milliszekundumostól az attoszekundumosig.....	3
<u>Berényi Dániel, Bencze György, Boldizsár László, Futó Endre, Hamar Gergő, Kovács Levente, Lévai Péter, Lipusz Csaba, Pochybova Sona és Varga Dezső</u> A CERN-i ALICE kísérlet egy új egysége: a VHMPID detektor .....	4
<u>Borda László, Jakob Bork, Yong-hui Zhang, Lars Diekhöner, Pascal Simon, Johann Kroha, Peter Wahl és Klaus Kern</u> Hangolható csatolású mágneses dimerek elméleti és kísérleti vizsgálata .....	5
<u>Cserti József</u> A különleges fizikai tulajdonságú grafén.....	6
<u>Czitrovsky Aladár</u> Magyarország az ELI programban.....	7
<u>Darázs Zoltán és Kiss Tamás</u> A folytonos idejű kvantum bolyongás Pólya-féle száma .....	8
<u>Dégi Júlia</u> Nanométeres léptékű fázisszeparáció közetekben - anyagvizsgálat és modellezés .....	9
<u>Dombi Péter, Rác Péter, Lenner Miklós, Kroó Norbert, Farkas Győző, Alexander Mitrofanov, Andrius Baltuška, Takao Fuji, Krausz Ferenc, Scott E. Irvine, Abdul Y. Elezzabi</u> Ultragyors fényforrásokkal keltett felületi plazmonok .....	10
<u>Erdélyi Zoltán</u> Határfelületi kinetikák és morfológiák nanoskálán.....	11
<u>Fábián Margit, Uta Ruett és Sváb Erzsébet</u> Urán tartalmú boroszilikát üvegek szerkezetvizsgálata: neutron-, röntgendiffrakció- és RMC szimulációs módszerrel .....	12
<u>Fehér István, András Andor és Deme Sándor</u> 50 év a sugárvédelem szolgálatában .....	13
<u>Földes István és Szatmári Sándor</u> Rövid impulzusú KrF lézerek a fúzióban és a plazmafizikában .....	14
<u>Földi Péter, Kálmán Orsolya, Szaszko-Bogár Viktor, Benedict Mihály</u> Spin Rabi oszcillációk és felharmonikusok kétdimenziós kvantumgyűrűkben.....	15
<u>Fülöp József András, Pálfalvi László, Almási Gábor és Hebling János</u> Extrém nagy térerősségű THz-es források tervezése .....	16
<u>Fülöp József András és Hebling János</u> Szögdiszperzió alapuló fázisillesztés a nagyintenzitású lézertechnikában .....	17

G. Szabó István	
Optikai esettanulmányok elsősorban ipari képfeldolgozási projektekben .....	18
<u>Gál Gabriella</u> , Rajta István, Szilasi Szabolcs, Juhász Zoltán, Biri Sándor, Mátéfi-Tempfli Mária és Mátéfi-Tempfli István	
Nanokapillárisok rendezettségének vizsgálata pásztázó transzmissziós ionmikroszkópiával .....	19
Gergely Árpád László	
Szupernehéz fekete lyukak összeolvadása és gravitációs sugárzása, avagy hogyan keletkeznek az X-alakú rádiógalaxisok? .....	20
Groma Géza	
Ultragyors elektron- és protonmozgások követése bakteriorodopszinban koherens infravörös és terahertzes emisszió detektálásával .....	21
Groma István	
Deformációs lavinák nanoszerkezetekben: a statisztikus fizika egy új kihívása .....	22
Gyürky György	
Az asztrofizikai p-folyamathoz kapcsolódó magfizikai kísérletek .....	23
<u>Hagymási Imre</u> , Kormányos Andor és Cserti József	
Kritikus Josephson-áram ballisztikus grafén-szupravezető rendszerekben .....	24
<u>Hartmann Péter</u> , Kovács Anikó, Donkó Zoltán, Angela Douglass, Jorge C. Reyes és Truell W. Hyde	
Kristályosodás 2D komplex plazmában .....	25
<u>Hebling János</u> , Fülöp József András, Almási Gábor és Pálfalvi László	
Néhány ciklusú, nagyintenzitású közeli és távoli infravörös elektromágneses impulzusok előállítására és alkalmazására .....	26
<u>Z. Heiner</u> , L. Fábrián, M. Merő, M. Kiss, A. Dér, K. Osvay	
Ultragyors optikai fénykapcsolás fehérjével .....	27
<u>Hopp Béla</u> , Smausz Tomi, Vass Csaba, Kecskeméti Gabriella, Geretovszky Zsolt, Tóth Zsolt, Budai Judit, Szabó Gábor	
Excimer lézeres anyagmegmunkálás .....	28
Horváth Dezső	
Óriási gyorsítók és pirinyó részecskék: az LHC indulása .....	29
<u>Juhász Zoltán</u> , B. S. Frankland, F. Frémont, J. Rangama, J.-Y. Chesnel és Sulik Béla	
Negatív hidrogénionok keletkezése ion-molekula ütközésekben .....	30
<u>Juhász Zoltán</u> és Sulik Béla	
Ionterelődes szigetelő nanokapillárisokban .....	31
<u>Jurek Zoltán</u> , Faigel Gyula, Bortel Gábor és Tegze Miklós	
Egyedi molekulák szerkezet-meghatározása: segíthet-e a röntgen szabadelektron lézer? ..	32
Kamarás Katalin	
Átlátszó vezető rétegek szén nanocsövekből .....	33
Katz Sándor	
A kvark-gluon plazma vizsgálata szuperszámítógépekkel .....	34
<u>Kis Zoltán</u> , Belgya Tamás, Szentmiklósi László, Kasztovszky Zsolt és az Ancient Charm Együttműködés	

Térbeli elemeloszlás roncsolásmentes vizsgálata neutronokkal .....	35
Kiss Csaba A Herschel űrtávcső – az első év az Űrben .....	36
Kiss László Idegen világok nyomában: bolygórendszerek más csillagok körül .....	37
<u>Koltai János</u> , Zólyomi Viktor, Kürti Jenő és Kamarás Katalin Szerkezeti fázisátalakulás nanocsökötegekben extrém nagy nyomáson .....	38
Kövér Ákos, I. A. Williams, D. J. Murtagh és G. Laricchia Pozitron reakciómikroszkóp atomi ütközési folyamatok vizsgálatára .....	39
Krajczár Krisztián Töltött hadronok spektrumainak mérése 0,9, 2,36 és 7 TeV ütközési energiákon a CMS detektorral .....	40
Krasznahorkay Attila A magfizikai kutatások perspektívái lézerekkel előállított intenzív $\gamma$ -nyalábokkal .....	41
Krausz Ferenc Elektronok mozgásban .....	42
Kiss István, <u>Lengyel Krisztián</u> , Kovács László, Szalay Viktor és Corradi Gábor OH <sup>-</sup> ionok abszorpciójának anomális hőmérsékletfüggése sztöchiometrikus LiNbO <sub>3</sub> kristályban .....	43
Lévai Péter A kvark-gluon plazma előállítása nehézion ütközésekben .....	44
<u>Lovics Riku</u> , Csík Attila, Takáts Viktor, Vad Kálmán Átlátszó vezető oxid rétegek tulajdonságainak vizsgálata .....	45
<u>Maák Pál</u> , Veress Máté, Szipőcs Róbert, Antal Péter, Dombi Péter, Rácz Péter, Kurdi Gábor, Richter Péter Akusztóoptikai eszközök alkalmazásai femtoszekundumos lézerimpulzusok kezelésére ..	46
Martinás Katalin A termodinamika tanításának problémái .....	47
Mezei Ferenc A neutronforrások következő generációja: új megoldások és tudományos lehetőségek ....	48
Molnár Levente A CERN LHC ALICE kísérlet legújabb eredményei .....	49
Nemcsics Ákos GaAs-alapú önszerveződő nanostruktúrák .....	50
Osvay Károly Az ELI lézerrendszerek tudományos-technológiai kihívásai .....	51
Pál Károly Ferenc Bell-egyenlőtlenségek kvantummechanikai sértése .....	52
<u>Pálfalvi László</u> , Tóth Bálint, Almási Gábor, Péter Ágnes, Polgár Katalin, Hebling János Általános Z-scan elmélet és alkalmazása LiNbO <sub>3</sub> vizsgálatára .....	53
<u>Palla Gergely</u> , Lovász László és Vicsek Tamás Véletlen gráf generálás multifraktálokkal .....	54

Rácz Zoltán	
Klímaváltozások: Adatok, nagyságrendek, modellek .....	55
Guszejnov Dávid, Pokol Gergő, Pusztai István, <u>Réfy Dániel Imre</u>	
A RENATE nyálábemissziós spektroszkópi szimuláció és alkalmazásai .....	56
<u>Salamon Péter</u> , Éber Nándor, Buka Ágnes, Samuel Sprunt, James T. Gleeson és Jákli Antal	
Hajlított törzszű és rúd alakú folyadékkristályok elegyeinek dielektromos tulajdonságai ...	57
Djotyán Gagik, <u>Sándor Nóra</u> , Bakos József, Sörlei Zsuzsanna	
Koherencia-teremtés inhomogén kiszélesedésű közegben .....	58
<u>Szabó István</u> , Bükki-Deme András, Eszenyi Gergely, Harasztosi Lajos és Beke Dezső	
Miről recseg a Barkhausen-zaj? .....	59
<u>Szabó Róbert</u>	
A Kepler-program .....	60
<u>Szász János</u> , Kiss Mátyás, Sánta Imre, Szatmári Sándor és Kuhlevszkij Szergej	
A lézer paraméterek vizsgálata z-pinch gerjesztésű Ar <sup>+8</sup> lágyröntgen lézerben .....	61
<u>Szász Krisztián</u> és Bakonyi Imre	
GMR multirétegek mágneses ellenállás görbéinek modellezése a külső tér függvényében különböző csatolások és anizotrópiák mellett .....	62
Szolnoki Attila	
Játékelméleti stratégiák térbeli vetélkedése .....	63
Szunyogh László	
Mágneses nanovilág: a spin-pálya kölcsönhatás kedvenc játékterepe .....	64
<u>Tóth József</u> és Németh Ágoston	
ZnO(Al) röntgen fénnel gerjesztett elektronszínképe .....	65
Tóth Tamás, Márton Zsuzsanna	
Kvalitatív és korrelációs technikák összehasonlítása komplex festékminták LIBS analízisében .....	66
Arkadiusz Wójs, <u>Tóke Csaba</u> és Jainendra K. Jain	
Frakcionális kvantum Hall effektus 5/2 betöltésnél .....	67
Török István	
Szalay Sándor a szonokémia előfutára .....	68
<u>Ujhelyi Ferenc</u> , Barócsi Attila, Dobos Gábor, Erdei Gábor, Kocsányi László, Lenk Sándor, Richter Péter, Mocsár Kálmán, Nádudvari György, Somogyi András, Battistig Gábor, Fried Miklós és Pongrácz Anita	
A foto-modulált reflexió mérése és alkalmazása ion implantációval létrehozott rétegek minősítésére .....	69
Bíró Tamás, Ván Péter, Barnaföldi Gergely, <u>Ürmössy Károly</u>	
Nem-extenzív eloszlások RHIC és LHC energián .....	70
Ván Péter	
A mozgó testek hőmérséklete: egy régi probléma új kihívásai .....	71
<u>Vankó György</u> , Pieter Glatzel, Wojciech Gawelda, Christian Bressler, Pápai Mátyás és Sas Norbert	
Ultragyors folyamatok vizsgálata röntgenspektroszkópiával .....	72

## Fizikus vándorgyűlés 2010

Varga Árpád, Ádám Péter, Bergou János Kvantum mérés információhozama .....	74
Varga Péter Fotonika?.....	75
Varró Sándor Selényi Pál és a kvantumelektrodinamika. Az interferencia szerepe egyfotonos korrelációs kísérletekben .....	76
Veres Árpád Gammalézer pumpa kísérlet magizomer-gerjesztéssel .....	77
Merkel Dániel Neutronreflektrometria alkalmazásokkal .....	78
Koltai János Szerkezeti fázisátalakulás nanocsőkötegekben extrém nagy nyomáson.....	79

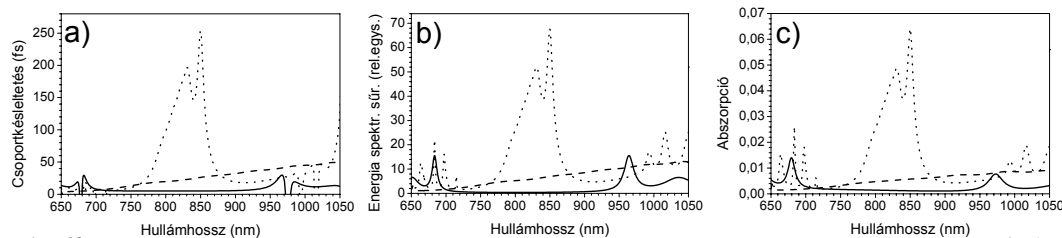
## A csoportkéseletetés, a tárolt energia és az abszorpciós/szórásveszteség kapcsolata diszperziós dielektrikum tükrökben

Antal Péter Gyula, Szipőcs Róbert

MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet  
1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.

A diszperziós, vagy más szóval fáziskorrigáló multiréteges dielektrikum lézertükrök széles körben alkalmazzák femtoszekundumos lézerekben az ultrarövid impulzusok előállításához szükséges széles sávú visszacsatolás illetve a megfelelő diszperziókompenzálás céljából, továbbá a rezonátoron kívüli impulzuskompresszióhoz. A diszperziós tükröknek több fajtája is létezik. Az ún. csörpölt tükrök széles frekvenciatartományban közel állandó negatív másodrendű diszperzióját a fény különböző spektrális komponenseinek hullámhosszfüggő behatolási mélysége okozza. Ezzel szemben az ún. Gires-Tournois interferométer (GTI) szerkezetű tükrökben az ún. „spacer” réteg(ek)ben felépülő rezonáns tér a diszperzió forrása, aminek következtében diszperziójuk jóval nagyobb lehet, mint a hasonló optikai vastagságú csörpölt tükröknek - a sávzélesség rovására. Többréteges Gires-Tournois szerkezetű (MCGTI) tükrökkel már egyszerre érhető el nagy diszperzió és nagy sávzélesség.

Különböző, nagy reflexiójú vékonyréteg tükrökön végzett numerikus számításokkal megmutatjuk, hogy az egyes frekvenciakomponensekre a tükrök csoportkéseletetése arányos a rétegszerkezetben a reflexió közben felépülő állóhullámú tér által tárolt energiával valamint az abszorpciós ill. szórásveszteséggel. Háromféle szerkezetet vizsgálunk: egy negyedhullámú tükröt, egy ultraszélessávú csörpölt tükröt (UBCM) és egy nagy diszperziójú MCGTI tükröt [1]. A számítások eredménye az 1. ábrán látható. A veszteséget a törésmutató képzetes része határozza meg, amit egységesen 0.0001-nek feltételeztünk. Az ábrából kitűnik, hogy a nagy diszperziójú rendelkező MCGTI tükrök esetében a abszorpciós veszteség jóval nagyobb, mint a kisebb diszperziójú tükrökben, ami alacsonyabb roncsolási küszöbhez vezet. Ez elsősorban nagyenergiájú lézerrendszerekben történő alkalmazáskor lehet kritikus.



1. ábra: *a) A csoportkéseletetés, b) a tárolt energia spektrális sűrűsége és c) az abszorpció a negyedhullámú tükrökben (folytonos vonal), az UBCM tükrökben (szaggatott vonal) és az MCGTI tükrökben (pontozott vonal)*

[1] P. Gy. Antal, R. Szipőcs, “Relation between group delay, energy storage and absorbed/scattered power in highly reflective dispersive dielectric mirror coatings“, OIC conference, Tucson, Arizona, OSA Technical Digest, paper FB3 (2010).



## Mivel világítunk a XXI. században?

Balázs László

*GE Hungary Kft. 1044 Budapest, Váci út 77.*

Napjainkban a fényforrásipar óriási sebességgel alakul át, aminek egyik szembetűző jele, hogy a boltok polcainál fokozatosan eltűnnek a nyolcvan éve változatlan konstrukciójú izzólámpák és helyüket sokkal jobb hatásfokú fényforrásoknak adják át. A változások hajtóereje az energiatakarékosságra való törekvés. A Földön megtermelt villamos energia közel egyötöde világítási célokat szolgál, ezért a fényforrások hatásfokának javítása jelentős energiamegtakarítást eredményez világszerte. Az izzólámpák kiváltására számos új terméket fejlesztett ki a fényforrásipar. Az infratükörrel bevont halogén izzóktól kezdve a kompakt fénycsöveken át a robbanásszerű gyorsasággal fejlődő, de még költséges LED lámpákig számos műszaki megoldás létezik a világítóeszközök hatásfokának javítására. A nagyteljesítményű világítódiódák nem egyszerűen újfajta fényforrások: a dinamikusan változtatható spektrum és a hosszú élettartam új alkalmazásokat tesz lehetővé, ami teljesen megváltoztatja a világítástechnikáról eddig kialakult képet.



a)



b)



c)

*1. ábra: Azonos fényáramú lámpák: 40 wattos izzó (a), izzólámpa burába zárt 9 wattos kompakt fénycső (b) és a 2010 áprilisában bemutatott 9 wattos LED lámpa (c)*

## Lézerrel kontrollált kvantumos dinamikai jelenségek a milliszekundumostól az attoszekundumosig

Benedek Csaba, Czirják Attila, Földi Péter, Kálmán Orsolya, Kovács Judit,  
Molnár Balázs, Benedict Mihály

*Szegedi Tudományegyetem, Elméleti Fizikai Tanszék,  
6720 Szeged, Tisza Lajos körút 84.*

Néhány olyan eredményt mutatunk be, amelyek atomi rendszerek jellegzetes kvantumos mozgása során jelentkeznek, és amelyek kontrolljához, illetve időbeli viselkedésének fölbontásához lézeres módszereket lehet, illetve kell alkalmazni. Ezek a jelenségek és a hozzájuk tartozó jellegzetes időskálák a következők: Erősen kölcsönható csapdázott egydimenziós bozon gáz, un. Tonks gáz karakterisztikus oszcillációi (10 ms) [1], elektronspinek és oszcillációs dinamikájuk félvezető vékonyréteg gyűrűkben (0,1 ns) [2,3], molekularezgések és hullámcsomag oszcillációk (10-100 fs) [4-6], atomi elektronok mozgásának és összefonódásának időskálája (10 as).

### Hivatkozások:

- [1] Benedict M., Benedek Cs., Czirják A., [arXiv:0907.2217](https://arxiv.org/abs/0907.2217), (2009)
- [2] Földi P., Kálmán O., Benedict M., Peeters F., *Nano Letters*, **8**, 2556 (2008)
- [3] Földi P., Benedict M., Kálmán O., Peeters F., *Phys. Rev. B* **80**, 165303 (2009)
- [4] Benedict M., Molnár B., *Phys. Rev. A* **60**, R1737 (1999)
- [5] Földi P., Czirják A., Molnár B., Benedict M.: *Optics Express* (2002)
- [6] Molnár B., Földi P., Benedict M., Bartha F., *Europhys. Lett.* **61**, 445 (2003)

## A CERN-i ALICE kísérlet egy új egysége: a VHMPID detektor

Berényi Dániel<sup>a,b</sup>, Bencze György<sup>a</sup>, Boldizsár László<sup>a</sup>, Futó Endre<sup>a</sup>, Hamar Gergő<sup>a</sup>, Kovács Levente<sup>b</sup>, Lévai Péter<sup>a</sup>, Lipusz Csaba<sup>a</sup>, Pochybova Sona<sup>a</sup> és Varga Dezső<sup>a</sup>

<sup>a</sup>MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 114.

<sup>b</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1118 Budapest, Pázmány P. Sétány 1/A.

A Nagy Hadronütköztető (LHC) gyorsító 2009 őszén megkezdte kutatási programjának végrehajtását. Az ALICE detektor fő célja a proton-proton és nehézion ütközésekben keletkezett új részecskék (főként hadronok, fotonok és töltött leptonok) impulzus-eloszlásának minél pontosabb meghatározása, mely ahhoz szükséges, hogy minél pontosabb képet kaphassunk ezen ütközések korai állapotáról. A proton-proton ütközések eredményei mintegy referenciaként szolgálnak a nehézion ütközések adatainak megértéséhez, ahol új, kollektív állapotok megjelenését várjuk. Az ALICE detektor tervezésekor fő szempont volt, hogy az alkalmas legyen annak kimutatására, hogy az ütközés során létrejött-e az anyag új halmazállapota, a kvark-gluon plazma.

A detektor tervezése 1996-ban kezdődött, amikor még nem ismertük a RHIC gyorsítónál kapott érdekes, elméleti szempontból is rendkívül fontos adatokat. Kiderült, hogy a nagyon nagy impulzusú ( $p > 5-8$  GeV) töltött hadronok rendkívül fontos információkat hordoznak a nehézion ütközésben keletkezett sűrű forró anyag korai állapotairól – így például a keresett kvark-gluon plazmáról. Ezért felmerült az ALICE detektor továbbfejlesztése, a „Nagyon Nagy Impulzusú Részecskék Azonosító Detektor” („Very High Momentum Particle Identification Detector” - VHMPID) megépítése, amely egy eddig elérhetetlen impulzus ablakban képes szétválogatni a töltött pionokat, kaonokat, protonokat és antiprotonokat. A magyar ALICE csoport csatlakozott ehhez a fejlesztéshez.

Az előadás során bemutatjuk a VHMPID detektor 2012-re megépítendő első moduljának legfontosabb részeit: a nagy impulzusú így közel fénysebességű töltött részecskék által keltett Cserenkov-sugárzást pontosan megmérő gázmodult, és a nagyon ritkán előforduló nagy impulzusú részecskék megjelenését jelző trigger-modult – ez utóbbi teljesen magyar fejlesztés, az RMKI és az ELTE együttműködése keretében készül. Ismertetjük a modulok kifejlesztése, megépítése során fellépő legérdekesebb problémákat és a megtalált megoldásokat. A detektor méretezése nagyon hosszadalmas szimulációk lefuttatását is megkövetelte, betekintést adunk ezen szimulációk módszereibe és eredményeibe. Jelenleg a VHMPID konstrukciós fázisa tart. Bemutatjuk a detektor tervezett elhelyezkedését, működését. Végezetül összegezzük azokat a fizikai eredményeket, amelyeket az új detektortól várunk.

- [1] L. Boldizsár et al. (VHMPID Collaboration): *High- $p_T$  Trigger Detector Development for the ALICE Experiment at CERN*, Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 197 (2009) 296-301.

## Hangolható csatolású mágneses dimerek elméleti és kísérleti vizsgálata

Borda László<sup>a,b</sup>, Jakob Bork<sup>c,d</sup>, Yong-hui Zhang<sup>c</sup>, Lars Diekhöner<sup>d</sup>, Pascal Simon<sup>e</sup>,  
Johann Kroha<sup>b</sup>, Peter Wahl<sup>c</sup> és Klaus Kern<sup>c,f</sup>

<sup>a</sup>*BME Elméleti Fizika Tanszék, 1111 Budapest, Budafoki út 8.*

<sup>b</sup>*Physikalisches Institut, Universität Bonn, Nussallee 12, D-53115 Bonn, Germany*

<sup>c</sup>*Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstrasse 1, D-70569 Stuttgart, Germany*

<sup>d</sup>*Institut for Fysik og Nanoteknologi and Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aalborg Universitet, Skjernvej 4A, DK-9220 Aalborg, Denmark*

<sup>e</sup>*Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, CNRS, UMR 8502, F-91405 Orsay Cedex, France*

<sup>f</sup>*Institut de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), CH-1015 Lausanne, Switzerland*

Az erősen korrelált anyagok számos különleges tulajdonsága elsősorban a mágneses momentumok lokális árnyékolódása és a szomszédos momentumok közötti mágneses kölcsönhatás közötti finom egyensúly következménye. Attól függően, hogy az adott anyagban a kétfajta kölcsönhatás közül éppen melyik dominál, a rendszer lehet fémes illetve szigetelő, mutathat antiferromágneses rendet illetve nehéz fermion viselkedést. Különösen érdekesek azok az anyagok, melyek alacsony hőmérsékleten valamely külső paraméter (nyomás, mágneses tér) folytonos változtatásával átvihetők a fent említett fázisok egyikéből a másikba egy kvantumkritikus ponton keresztül.

Elméleti előrejelzések azt sugallják, hogy a kvantumkritikus pont közelében az erősen korrelált spinrendszerek viselkedését a dimerek formálódása határozza meg: Éppen ezért szolgálhatnak a csupán két, mágnesesen csatolt spint tartalmazó rendszerek a különféle elméleti modellek próbaköveiként. Az előadás során a mágneses dimerek pásztázó alagútmikroszkópos vizsgálatának legfrissebb eredményeit és a kísérleti eredményeket részben magyarázó elméleti számításokat ismertetjük.

## A különleges fizikai tulajdonságú grafén

Cserti József

*Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Komplex Rendszerek  
Fizikája Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A.*

A jól ismert grafitban a szénatomok egymással párhuzamos, méhsejthez hasonló szerkezetű rétegekben rendeződnek. A manchesteri egyetemen Geim kutatócsoportjának 2004-ben sikerült a grafitból egy ilyen egyetlen atom vastagságú réteget, az ún. grafént leválasztani [1]. Rögtön ezután a Columbia egyetemen Kim csoportjának is sikerült grafént előállítani, és megerősítették Geim csoportjának az eredményeit [2].

Kiderült, hogy grafénben a töltéshordozók dinamikáját a Schrödinger-egyenlet helyett nagyon jól közelíthetjük a Dirac-egyenlettel, és így a grafén nagyon rövid időn belül a kutatás középpontjába került. Habár az elektronok mozgása egyáltalán nem relativisztikus, az elektronok kölcsönhatása a méhsejt-rácsban elrendezett szénatomok periodikus potenciáljával olyan kvázirészecske gerjesztést eredményez, ami alacsony energián nagy pontossággal írható le a 2+1 dimenziós zérus tömegű Dirac-egyenlettel. Emiatt gyakran a neutrínókhöz hasonlítják a grafénben fellépő Dirac-fermionokat. Azonban egy fontos különbség, hogy grafénben az effektív „fénysebesség” kb. 300-szor kisebb a vákuumban terjedő fény sebességénél. A grafén felfedezése és elektromos tulajdonságának mérése immár lehetőséget nyújt a kvantum-elektrodinamikában ismert különleges jelenségek, mint például a Klein-paradoxon tesztelésére. Mágneses térben a Dirac-fermionok a „hagyományos” elektronokhoz képest szokatlan módon viselkednek, és új fizikai jelenségek figyelhetők meg, mint például az anomális Hall-effektus.

Az előadásban áttekintjük a grafén fizikáját, összehasonlítjuk a közönséges elektronokéval, és szólnunk a lehetséges alkalmazásairól, ami forradalmasíthatja a jövő számítógépeit.

### Hivatkozások:

1. K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, and A. A. Firsov, *Science* **306**, 666 (2004).
2. Y. Zhang, Y.-W. Tan, H. L. Stormer, and P. Kim, *Nature* **438**, 201 (2005).

## Magyarország az ELI programban

Czitrovsky Aladár

*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet  
1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33  
czi@szfki.hu*

Az Extreme Light Infrastructure (ELI) program - egyike az európai tudományos infrastrukturális nagyberendezések létrehozására irányuló programoknak, amelynek célja egy rekord paraméterekkel rendelkező szuper-lézer rendszer megépítése és ennek felhasználása ma még megvalósíthatatlan kísérletekben. A tervezett szuper-lézer nagyberendezés mind teljesítményét, mind időbeli és térbeli paramétereit tekintve nagyságrendekkel felülmúlja a jelenlegi berendezéseket és számos tekintetben áttörést jelent több tudományterületen, mint pl. a fizika (fény- anyag kölcsönhatás, nemlineáris QED, elektron gyorsítás), a kémia (nagy időfelbontású reakció kinetika), a biológia, az orvostudomány, stb. Az ELI nemzetközi szakmai közössége magasra értékelte a szuper-rövid lézer-impulzusok generálása terén hazánkban - az SZFKI-ban, a Szegedi és a Pécsi Tudományegyetemen, az RMKI-ban - elért, világviszonylatban is új eredményeket - az attoszekundumos lézerimpulzus keltés felvetését és kidolgozását, a femto-szekundumos csörpölt lézertükrök új generációjának kifejlesztését, az új eljárások kidolgozását az optikai mérés technika, a nemlineáris optika és a kvantumoptika területén, stb., amelyek nagy lökést adtak a tudományág fejlődésének.

A hazai lézerfizika nemzetközi elismerését jelenti, hogy a létrehozandó 3 különböző lézer rendszer közül (időközben a nemzetközi közösség 3 berendezés megépítését fogadta el) az ELI Attoszekundumos Lézerberendezés megépítésének jogát Magyarország kapta meg – ez a tervek szerint Szegeden épül meg.

A megvalósítást a projekt előkészítő fázisa előzi meg (ELI-Preparatory Phase), amelyben eredetileg 5 magyarországi intézmény vett részt – az SZFKI (mint koordinátor), a Szegedi Tudományegyetem, a Pécsi Tudományegyetem, az RMKI, valamint a DDKKK, később csatlakozott a BME, az ELTE és néhány iparvállalat. A projektnek ez a szakasza tartalmazza a nagyberendezés helyszínének (illetve helyszíneinek) a kiválasztását, a nemzetközi bizottságok létrehozását (később az Európai Kutatói Infrastruktúra Konzorciumának - ERIC – megalakítását), a berendezés megtervezését és parametrizálását, a sugárvédelmi feltételek kidolgozását, a megépítési és üzemeltetési struktúra létrehozását, a jogi szabályozás kimunkálását, az üzemeltetési szabályok egyeztetését, a jogi háttér biztosítását, stb.

Az adminisztratív lépések megtételével párhuzamosan (helyszín pályázat, Memorandum of Understanding, stb.) egy sor szakmai részlet kidolgozása is megtörtént, amelyek a megépítendő berendezés tervezését tartalmazzák.

Az előadásban az előzőek rövid összefoglalása után a szakmai kérdések lesznek bemutatva, különös tekintettel a Magyarországon megépülő berendezés terveire.

## A folytonos idejű kvantumos bolyongás Pólya-féle száma

Darázs Zoltán és Kiss Tamás

*MTA SZFKI Kvantumoptikai és Kvantuminformatikai Osztály, Budapest, XII. Konkoly-Thege Miklós út 29-33.*

A kvantumos bolyongás egy egyszerű modell, amely mostanában nagy figyelmet kap a kvantuminformatikai alkalmazásai miatt. A kvantumos bolyongás felhasználásával például hatékony keresőalgoritmusokat találtak. Másrészt a transzportfolyamatok egy modelljéül is szolgál, amellyel univerzális tulajdonságokat, többek között a dimenzionalitás szerepét vizsgálhatjuk.

Munkánkban [1] javasoltunk egy lehetséges definíciót a folytonos idejű kvantumos bolyongás Pólya-féle számára, hogy ezáltal meghatározhassuk a bolyongás visszatérési tulajdonságait, jellemezve ezáltal a terjedési sebességet. A definíció tartalmaz egy mérési sorozatot is a rendszeren, amelyben minden mérés a sokaság különböző elemén történik. Ezáltal a mérés visszahatását minimalizálhatjuk. Definíciónk általánosítása a korábban általunk a diszkrét idejű kvantumos bolyongás Pólya-féle számára adott meghatározásnak [2,3].

Különböző gráfok visszatérési tulajdonságait vizsgáltuk, többek között a periodikus láncot, az egydimenziós végtelen rácsot és magasabb dimenziós négyzetes rácsokat, és meghatároztuk a rácsokon történő bolyongáshoz tartozó Pólya-féle számot. A mérési időpontokat véletlenszerűen választottuk (például Poisson folyamattal) és összehasonlítottuk az egyenlő lépésközzel vett időpontokat tartalmazó mérési sorozattal, figyelembe véve a mérési idő pontatlanságát is. Azt tapasztaltuk, hogy a visszatérés valószínűségét legfőképp az origóban való megtalálás időbeli függvényének burkolója határozza meg, de a mérési eljárás részletei is alapvetően befolyásolhatják.

[1] Z. Darázs, T. Kiss, *Pólya number of continuous-time quantum walks*, arXiv:1004.5286v2 [quant-ph], Phys. Rev. A közlésre elfogadva.

[2] M. Stefanak, I. Jex, T. Kiss, *Recurrence and Pólya number of quantum walks*, Phys. Rev. Lett. 100, 020501 (2008).

[3] M. Stefanak, T. Kiss, I. Jex, *Recurrence properties of unbiased coined quantum walks on infinite d-dimensional lattices*, Phys. Rev. A 78, 032306 (2008).

## Nanométeres léptékű fázisszeparáció kőzetekben - anyagvizsgálat és modellezés

Dégi Júlia

*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.*

A földkéreg különböző részein uralkodó nyomás és hőmérsékletviszonyokat az adott körülmények között stabil fázisegyüttesek/ásványegyüttesek tükrözik. A lemeztectonikai fejlődés és egyéb geológiai folyamatok révén ezen kondíciók megváltozhatnak, mely új fázisegyüttesek kialakulását eredményezi. Az ásványegyüttesek egymásba alakulása jellemzően lassú, szilárd fázisú kémiai reakciók révén történik, így a kőzetekben gyakorta megfigyelhetők metastabil fázisegyüttesek is. A különböző ásványegyüttesek és szilárd fázisú kémiai reakciók részletes anyagvizsgálatával és termodinamikai modellezésével rekonstruálható a tektonikai fejlődés.

A földkéreg egy viszonylag gyakori ásványa, a jellegzetesen nagy hőmérsékleten (>500 °C) és/vagy nyomáson (>0.4 GPa) kialakuló gránát bomlása jó példa tektonikai fejlődés során bekövetkező szilárd fázisú kémiai reakcióra. A gránát hosszú ideig képes metastabil állapotban megmaradni és bomlása során speciális mikroszerkezetű reakciótermékek, ún. szimplektitek keletkeznek. A szimplektitek féregszerű összenövést mutató, jellegzetesen mikrométeres vagy nanométeres szemcseméretű, két vagy három fázisból álló fázisegyüttesek, melyeket nagyfokú térbeli rendezettség jellemez. A szimplektit fázisai általában élesen elkülönülő reakciófront mentén érintkeznek a prekursor fázissal, arra közel merőlegesen helyezkednek el, és szabályos távolságban változtatják egymást. Ezt a távolságot nevezzük a szimplektit karakterisztikus hullámhosszának. A szimplektitképződés hajtóerejének, hatótényezőinek és mechanizmusának megértéséhez elengedhetetlen a mikroszerkezet és a kémiai tulajdonságok in situ vizsgálata a centiméterestől a nanométeres tartományig.

A Balaton-felvidék alatti alsó kéregből származó kőzetekben megjelenő gránát bomlási reakció esetén az anyagvizsgálat lépései az optikai mikroszkópos fázisazonosítástól az analitikai transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatokig terjedtek. Meghatároztuk a gránát, mint prekursor fázis és a bomlása során képződött szimplektitek mikroszerkezeti és kémiai jellegzetességeit valamint a reakciófront topológiáját és nanoszerkezetét [1]. A megfigyelések alapján a reakciótermékek a gránát – szimplektit fázishatár mentén nukleálódnak, és a növekedésükhöz szükséges anyagtranszport döntően szemcsehatár menti diffúzióval valósul meg a gránát belseje felé mozgó 2 – 5 nm széles reakciófront mentén. Irreverzibilis termodinamikai megfontolások alapján összefüggést mutattunk ki a mozgó reakciófront sebessége és a szimplektit karakterisztikus hullámhossza között [1].

### Hivatkozások:

- [1] Dégi J., Abart R., Török K., Bali E., Wirth R., Rhede D., *Contrib. Mineral. Petrol.* **159**, 293–314 (2010).



## Ultragyors fényforrásokkal keltett felületi plazmonok

Dombi Péter<sup>1</sup>, Rácz Péter<sup>1</sup>, Lenner Miklós<sup>1</sup>, Kroó Norbert<sup>1</sup>, Farkas Győző<sup>1</sup>,  
Alexander Mitrofanov<sup>2</sup>, Andrius Baltuška<sup>2</sup>, Takao Fuji<sup>3</sup>, Krausz Ferenc<sup>3</sup>,  
Scott E. Irvine<sup>4</sup>, Abdul Y. Elezzabi<sup>4</sup>

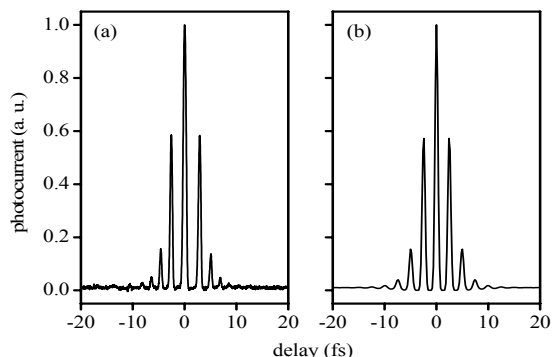
<sup>1</sup>*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, Budapest*

<sup>2</sup>*Institut für Photonik, Technische Universität Wien*

<sup>3</sup>*Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching bei München*

<sup>4</sup>*Ultrafast Photonics and Nano-optics Laboratory, University of Alberta, Edmonton*

A felületi plazmonok (FP-k) általi fotoemissziós és elektrongyorsítási folyamatra alapozva előnyös tulajdonságokkal rendelkező keV-os elektronnyalábok hozhatóak létre nagyon kompakt módon, valamint ennek segítségével az FP terekben lejátszódó ultragyors folyamatokat is tanulmányozni lehet [1-3]. Az ilyen felületi ultragyors jelenségekre vonatkozóan elsőként méréseket hajtottunk végre 5-6 fs-os lézerimpulzusok felhasználásával abból a célból, hogy a fémfelületi fotoemisszió és a plazmonos elektrongyorsítás ultragyors lefutásával kapcsolatban időben feloldott képet nyerjünk. Ezek során autokorrelációs méréseket végeztünk egy szélessávú interferométer segítségével, melynek kimenetével felületi plazmonokat keltettünk, majd mértük a plazmontérbe kibocsátott elektronok áramát a késleltetés függvényében. Ezzel a mérési módszerrel lehetőség van az elektronokat keltő FP terét időben karakterizálni. Az ábra a) részén egy ilyen tipikus mérési eredmény látható. Az ábra b) része pedig 6 fs-os, a felülettel kölcsönható optikai impulzusból származtatható, számolt negyedrendű autokorrelációt ábrázolja. Megállapítható, hogy a két görbe jól illeszkedik, vagyis az elektronemissziót keltő plazmontér szintén csak 2-3 elektromágneses ciklusból áll.



Ezen túlmenően méréseket végeztünk nagy fókuszált intenzitások esetén is, melyek szerint a plazmonos elektrongyorsítás során 6 fs-os keltőimpulzusok alkalmazása esetén is elérhető keV-os, ~250 nm-es hosszon gyorsított elektronnyalábok és a plazmontér lényegesen nagyobb lehet a FP-t keltő lézerimpulzus elektromos terénél.

[1] S. E. Irvine, A. Dechant, A. Y. Elezzabi, *Phys. Rev. Lett.* **93**, 184801 (2004).

[2] S. E. Irvine, P. Dombi et al., *Phys. Rev. Lett.* **97**, 146801 (2006).

[3] P. Dombi & P. Rácz, *Opt. Express* **16**, 2887 (2008).

[4] P. Dombi et al., kézirat bírálat alatt (2010).

## Határfelületi kinetikák és morfológiák nanoskálán

Erdélyi Zoltán

*Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizika Tanszék, 4010 Debrecen, Pf. 2.*

Az elmúlt tíz év során érdekes anomális diffúziós jelenségeket fedeztünk fel. Számítógépes szimulációk segítségével megmutattuk, hogy egy kezdetben elmosott A/B határfelület kiélesedhet hőkezelés során még kölcsönösen korlátlanul keveredő rendszerekben is, ha diffúziós együttható erősen függ a koncentrációtól. [i] Azt is megmutattuk, hogy attól függően, hogy a diffúziós együttható milyen erősen függ a koncentrációtól és mekkora a keverési hő, szub- és szuperdiffúziót is megfigyelhetünk. Azaz például egy határfelület eltolódása az idő függvényében olyan hatványfüggvénnyel volt illeszthető, melynek kitevője nagyobb vagy kisebb volt, mint 0,5. [ii,iii] Megmutattuk, hogy szilárdtest reakciókban a reakcióréteg általában nem sztöchiometrikus összetételben keletkezik és növekszik. Továbbá, egy kezdetben sztöchiometrikus összetételű reakcióréteg akár fel is oldódhat a hőkezelés következtében, majd nem sztöchiometrikus összetétel mellett újrakeletkezhet. [iv]

A fenti jelenségek kísérleti vizsgálatára a módszerek egy széles skáláját alkalmaztuk. A határfelület elmozdulási kinetikájának mérésére felületanalitikai módszereket (AES, XPS) alkalmaztunk: egy vékony réteg beoldódását mértük egy fél végtelennek tekinthető hordozóba Ni/Cu(111), Ni/Au(111), Si/Ge(111), a-Si/a-Ge rendszerekben. [iv,v,vi] A határfelület élesedését és a szilárdtest reakció folyamatát különböző szinkrotron alapú módszerek (plusz TEM, SNMS 4WR) alkalmazásával tanulmányoztuk Co-Si rendszerben. [vii, viii,ix]

### Hivatkozások:

- [i] Erdélyi Z, Szabó IA, Beke DL, Phys. Rev. Lett. **89**, 165901 (2002).
- [ii] Erdélyi Z, Girardeaux Ch, Tőkei Zs, Beke DL, Cserhádi Cs, Rolland A, Srf. Sci. **496**, 129 (2002).
- [iii] Erdélyi Z, Katona G, Beke DL, Dietrich Ch, Weigl F, Boyen H-G, Koslowski B, Ziemann P, Phys. Rev. B **69**, 113407 (2004).
- [iv] Erdélyi Z, Beke DL, Taranovskyy A, Appl. Phys. Lett. **92**, 133110 (2008).
- [v] Katona GL, Erdélyi Z, Beke DL, et al., Phys. Rev. B **71**, 115432 (2005).
- [vi] Balogh Z, Erdélyi Z, Beke DL, Langer GA, Csik A, Boyen Hans-Gerd, Wiedwald U, Ziemann P, Portavoce A, Girardeaux Ch, Appl. Phys. Lett. **92**, 43104 (2008).
- [vii] Cserhádi C, Balogh Z, Csik A, Langer GA, Erdélyi Z, Glodán Gy, Katona GL, Beke DL, Zizak I, Darowska N, Dudzik E, Feyerherm R, J. Appl. Phys. **104**, 024311 (2008).
- [viii] Erdélyi Z, Cserhádi C, Csik A, Daróczi L, Langer GA, Balogh Z, Varga M, Beke DL, Zizak A, Erko A, X-Ray Spectrometry **38**, 338 (2009).
- [ix] Erdélyi Z, Sladeczek M, Stadler L-M, Zizak I, Langer GA, Kis-Varga M, Beke DL, Sci. **306**, 1913 (2004).

## Urán tartalmú boroszilikát üvegek szerkezetvizsgálata: neutron-, röntgendiffrakció- és RMC szimulációs módszerrel

Fábián Margit<sup>a</sup>, Uta Ruett<sup>b</sup> és Sváb Erzsébet<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.*

<sup>b</sup>*Hasylab at Desy, Notkestr. 85, D-22603 Hamburg, Germany*

A radioaktív hulladékok biztonságos, hosszú távú tárolása napjaink egyik fontos problémája. Az egyik legperspektivikusabb tárolóanyag az alkáli boroszilikát üveg, amely alapanyag-, előállítás- és megmunkálhatóság szempontjából is optimális tulajdonságokkal rendelkezik. Munkánk során előállítottuk a mátrix-üvegnek nevezett üvegösszetételt, amelyhez az eddig ismert legnagyobb mennyiségben, 30s% sikerült UO<sub>3</sub>-ot adalékolnunk. Az üvegsorozatunk a következő nominális összegképpel írható le: 70s%[(65-x)SiO<sub>2</sub>·xB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·25Na<sub>2</sub>O·5BaO·5ZrO<sub>2</sub>]+30s%UO<sub>3</sub>, ahol x=5-20mol%. A rövid- és középtávú rend meghatározására mintáinkat neutron- és röntgendiffrakcióval vizsgáltuk két kísérleti berendezésnél (a 10 MW-os Budapesti Kutatóreaktor mellett működő PSD neutrodiffraktométeren [1] ( $\lambda_0=1.068 \text{ \AA}$  monokromatikus nyalábbal a  $Q=0.45-10 \text{ \AA}^{-1}$  szórási tartományban), valamint a Desy/Hasylab szinkrotronnál működő BW5 röntgendiffraktométeren [2] (109.5 keV,  $\lambda_0=0.113 \text{ \AA}$ ,  $Q=0.5-25 \text{ \AA}^{-1}$ ). A neutrodiffrakciós mérések során a könnyebb atomokra kapunk információt (B, O, Si), míg a nehezebb atomok környezetének megismerésére röntgendiffrakciós mérések elvégzése indokolt (Ba, Zr, U). Az adatok feldolgozását a fordított Monte Carlo (RMC) szimulációs módszerrel végeztem, amely rendezetlen rendszerek diffrakciós spektrumainak értelmezésére széles körben alkalmazott eljárás.[3] Meghatároztuk az atompárokat jellemző parciális pátkorrelációs függvényeket és a koordinációs számokat, ezek alapján egy jól definiált alapszerkezetet tudunk megadni az urán tartalmú többkomponensű rendszerre. Megállapítottuk, hogy az U-O atompár részt vesz az alapszerkezet felépítésében, két igen éles csúcsot ad 1.8 és 2.2  $\text{\AA}$  távolságoknál. Ezek a távolságok az üvegalkotó tetraédes SiO<sub>4</sub> (1.6  $\text{\AA}$ ) és a vegyes trigonális és tetraédes BO<sub>3</sub> és BO<sub>4</sub> (1.4 és 1.6  $\text{\AA}$ ) egységek első szomszéd távolságokhoz közeli értékek. Az urán atomot átlagosan 5 oxigén atom veszi körül. Megállapítottuk, hogy az UO<sub>3</sub> bevitele stabilizálja a mátrix üvegszerkezetet és kedvezőek a higroszkópikus tulajdonságai.[4] Vizsgálataink alapján feltételezhető, hogy a boroszilikát üvegek a bemutatott összetétellel potenciális radioaktív hulladék tárolóanyagként használhatók.

### Hivatkozások:

- [1] E. Sváb, Gy. Mészáros, F. Deák, Materials Science Forum **228**, 247 (1996) és <http://www.bnc.hu/>
- [2] H. Poulsen, J. Neufelnd, H. B. Neumann, J. R. Schneider, M. D. Zeidler, J. Non-Cryst. Solids **188**, 63 (1995).
- [3] R. L. McGreevy, L. Pusztai, Mol. Simul. **1**, 359 (1998).
- [4] M. Fábián, E. Sváb, Th. Proffen, E. Veress, J. Non-Cryst. Solids **354**, 3299 (2008).

## **50 év a sugárvédelem szolgálatában**

Fehér István, András Andor és Deme Sándor

*MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet, 1121 Budapest, Pf. 49.*

1960-ban alakult meg a KFKI sugárvédelmi feladatait egységesen ellátó részlege, a Sugárvédelmi Osztály. Az előadásban bemutatjuk a KFKI személyi, munkahelyi és környezeti ellenőrzésére kifejlesztett főbb módszereket, valamint azok bevezetésével elért néhány eredményt. A sugárvédelmi kutatás-fejlesztési munkák közül foglalkozunk a Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszerével, valamint az erőmű sugárvédelmével kapcsolatos egyéb munkáinkkal. Beszámolunk a Csernobili Atomerőműben bekövetkezett súlyos baleset hazai sugárzási következményeinek a felméréséről. Áttekintést adunk az űr-dozimetriában elért eredményeinkről. Ismertetjük a belső sugárterhelés, különös tekintettel az inhaláció mechanizmusának jobb megismerésére irányuló kutatásainkat.

## Rövid impulzusú KrF lézerek a fúzióban és a plazmafizikában

Földes István<sup>a</sup> és Szatmári Sándor<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet,  
Magyar EURATOM Egyesület, 1525 Budapest, Pf. 49.*  
<sup>b</sup>*SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék, 6720 Szeged, Dóm tér 9.*

Miközben a lézeres fúzióban jelenleg főképp szilárdtest lézereket használnak, nem szabad megfeledkezni a perspektivikus KrF excimer-lézer alternatíváról sem. Bár gázlézer lévén az egységnyi térfogatban tárolható energia viszonylag alacsony, ezt kompenzálhatja az elérhető jobb nyalábminőség és magas hatásfok. A rövid hullámhossz lehetőséget ad a romboló nemlinearitások elkerülésére frekvencia-többszörözés nélkül is. Ugyancsak előnyös lehet a rövid hullámhossz a fúzió úgynevezett gyors begyűjtéséhez is, mivel mélyen tud behatolni a plazmában, és intenzitása elégséges az elektronok 0.5-1MeV energiára való gyorsításához, ami megfelelő a fúziós kapszula begyűjtéséhez.

Felhasználva az excimer-lézerek tulajdonságait egy új, gyors-begyűjtásos koncepciót mutatunk be, amely ugyanazon lézer-erősítőket használja a fúziós kapszulát összenyomó nanoszekundumos és azt begyűjtő pikoszekundumos impulzus erősítésére[1]. Megvizsgáljuk a szokásosnál rövidebb impulzussal való többnyalábos begyűjtési lehetőséget.

Ismertetjük a nyalábok egyesítésére kidolgozott interferometrikus multiplexelés módszerét. Kísérleti lehetőségét demonstráljuk annak, hogy nemcsak az infravörös, hanem az ultrarövid KrF lézerek előimpulzusoktól való megtisztítása, azaz az impulzuskontraszt növelése lehetséges az úgynevezett plazmatükör módszerrel.

A plazmafizikai alkalmazások közül kiemeljük a lézerplazma-spektroszkópiai alkalmazásokat. Megmutatjuk, hogy KrF lézerekkel lehetséges szubpikoszekundumos impulzusok előállítását, valamint az előimpulzusoktól megtisztított nyalábbal a nagysűrűségű, szilárd anyag, úgynevezett izochor fűtése.

### Hivatkozás:

[1] Földes I. B., Szatmári S., *Laser and Particle Beams* **26**, 575, (2008).

## Spin Rabi oszcillációk és felharmonikuseltés kétdimenziós kvantumgyűrűkben

Földi Péter<sup>a</sup>, Kálmán Orsolya<sup>b</sup>, Szaszko-Bogár Viktor<sup>a</sup>, Benedict Mihály<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*SZTE TTIK Elméleti Fizikai Tanszék, 6720 Szeged, Tisza L. krt. 84-86.*

<sup>b</sup>*MTA SZFKI Kvantumoptikai és Kvantuminformatikai Osztály  
1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.*

Gyűrű alakú tartományba zárt kétdimenziós elektrongázban a spin-pálya kölcsönhatás erőssége félvezető heterostrukturák esetén külső elektromos térrel befolyásolható. Azt az esetet vizsgáljuk, amikor ez a kölcsönhatás időben oszcillál. Megmutatjuk, hogy spinpolarizált kezdőállapot és rezonáns spin-pálya kölcsönhatás esetén az optikai Rabi oszcillációkkal analóg folyamat tapasztalható: A spin iránya a megfelelő Rabi frekvenciával váltakozik. Ha a kölcsönhatás erőssége elegendően nagy amplitúdóval változik, akkor az időfejlődésben az oszcilláció alaphfrekvenciájának a többszörösei is megjelennek. Lokalizált kezdőállapotokat tekintve a kvantumoptikából ismert kollapszus és feléledés jelensége is megjelenik. Ez fizikailag azzal magyarázható, hogy kezdeti hullámcsomag szétfolyik, egy idő után a gyűrű mentén széthúzódo hullámfüggvény „feje” és „farka” összeér, kvantuminterferenciajelenségek tapasztalhatók. Azonban a diszkrét energiaszintek (és így frekvenciák) következményeként a fázisok egy idő után újra megegyeznek a kezdetiekkel, így a hullámcsomag ismételtlen összeáll. Továbbá a  $T_r$  idő után bekövetkező teljes feléledés mellett pl.  $T_r$  felénél részleges feléledést tapasztalunk. Ekkor a hullámfüggvény két jól lokalizált hullámcsomag szuperpozíciója, más néven egy Schrödinger-macska állapot.

### Hivatkozások:

- [1] Péter Földi, Mihály G Benedict, O Kálmán, F M Peeters, Phys. Rev. B. **80**, 165303 (2009).
- [2] Péter Földi, Mihály G Benedict, O Kálmán, előkészületben (2010).
- [3] Földi Péter, Fizikai Szemle **59**, (11) 378-381 (2009).

## Extrém nagy térerősségű THz-es források tervezése

Fülöp József András, Pálfalvi László, Almási Gábor és Hebling János

*Pécsi Tudományegyetem, Kísérleti Fizika Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.*

A THz-es sugárzás tartománya a tudományos érdeklődés homlokterébe került a kompakt femtoszekundumos lézerek elterjedésével. A döntött impulzusfrontú femtoszekundumos impulzusokkal pumpált,  $\text{LiNbO}_3$ -ban történő optikai egyenirányítás segítségével előállított ultragyors THz-es impulzusok energiája jelenleg már a  $10 \mu\text{J}$ -os skálán van [1,2]. Ilyen nagy energiájú THz-es impulzusok számos új alkalmazási lehetőséget kínálnak; ide tartozik a nemlineáris THz-es spektroszkópia, vagy a THz-es képalkotás.

A jelenleg használt, döntött impulzusfrontú gerjesztésen alapuló THz-es források rács-lencse (vagy rács-teleszkóp) kombinációt használnak a döntött impulzusfront létrehozásához. A leképező elem hibái miatt azonban ilyen elrendezésekben korlátozott a pumpa foltmérete, ami határt szab az elérhető THz energiának. Számolások segítségével megmutattuk [3], hogy a rács-leképező rendszer paramétereinek optimális megválasztásával a leképezési hibák csökkenthetők, nagyobb pumpált foltméret használható, valamint a THz-es nyalábtulajdonságok javíthatók.

A THz-es impulzusok energiájának további növelésére javasoltunk egy kompakt elrendezést [4], ahol a döntött impulzusfrontot létrehozó rács a nemlineáris kristály felületén van kiképezve, és amely mentes a leképezési hibáktól. Ez az elrendezés különösen előnyösen alkalmazható félvezető nemlineáris anyagokkal, ahol a szükséges impulzusfront-dőlés jóval kisebb, mint  $\text{LiNbO}_3$ -ban. Modellszámításaink szerint [3] félvezető anyagokat alkalmazva nemlineáris közegként a hasonló vagy nagyobb THz-keltési határfok érhető el, mint  $\text{LiNbO}_3$ -ban, feltéve, hogy a szokásos 800 nm-nél hosszabb hullámhosszú pumpálást alkalmazunk. Erre a pumpáló hullámhosszon való többfotonos abszorpció hatásának csökkentése miatt van szükség, amely a THz tartományon elnyelést okoz. A kontakt rácsos elrendezéssel jelenleg tesztkísérleteket folytatunk; az első eredmények biztatóak, a módszer működőképességét támasztják alá. A kontakt rácsos elrendezés, félvezető nemlineáris anyagok, valamint hosszabb pumpáló hullámhossz alkalmazásával a THz-es impulzusok energiájának további jelentős felskálázása várható.

### Hivatkozások:

- [1] K.-L. Yeh et al., Appl. Phys. Lett. **90**, 171121 (2007).
- [2] A. G. Stepanov et al., Opt. Lett. **33**, 2497 (2008).
- [3] J. A. Fülöp et al., Opt. Express, accepted (2010).
- [4] L. Pálfalvi et al., Appl. Phys. Lett. **92**, 171107 (2008).

## Szögdiszperzió alapuló fázisillesztés a nagyintenzitású lézertechnikában

Fülöp József András és Hebling János

*Pécsi Tudományegyetem, Kísérleti Fizika Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.*

Napjainkban egyre-másra épülnek a mind nagyobb és nagyobb intenzitású ultragyors fényforrások (a tervezettek egyike az ELI). Ilyen rendszerekben általában nélkülözhetetlenek a frekvenciakonvertáló, illetve optikai parametrikus erősítő fokozatok. A nagy nyalábátmérő és a rövid impulzushossz kombinációja szükségessé teszi a tervezésnél a sávszélesség mellett a kölcsönható impulzusok tér- és időbeli átfedésének vizsgálatát is. A fázisillesztés sávszélessége, valamint a kölcsönható fényimpulzusok csoportsebessége közötti kapcsolat régóta ismert. Szögdiszperzió használatával a nemlineáris optikai folyamatok sávszélessége sok esetben jelentősen növelhető [1], ami alapvető a rövid impulzushossz biztosításához. Ismert, hogy a szögdiszperzió impulzusfront-dőléssel jár [2, 3], ami az egyébként megfelelő időzítésű kölcsönható impulzusok közötti térbeli átfedést korlátozhatja. Példaként megmutatjuk, hogy optikai parametrikus erősítés esetén szögdiszperziót alkalmazva a jel impulzusnál, az akromatikus fázisillesztés egyenértékű az egyidejű csoportsebesség-, illetve impulzusfront-illesztéssel.

A kettőstörésen alapuló fázisillesztés esetén a kölcsönható nyalábok közül egy vagy több extraordinárius terjedésű. Megmutatjuk, hogy extraordinárius terjedés esetén a szögdiszperzió változtatásával hangolható a csoportsebesség. Noha ez az egyszerű tény számos, gyakorlatban alkalmazott séma működésének alapjául szolgál, a szakirodalom mégsem említette eddig.

A szögdiszperzióval segített szélessávú fázisillesztés egy fontos lehetséges jövőbeni alkalmazási területe néhány ciklusú infravörös impulzusok optikai parametrikus erősítése. A 1.5 – 2  $\mu\text{m}$  körüli hullámhossztartományban működő parametrikus erősítők hatékonyan (frekvenciakétszerezés nélkül) pumpálhatók 1  $\mu\text{m}$  körüli hullámhosszon működő diódapumpált szilárdtest-lézerekkel. Ultranagy intenzitásokra való skálázáshoz nagy méretekben előállítható, nagy nemlinearitású erősítő kristályra van szükség; ilyen pl. a  $\text{LiNbO}_3$ . Megmutatjuk, hogy szögdiszperzió alkalmazásával elérhető ultranagy sávszélességű fázisillesztés  $\text{LiNbO}_3$ -ban, ami lehetővé teszi ultranagy intenzitású, néhány ciklusú impulzusok előállítását az infravörös tartományban.

### Hivatkozások:

- [1] G. Szabó, Zs. Bor, Appl. Phys. B **50**, 51 (1990). O. E. Martínez, IEEE J. Quantum Electron. **25**, 2464 (1989).
- [2] J. Hebling, Opt. Quantum Electron. **28**, 1759 (1996).
- [3] J. A. Fülöp, J. Hebling, in *Recent Optical and Photonic Technologies*, ed. K. Y. Kim, Intech, Croatia (2010).



## Optikai esettanulmányok elsősorban ipari képfeldolgozási projekteken

G. Szabó István

*OPTIKA Mérnökiroda Kft, 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.  
www.omi-optika.hu*

Az *ipari, műszaki, tudományos* alkalmazások során alapvető fontosságú, hogy a számítógépes képfeldolgozás bemeneti adata, azaz maga a kép megfelelő minőségű legyen. Ennek egyik elengedhetetlen feltétele pl. a megfelelő világítás is.

A *LED-ek* térnyerése e területen is felgyorsult, köszönhetően az utóbbi évek erőteljes, a LED-eket érintő fejlesztéseinek (mint pl. a nagyfényerejű/ nagyteljesítményű LED-ek megjelenése), melyek egyre több alkalmazást tesznek lehetővé.

A *képfeldolgozási feladatok* elterjedtsége növekszik: a számítástechnika, a kamerák folyamatos fejlődése (smart, intelligens, megapixel USB kamerák megjelenése stb.), relatív árak folyamatos csökkenése egyre több esetben teszi lehetővé alkalmazásukat, másrészt a hatékonyság folyamatos növelésének is egyik alapvető eszköze pl. a gyártási folyamatok on-line („in vivo”) ellenőrzése. Mindezek különösen igazak az olyan esetekben, amikor a megfigyelendő folyamat környezete (pl. sugárzás) vagy jellege (pl. sebesség) eleve nem teszi lehetővé a közvetlen emberi megfigyelést.

A *kis méret* megengedi, hogy a legkisebb férőhelyek esetén is megtervezhető legyen a speciális konfigurációt biztosító világító- és kameraegység. Ennek különösen meglévő gépekre utólag telepítendő rendszereknél van jelentősége, ahol a világítás helyigényét eredetileg nem biztosították (sok esetben ez új gépeknél is így van).

Az előadásban konkrét *alkalmazási példák*on keresztül bemutatunk tipikus ill. speciális eseteket, az általában a konkrét feladathoz kifejlesztett világítási és optikai rendszereket, világítóegységeket, érzékeltetve, hogy az optimális és hosszú élettartamú megoldás gyakran számtalan kísérlet, ill. helyszíni próba eredményeképpen alakul csak ki. Az alkalmazások többnyire *hazai és külföldi gyártósorokra* kifejlesztett és telepített rendszereket jelentenek, de bemutatunk *laboratóriumi vagy kísérleti munkához* kifejlesztett világításokat, optikákat is, nem utolsósorban az ország első, LED megvilágítású toronyóraszámplá világítását.

A közelmúlt fejlesztéseiből többek között ismertetünk speciális, adott feladatra tervezett optikai rendszereket, melyek pl. az európai fúziós kísérletek egy-egy részfeladatánál (*Wendelstein, TEXTOR*) jelentenek remélhetően hasznos segítséget a fizikusok számára.

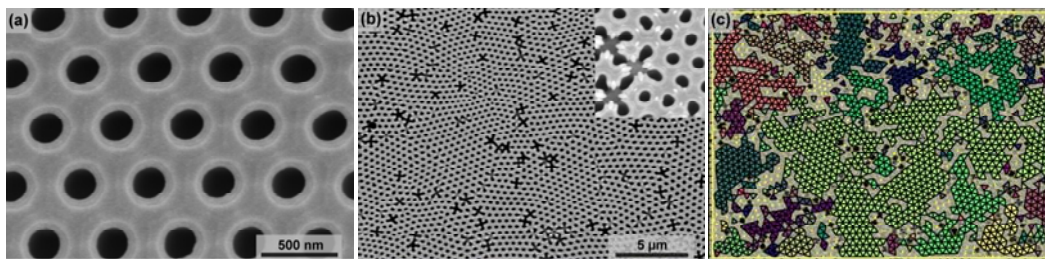
## Nanokapillárisok rendezettségének vizsgálata pásztázó transzmissziós ionmikroszkópiával

Gál Gabriella<sup>a</sup>, Rajta István<sup>a</sup>, Szilasi Szabolcs<sup>a</sup>, Juhász Zoltán<sup>a</sup>, Biri Sándor<sup>a</sup>,  
Mátéfi-Tempfli Mária<sup>b</sup> és Mátéfi-Tempfli István<sup>b</sup>

<sup>a</sup>MTA Atommagkutató Intézet, 4001 Debrecen, Pf. 51.

<sup>b</sup>Inst. of Cond. Mat. & Nanosciences, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

Napjainkban, amikor a nanotechnológia virágkorát éli és sorra készülnek a különböző nanostruktúrák és nanoeszközök, különösen nagy az érdeklődés az egyedi tulajdonságokkal rendelkező, különböző anyagokban kialakított nanokapillárisok iránt. Ezen nanokapillárisok közül is kiemelkedő jelentőséggel bír a nanoporozus alumíniumoxid, mely – egy nemrég felfedezett [1] és még mindig nem teljesen egészében értelmezett – ion- és elektron-terelő képességgel rendelkezik [2,3]. A pásztázó transzmissziós ionmikroszkópia (STIM) módszer alkalmas az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanokapillárisok vizsgálatára. A vizsgált minta főbb geometriai paraméterei: pórusátmérő  $\sim 215$  nm, távolság  $\sim 450$  nm, ld. 1. ábra (a). A membrán vastagsága  $15\ \mu\text{m}$ . A pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) képek néhány mikronos domain-szerkezetet mutatnak, ld. 1. ábra (b), (c), egy-egy domain-en belül tökéletes a rendezettség. Ha a protonnyaláb átmérőjét egyetlen domain méreténél kisebbre csökkentjük, a minta átlátszóságára a várt 19% adódik (geometriából számolt érték:  $\sim 19\text{-}20\%$ ). Ez az eredmény azt igazolja, hogy egyetlen domain-en belül a kapillárisok párhuzamosak. Nagyobb területet pásztázva (több domain együttes vizsgálatakor) a minta átlátszósága 5%-ra csökken. Kimutattuk, hogy ennek az az oka, hogy a tipikus domain méretnél nagyobb területen a domain-ek/kapillárisok szögcsórása  $\sim 2^\circ$  [4].



1. ábra: Elektronmikroszkópos képek  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanokapillárisokról  
(a) nagy nagyítású kép (b) kis nagyítású kép (belső kép mérete:  $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ )  
(c) a domain szerkezet szemléltetése rendezettség-analízissel

### Hivatkozások:

- [1] N. Stolterfoht, et al, Phys. Rev. Lett. **88**, 133201, (2002)
- [2] S. Mátéfi-Tempfli, et al, Nanotechnology **17**, 3915, (2006)
- [3] A.R. Milosavljević, et al, Phys. Rev. A **75**, 030901, (2007)
- [4] I. Rajta, et al, submitted to Nanotechnology (2010)

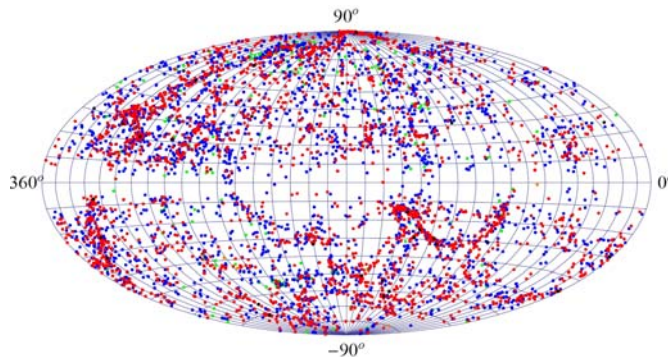
## Szupernehéz fekete lyukak összeolvadása és gravitációs sugárzása, avagy hogyan keletkeznek az X-alakú rádiógalaxisok?

Gergely Árpád László<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Szegedi Tudományegyetem, Elméleti Fizikai Tanszék, 6720 Szeged, Tisza L. krt. 84-86.

<sup>b</sup> Szegedi Tudományegyetem, Kísérleti Fizikai Tanszék, 6720 Szeged, Dóm tér 9.

Napjainkra ismertté vált, hogy a galaxisok központjában  $3 \times 10^6 \div 3 \times 10^9$  naptömegű, szupernehéz fekete lyukak találhatók (1. ábra). Az Univerzum történetében igen gyakran előforduló galaxis-összeolvadások során a két központi fekete lyuk a másik galaxis csillag-populációja részéről kifejtett dinamikai súrlódás hatására egymás felé igyekszik. Amikor a két fekete lyuk sugaruknak hozzávetőlegesen ezerszeresére megközelíti egymást, a gravitációs sugárzás válik domináns disszipatív effektussá. Figyelembe véve irányfüggő visszahatását és az ún. spin-pálya precessziót, kimutatható a domináns fekete lyuk forgástengelyének új irányba fordulása, még a két fekete lyuk tulajdonképpeni összeolvadását megelőzően. Az effektus nagysága perturbatív technikákkal pontosan számolható [1], [2].



1. ábra: „Közeli” szupernehéz fekete lyukak.

A fekete lyukak körül áramló anyag szimmetriatengelye, így a kialakuló mágneses mező tengelye is, melynek mentén nagyenergiájú kifelé áramló részecskék rádió tartományban jól látható nyalábokat hoznak létre, megegyezik a központi fekete lyuk forgástengelyével. Így mind a régi, mind az új forgástengely mentén nagy kiterjedésű nyalábok alakulnak ki. Ez a jelenség kvantitatív magyarázatot ad az X-alakú rádiógalaxisok kialakulására. Alátámasztja a magyarázatot az a megfigyelés is, miszerint az egyik nyaláb jellemzően erősen aktív (fiatal), míg a másik kevésbé az.

### Hivatkozások:

[1] Gergely Á.L., Biermann P.L., *Astrophys. J.* **697**, 1621, (2009).

[2] Gergely Á.L., Biermann P.L., Caramete L.I., arXiv:1005.2287 [astro-ph.CO] (2010).

## **Ultragyors elektron- és protonmozgások követése bakteriorodopszinban koherens infravörös és terahertzes emisszió detektálásával**

Groma Géza

*MTA Szegedi Biológiai Központ Biofizikai Intézet, 6726 Szeged, Temesvári krt. 62.*

A közelmúltban egyre nagyobb számban válnak ismertté olyan fényenergia hasznosító mikroorganizmusok, melyekben az energiaátalakítást retinál tartalmú proteinek végzik. E fehérjecsoport legismertebb tagja a bakteriorodopszin (bR), mely funkciója során protonokat pumpál át az őt magába foglaló bíbor membránon, az elnyelt fotonok energiáját ezáltal elektrokémiai gradienssé alakítva. A hatékony fényenergia – elektromos energia átalakítás nyilvánvaló feltétele, hogy annak kezdeti lépései a retinál 500 fs-os életidejű gerjesztett állapotában végbemenjenek. Célunk ezen a primér töltésszétválasztási folyamatok időbeli követése volt.

Az intramolekuláris töltésszeparáció következtében a molekulák sugárzó Hertz dipólusként viselkednek, a bíbor membránon belüli 2D kristályszerkezet és a membránok elektromos térrel való orientálhatósága pedig biztosítja, hogy ezen elemi sugárzások koherens módon összeadódjanak. Ennek eredményeként a 10 fs – 10 ps időtartományban fellépő dipólmomentum változások által keltett makroszkopikus koherens infravörös és terahertzes emisszió az ultragyors időfelbontásos spektroszkópia módszereivel detektálhatóvá válik.

Fényindukált koherens emissziós kísérleteinket két mérőrendszeren hajtottuk végre. Az IR tartományban az orientált bR mintából származó emissziós sugárnyalábot egy detektor felületén változó késleltetéssel interferáltattunk egy GaAs kristály által emittált egyciklusú referencia IR impulzussal. A terahertzes tartományban a mérés az elektrooptikai mintavételezés módszerén alapult. Mindkét eljárás a sugárzás térerősségét mérte, tehát arról teljes koherencia információt nyújtott. A fenti kísérletekkel három jelenségkör vált megfigyelhetővé:

Követni tudtuk a retinál molekulában a gerjesztés során fellépő elektron-átrendeződést, amely 10 fs-nál rövidebb idő alatt létrejön, és lecsengési kinetikája azonos a gerjesztett állapotéval. Megmutattuk, hogy e folyamat leírható a másodrendű nemlineáris optika elméletével, ha az optikai egyenirányítás jelenségét kiterjesztjük a rezonáns esetre.

A terahertzes emisszióban az elektron polarizációt követően fellépett egy azzal ellentétes előjelű, lassú fázis is, amely modellezhető volt a fotociklus K intermedierének 3 ps-os időállandóval történő kialakulásával párhuzamosan létrejövő kezdeti protonmozgással.

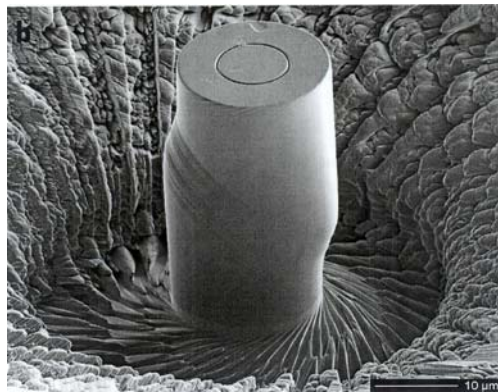
Az egyirányú elektron- és protonmozgáson kívül egy komplex oszcillációs folyamatot is megfigyeltünk. Modellszámításaink alapján ez jól leírható volt a 700-1400  $\text{cm}^{-1}$  tartományban fellépő 6 koherens (C-C stretching illetve H és CH<sub>3</sub> out-of-plane) nukleáris vibrációs módussal, melyek részbe a gerjesztett- részben az alapállapothoz rendelhetők.

## Deformációs lavinák nanoszerkezetekben: a statisztikus fizika egy új kihívása

Groma István

*ELTE Anyagfizikai Tanszék, 1117 Budapest Pázmány P. sétány 1/A.*

Az utóbbi néhány évben a nanotechnológia fejlődésével lehetővé vált 100nm körüli mérettartományban minták előállítása és azok deformációs tulajdonságainak vizsgálata. Ilyen fókuszált ionsugárral (FIB) kialakított majd nanoindentorral deformált „oszlop” látható az 1. ábrán.



1. ábra. Deformált Ni „nanooszlop”

A 2006-ban publikált első eredmények [1] legnagyobb meglepetése az volt, hogy ellentétben a makroszkopikus mintáknál megszokottal, a mért feszültség-deformáció görbe mintáról mintára változó véletlen lépcsőket tartalmaz. A lépcsők deformációs lavinák következményei, amelyek statisztikus tulajdonságai [2] rokonságot mutatnak számos más jelenségkörrel, mint pl. földrengés ill. mágneses doménfal mozgás.

Az előadásban a kísérleti eredmények ismertetése után megmutatjuk, hogy a lavinák jól reprodukálhatók a deformációért felelős vonalhibák (diszlokációk) kollektív mozgásának számítógépes szimulációval [3]. Ezután röviden összefoglaljuk, hogy a jelenségkör hogyan kezelhető statisztikus fizikai módszerekkel.

### Referenciák:

- [1] D.M. Dimiduk, C. Woodward, R. LeSar and M.d. Uchic, Science 312, 1188, (2006)
- [2] FF. Csikor, C. Motz, D. Weygang, M. Zaiser, Science 318, 251, (2007)
- [3] PD. Ispánovics, I. Groma, G. Györgyi, FF. Csikor, D. Weygang, Phys. Rev. Lett. (2010) publikálás alatt

## **Az asztrofizikai p-folyamathoz kapcsolódó magfizikai kísérletek**

Gyürky György, az MTA ATOMKI nukleáris asztrofizikai csoportjának nevében

*MTA Atommagkutató Intézet, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.*

Az asztrofizikai p-folyamat a vasnál nehezebb kémiai elemek protongazdag izotópjainak (az úgynevezett p-izotópoknak) a keletkezési mechanizmusa, mely mai ismereteink szerint nagy tömegű csillagokban játszódik le a csillagfejlődési folyamat utolsó állapotában, szupernóva robbanás során. A folyamat során gamma-indukált reakciók játsszák a döntő szerepet és a teljes folyamat modellezéséhez óriási, több tízezer reakciót tartalmazó reakcióhálózat figyelembe vétele szükséges. A p-folyamat egyike az elemszintézis legkevésbé ismert folyamatainak, a modellek nem tudják kellő pontossággal reprodukálni a természetben megfigyelt p-izotóp gyakoriságokat. Ennek egyik oka a folyamatban részt vevő magreakciók hatáskeresztmetszeteinek pontatlan ismerete lehet.

Az ATOMKI nukleáris asztrofizikai csoportjának egyik fő kutatási területe a p-folyamat szempontjából lényeges magreakciók kísérleti vizsgálata. Főként az ATOMKI gyorsítóinak használatával proton és alfa-befogási reakciók, valamint rugalmas alfa-szórási reakciók hatáskeresztmetszeteit mérjük az asztrofizikailag lényeges alacsony energiatartomány közelében. Méréseink eredményét összehasonlítjuk elméleti számításokkal, aminek segítségével a p-folyamat modellek pontosabbá tehetők.

## Kritikus Josephson-áram ballisztikus grafén-szupravezető rendszerekben

Hagymási Imre<sup>a</sup>, Kormányos Andor<sup>b</sup> és Cserti József<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék, 1117 Budapest,  
Pázmány Péter sétány 1/A.*

<sup>b</sup>*Department of Physics, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YB, UK*

A Josephson-átmenet vizsgálata különösen fontos mind elméleti mind kísérleti szempontból. Grafén alapú Josephson-átmenetet először 2007-ben sikerült kísérletileg létrehozni [1]. Mérésekben a Josephson-áram különböző paraméterektől való függését tudják mérni. Számos elméleti munka is született ezen a téren. A szupravezető-grafén hibridek energiaspektrumát mi is vizsgáltuk [2] és ez a munka alapjául szolgált a Josephson-átmenettel kapcsolatos elméleti kutatásunknak. Az irodalomban eddig nem tárgyalták az áram meghatározását véges hőmérsékleten grafén alapú Josephson-átmenet esetén. Megmutattuk, hogy miként lehet a hagyományos Josephson-átmenetre kidolgozott véges hőmérsékleti formalizmust alkalmazni a grafén alapú Josephson-átmenetre is. Az alkalmazott módszerünk nagy előnye, hogy nincs szükség az Andrejev-szintek meghatározására, azaz a szekuláris egyenlet megoldására.

Ha a szupravezetőbeli koherenciahossz jóval kisebb az átmenet hosszánál (angolul short junction) analitikus eredményeket vezettünk le az áramra, illetve a zérus hőmérsékleti határesetben visszkapjuk az irodalomban ismert formulákat [3]. Az eljárásunk tetszőleges Fermi-energiára és mintahosszra alkalmazható.

### Hivatkozások:

- [1] H. B. Heersche, P. J.-Herrero, J. B. Oostinga, L. M. K. Vandersypen, A. F. Morpurgo, *Nature* **446**, 56-59 (2007).
- [2] J. Cserti, I. Hagymási, A. Kormányos, *Phys. Rev. B.* **80**, 073404 (2009).
- [3] M. Titov, C.W.J. Beenakker, *Phys. Rev. B.* **74**, 041401(R) (2007).

## Kristályosodás 2D komplex plazmában

Hartmann Péter<sup>a</sup>, Kovács Anikó<sup>b</sup>, Donkó Zoltán<sup>a</sup>,  
Angela Douglass<sup>c</sup>, Jorge C. Reyes<sup>c</sup> és Truell W. Hyde<sup>c</sup>

<sup>a</sup>MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.

<sup>b</sup>Babes-Bolyai Tudományegyetem - 400084 Cluj-Napoca, M. Kogalniceanu 1, Romania.

<sup>c</sup>Center of Astrophysics, Space Physics and Engineering Research, Baylor University,  
97310 One Bear Place, Waco, TX 76798, USA

A kétdimenziós rendszerek fagyásának, ill. olvadásának részletei a mai napig tisztázatlanok. A három dimenzióban megszokott elsőrendű fázisátalakulás itt csak speciális körülmények között valósulhat meg. Általánosan a véges hőmérsékletű kristályos egyensúlyi állapot létezése is kérdéses, ill. bizonyos esetekben kizárható [1,2]. Mindezen nehézségek ellenére számos fizikai mennyiség és rendparaméter segítségével könnyen megkülönböztethetők egymástól a folyadék és szilárd fázisok.

A laboratóriumi komplex plazma kísérletekben megvalósított kétdimenziós „plazmakristályok” rendkívül hasznosnak bizonyultak kollektív, hagyományos anyagokban csak makroszkópikus skálán megfigyelhető folyamatok (mint pl. áramlások, transzportfolyamatok, fázisátalakulások, hullámterjedés, stb.) vizsgálatára mikroszkópikus szinten [2]. Ez annak köszönhető, hogy a gázkisülésben lebegő, egymással erősen kölcsönható elektromosan töltött porszemcsék mozgása közvetlenül, térben és időben jól felbontva követhető.

Kísérletileg és nagyskálájú molekuladinamikai szimuláció segítségével vizsgáltuk a folyadék állapotból gyors hűtéssel befagyasztott („quench”-elt) két-dimenziós komplex plazmában a kristályosodás időbeli fejlődését. Diszlokáció-koncentráció, translációs és orientációs korrelációs függvények, valamint közvetlen méret-meghatározás útján megmértük a rendszerben található kristályszemcsék átlagos átmérőjét. Megállapítottuk, hogy a szemcsék méretének időfüggése ( $\approx 0.4$  kitevőjű) hatványfüggvénnyel közelíthető. Nagysebességű felvételek segítségével azonosítottunk a rendképződés kezdeti szakaszában egy olyan tartományt, ahol a korrelációs hosszak a fenti hatvány kétszeresével növekednek. Ilyenkor ugyanis a kristályszemcsék még nem alakultak ki, a részecskék „ballisztikus” pályájukon közelítenek a lokális egyensúlyi pozíciójuk felé. Ezen rendeződés egyrészecske mozgások következménye, így jóval gyorsabb, mint a kollektív, összehangolt elmozdulást igénylő szemcse-növekedés.

Kutatásainkat az OTKA a PD-75113 és K-77653 projektek keretében támogatja.

### Hivatkozások:

- [1] N. Mermin, Phys. Rev. **176**, 250 (1968).
- [2] J. Fröhlich, C. Pfister, Comm. Math. Phys. **81**, 277 (1981).
- [3] V.E. Fortov *et. al.*, Physics Reports **421**, 1 (2005).



## Néhány ciklusú, nagyintenzitású közeli és távoli infravörös elektromágneses impulzusok előállítása és alkalmazása

Hebling János, Fülöp József András, Almási Gábor és Pálfalvi László

*Pécsi Tudományegyetem, Kísérleti Fizika Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.*

A lézer ötven éve történt felfedezése óta a lézerfizika rohamos fejlődése számos új lézeraktív anyag és lézertípus felfedezését eredményezte. A lézer a mindennapi életünk részévé vált és a tudomány legkülönbözőbb ágaiban is nélkülözhetetlen.

Számos lézer nagy intenzitással rendelkezik. Ez teszi lehetővé olyan lézerszerű (kis divergenciájú, nagy intenzitású fényt kibocsátó), és a továbbiakban „lézer”-nek nevezett fényforrások működését, amelyek nemlineáris optikai frekvencia-átalakításon alapulnak. Ilyen fényforrások az összeg- (SFG) és különbségi-frekvencia (DFG) keltő, az optikai parametrikus erősítő (OPA) és az optikai parametrikus oszcillátor (OPO).

Napjainkban a lézerfizika legizgalmasabb területe az (EUV illetve lágy-Röntgen spektrumú) attoszekundumos impulzusok előállítása és ezek alkalmazása. Magyarországon ez a terület különösen aktuális, mivel Szegeden a közeljövőben elkezdődik egy európai attoszekundumos kutatóközpont létrehozása. Ez a központ az un. Extra Light Infrastructure (ELI) része lesz. Mind a szegedi kutatóközpont, mind az ELI világsúcs intenzitású „lézerei” extra rövid időtartamúak, mindössze néhány ciklusúak.

Az előadásban bemutatunk olyan, az intézetünkben tervezett néhány ciklusú közeli infravörös „lézert”, amely az ELI-ben tervezett „lézerek” egy olcsóbb alternatívája lehet, és amely lehetővé teszi mindössze másfél optikai ciklusú fényimpulzusok előállítását.

2002-ben javasoltunk [1] egy eljárást nagy hatásfokú távoli infravörös (ún. THz-es) impulzusok előállítására. Ezzel az eljárással lehet a legnagyobb energiájú THz-es impulzusokat előállítani. Az így előállított THz-es impulzusokkal sikerült megvalósítani a világviszonylatban első pumpa-próba méréseket a THz-es tartományon [2]. Ezt az eljárást elkezdték alkalmazni európai, amerikai és japán kutatóintézetekben is.

Az előadásban a néhány ciklusú közeli és távoli infravörös „lézerek” olyan lehetséges alkalmazási területeit tekintjük át, mint az attoszekundumos fizika, a lézeres részecskegyorsítás, a hadronterápia és az asztali méretű szub-femtosekundumos kemény-Röntgen szabadelektron lézer.

### Hivatkozások:

- [1] J. Hebling, G. Almási, I. Z. Kozma, J. Kuhl, Optics Express **10**, 1161, (2002).
- [2] M. C. Hoffmann, J. Hebling, H. Y. Hwang, K.-L. Yeh, K. A. Nelson, Phys. Rev. B. **79**, 161201R (2009).

## Ultragyors optikai fénykapcsolás fehérjével

Z. Heiner<sup>a</sup>, L. Fábán<sup>a</sup>, M. Merő<sup>b</sup>, M. Kiss<sup>c</sup>, A. Dér<sup>a</sup>, K. Osvay<sup>c</sup>

<sup>a</sup>MTA Szegedi Biológiai Központ, Biofizikai Intézet, 6701 Szeged, Pf. 521.

<sup>b</sup>MTA Lézerfizikai Kutatócsoport, 6701 Szeged, Pf. 406.

<sup>c</sup>SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, 6701 Szeged, Pf. 406.

Napjaink kommunikációs hálózatainak adatforgalma és sebessége folyamatosan növekszik, jelenleg az 1 Tbit/s-os hálózat képviseli az elvárt sebességet és adatátviteli kapacitást. Általános vélemény, hogy a teljesen optikai adatátvitel az egyik legígéretesebb irány e cél eléréséhez. Az integrált optikai fejlesztések egyik kulcskérdése egy megfelelő nemlineáris optikai (NLO) tulajdonságokkal rendelkező anyag megtalálása, ami hullámvezetők felületén alkalmazva fényindukált kapcsolást mutat. Erre a célra mindezidáig folyadékkristályokat, illetve más biológiai anyagokat használtak, melyek azonban nem váltak be maradéktalanul. Az egyik új lehetséges jelölt lehet a bakteriorodopszin, melynek nem csak kedvező NLO tulajdonságai vannak, hanem mind optikailag, mind pedig mechanikailag stabil, könnyen kezelhető és nem utolsó sorban olcsó. Jóllehet a korábbi munkáink során kísérletileg kimutattuk, hogy a fényindukált átmenet a bR→M állapotok között alkalmas optikai kapcsolásra, azonban ez az átmenet relatíve lassú, a 10  $\mu$ s tartományba esik.

A jelen munkánk során megvizsgáltuk és kísérletileg igazoltuk, hogy a jóval gyorsabb (néhány ps) bR→K átmenet is eredményesen használható optikai kapcsolásra. Sőt, egy lépéssel továbbmenve, a bR eddig ismert leggyorsabb (<0.5 ps) bR→I átmenetét is sikerült elérnünk.

A pumpa-próba méréseinket 10 Hz-es, TW-osztályú lézerrendszer 800 nm-es impulzusaival végeztük, amelyeket két részre osztottunk. Az intenzívebb részből optikai parametrikus fázismodulált impulzus-erősítés (OPCPA) és fázismodulált összegfrekvencia-keltés (chirp-assisted SFG) kombinációjával állítottuk elő a 150 fs – 45 ps között hangolható időtartamú, sub-mJ energiájú pumpa impulzusokat. A 800 nm-es próba impulzus sávzélességét  $1800 \text{ nm}^{-1}$  Ag-rács, egy optikai rés illetve Fabry-Perot interferométer alkalmazásával 0.2 nm – 3 nm között változtattuk. Az impulzusokat megfelelő késleltetés után egy bR filmmel bevont rács-becsatolású ( $2400 \text{ nm}^{-1}$ ) sík hullámvezető rétegre irányítottuk. A hullámvezetőbe becsatolt spektrumot egy spektrográffal, az intenzitás változását pedig egy gyors fotodiódával mértük. Gerjesztés hatására a mintában törésmutató-változás lépett fel, ezért a becsatolt fényimpulzus rezonancia-csúcsa eltolódott, illetve az intenzitása megváltozott.

Összegezve tehát, kísérletileg igazoltuk a bR fotociklusának mind a BR→K, mind pedig a BR→I átmenetén alapuló ultragyors kapcsolást. A jövőben tehát ez lehet az alapja egy fehérje alapú integrált optikai eszköz megvalósításának.

## Excimer lézeres anyagmegmunkálás

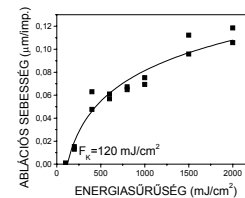
Hopp Béla<sup>a</sup>, Smausz Tomi<sup>b</sup>, Vass Csaba<sup>b</sup>, Kecskeméti Gabriella<sup>b</sup>, Geretovszky Zsolt<sup>b</sup>,  
Tóth Zsolt<sup>b</sup>, Budai Judit<sup>b</sup> és Szabó Gábor<sup>b</sup>

<sup>a</sup>MTA Lézerfizikai Kutatócsoport, Szegedi Tudományegyetem, 6720 Szeged, Dóm tér 9.

<sup>b</sup>Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, SZTE, 6720 Szeged, Dóm tér 9.

Az UV, s ezen belül az excimer lézeres anyagmegmunkálás számos előnyös tulajdonsága miatt már hosszú ideje kedvelt kutatási téma. A kedvező tulajdonságoknak köszönhetően több módszert dolgoztak ki azóta, melyekben közvetve vagy közvetlenül alkalmazzák különböző anyagok különböző célú megmunkálására. Az SZTE Fizikus Tanszékcsoportjában komoly múltja van az excimer lézerek fejlesztésének és anyagtudományi alkalmazási lehetőségeik vizsgálatának. Az alábbiakban az utóbbival kapcsolatos legfrissebb eredményeinket mutatjuk be a teljesség igénye nélkül. A kísérletek során háromfajta excimer lézert alkalmaztunk: 30 ns-os ArF ( $\lambda=193$  nm) és KrF, ( $\lambda=248$  nm), valamint 0,5 ps-os festéklézer-KrF lézerrendszert.

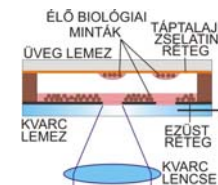
Excimer lézeres **direkt abláció** alkalmazásával sikerült megmunkálni ZnTe kristályt. Ennek során meghatároztuk a főbb ablációs paramétereket (maratási sebesség, küszöbenergiásűrűség), melyre korábban irodalmi adat nem állt rendelkezésre (1. ábra).



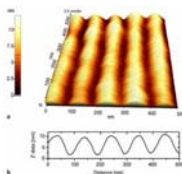
1. ábra

Az **impulzus lézeres vékonyréteg leválasztás (PLD)** egy olyan unikális technika, mellyel gyakorlatilag tetszőleges anyagból képesek vagyunk vékonyréteget készíteni. E téren egyrészt azt vizsgáltuk, miként küszöbölhető ki a módszer hátrányai, másrészt törekedtünk minél többféle anyagból rétegek készítésére, ezek minél több területen való alkalmazására. Utóbbi példaként szenzorok érzékenyítő rétegét állítottuk elő PLD módszerrel, ahol is a réteg morfológiájának kontrollja tette lehetővé unikális tulajdonságú rétegek előállítását, első-sorban félvezető oxid (pl. TiOx, SnOx), illetve adalékolt oxid (Au és Pd dópolt oxidok) anyagú rétegek esetében. A további kísérletek során gyémánt- grafit-, polimerszerű és biológiai (pl. ureáz, pepszin, fog) vékonyrétegeket állítottunk elő.

Kifejlesztettük az **abszorbeáló réteggel elősegített előreirányuló lézeres átviteli eljárást (AFA-LIFT)** (2. ábra), melyről bebizonyítottuk, hogy megfelelő paraméterek esetén alkalmas sérülékeny biológiai anyagok, spórák, emberi sejtek kontrollált átvitelére, melyek ennek során megőrzik osztódó-képességüket és fenotípusukat.



2. ábra



3. ábra

Részletesen megvizsgáltuk az **átlátszó anyagok lézeres hátoldali folyadékos maratására** kidolgozott módszert (LIBWE), melynek analógiájára kifejlesztettük a száraz maratásos, **LIBDE** eljárást. Meghatároztuk a két módszer fő jellemzőit, kidolgoztunk modellt a leírásukra, bebizonyítottuk, hogy alkalmasak nanostruktúrák kialakítására (3. ábra).

## Óriási gyorsítók és pirinyó részecskék: az LHC indulása

Horváth Dezső

*MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.  
és MTA Atommagkutató Intézet, 4001 Debrecen, Bem tér 18/c.*

Több ezer ember húszéves megfeszített munkája eredményeképpen 2009 végén elindult a CERN Nagy hadron-ütköztetője (LHC) és 2010-ben már üzemszerűen működik, rekordenergiákon szolgáltatva adatokat. A részecskefizikában megszokott méretek között is óriásnak számít mind a gyorsító, mind észlelőrendszerei: a gyorsító maga 27 km-es kör alakú alagútjában, 100 m-re a földfelszín alatt található, a protonokat és ólomionokat 1232 hatalmas (egyenként 15 m hosszú és 35 tonna súlyú) szupravezető mágnes tartja körpályán és további 8000 mágnes vezérli. A berendezés fő célja a részecskefizika feltételezett kulcsfigurájának, az elmélet egyetlen eddig fel nem fedezett elemi részecskéjének, a tömegképződésért és más jótékony hatásokért is felelős Higgs-bozonnak a felfedezése, valamint bizonyos elméletek szerint a Világegyetem sötét anyagát alkotó szuperszimmetrikus részecskéké. Célja ezen kívül az Ősrobbanást közvetlenül követő ósanyag előállításának és tanulmányozásának nehézionok ütköztetésével.

Az LHC hat kísérlete közül négyben vesznek részt magyar kutatók. A Compact Muon Solenoid (CMS) kísérletben van a legnagyobb csoportunk. A detektorrendszer megépítésében több ponton is részt vettünk: az RMKI-s csoport főként az előreszórt részecskéket észlelő kaloriméterében, az ATOMKI és a Debreceni Egyetem kutatói pedig a gyors müonok észlelésére szolgáló sokszálas kamrák helyzet-monitorozását fejlesztették ki, építették meg és üzemeltetik. Részt vettünk ezen kívül a CMS szívének, a pixel-detektornak az építésében és ma is részt veszünk az üzemeltetésében. Az LHC indulása után a budapesti CMS-csoport volt az első az LHC-nál, aki a részecskefizika fejlődésében kulcsfontosságú kvantumszindinamikának, a magerők elméletének kísérleti ellenőrzését elvégezte a 2009 végén rekordenergián gyűjtött proton-proton ütközések adataival.

Az ALICE (A Large Ion Collider Experiment) nehézionfizikai kísérlet magyar résztvevői túlnyomórészt a KFKI RMKI munkatársai. Ők fejlesztették ki az ALICE gyors adatkezelő rendszerét, amely olyan sikeres lett, hogy szerte a világban számos más kísérlet is átvette. Kisebb magyar csoport működik az LHC-alagútban a CMS-detektor két oldalán elhelyezett TOTEM-kísérletben, amely a kisszögű szórás szenvedett protonok tanulmányozásával fog alapvető fizikai információhoz jutni. Végül pedig számos magyar kutató dolgozik a CMS -hez hasonlóan általános célú ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS) kísérletben.

Az LHC működése folyamatosan figyelemmel kísérhető a CERN honlapján (<http://public.web.cern.ch/public/>) és az [origo] internetes hírportál CERN-blogján (<http://cernblog.wordpress.com/>).

## Negatív hidrogénionok keletkezése ion–molekula ütközésekben

Juhász Zoltán<sup>a</sup>, B. S. Frankland<sup>b</sup>, F. Frémont<sup>b</sup>, J. Rangama<sup>b</sup>,  
J.-Y. Chesnel<sup>b</sup> és Sulik Béla<sup>a</sup>

<sup>a</sup>MTA Atommagkutató Intézet, 4026 Debrecen, Bem tér 18/B.

<sup>b</sup>Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique (CIMAP), Unité Mixte CEA-CNRS-EnsiCaen-Université de Caen Basse-Normandie, UMR 6252, 6 Boulevard Maréchal Juin, F-14050 CAEN cedex 04, France

Negatív részecskék (elektronok, ionok) kibocsátásának szög és energia szerint differenciális hatáskeresztmetszeteit mértük meg OH<sup>+</sup> ionok Ar atomokkal és aceton (CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3</sub>) molekulákkal való ütközéseiben 7 keV ütközési energián. A kísérleteket a franciaországi GANIL intézetben végeztük el az ARIBE létesítmény elektron ciklotron rezonancia (ECR) ionforrásnak nyalábján. A kibocsátott elektronokon kívül negatív hidrogénionok viszonylag erős járulékát figyeltük meg mindkét ütközési rendszerben. Ezek az ionok a lövedékről, illetve aceton esetén, a lövedékről és a céltárgyról is származnak. A kinematikai analízis azt mutatja, hogy a megfigyelt ionok az atomi centrumok közvetlen ütközésének hatására szakadnak le a molekulákról. A vizsgált ütközési energia a Bragg-csúcson túli behatolási mélységhez tartozó energiáknak feleltethető meg, ezért a negatív ionok termelődése fontos szerepet játszhat ionterápiás alkalmazásoknál. Hasonló ütközési rendszerekben eddig csak pozitív ionok emisszióját azonosították [1, 2], negatív ionok megfigyelése új keletű. A kutatás új fontos reakciócsatornák bevezetéséhez is elvezethet a radiolízis tanulmányozásában.

### Hivatkozások:

- [1] P. Sobocinski, Z. D. Pešić, R. Hellhammer, D. Klein, B. Sulik, J.-Y. Chesnel and N. Stolterfoht, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **39** 927 (2006).
- [2] F. Alvarado, R. Hoekstra and T. Schlathölter, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **38** 4085 (2005).

## Ionterelődés szigetelő nanokapillárisokban

Juhász Zoltán és Sulik Béla

*MTA Atommagkutató Intézete, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c*

Az ionterelődés nemrég felfedezett jelenségét először szigetelő fóliákban kialakított, mikroszkópikus méretű kapillárisokból álló mintákon észlelték [1]. Ezek kereskedelemben forgalmazott szűrőfóliák voltak, melyeket nehézion ciklotronoknál, pl. polietilén tereftalát (PET) fólia nagyenergiájú nehézion-bombázásával, majd az ionnyomok méretre maratásával állítanak elő. A tipikus kapilláris átmérő a 100-500 nm, a kapillárisok hossza (a fóliavastagság) a 10-20  $\mu\text{m}$ , sűrűségük a  $10^7$ - $10^9$  / $\text{cm}^2$  tartományba esik. Ha egy ilyen fólia mindkét oldalára vékony (20 nm) aranyréteget párologtatunk, és egy mintatartóra feszítjük, megvizsgálhatjuk pl., hogy hogyan haladnak át különböző ionok, vagy más részecskék ezeken a szigetelő csatornácskákon, milyen kölcsönhatás jön létre a részecskék és a kapillárisok szigetelő fala között.

Néhány keV-es energiájú, erősen töltött ionok (pl. 3 keV-es  $\text{Ne}^{7+}$ ) esetén azt tapasztalták, hogy azok a mozgási irányukhoz képest erősen (akár 20 fokkal) elfordított kapillárisokon is át tudnak haladni, eltérülve, de energiájuk és töltésállapotuk megváltozása nélkül. Az effektust elektromos terek hozzák létre, melyeket a kapilláris szigetelő falán lerakódó töltések alakítanak ki. Mivel a jelenséget különböző szigetelőanyagok, kapilláris-geometriák és ionenergiák esetén is észlelték, azt egy önszervező folyamat megnyilvánulásának tekintjük, melynek fő elvei és részletei is igen érdekesek lehetnek. A jelenség kutatása robbanásszerű fejlődést mutat, de eddig csak néhány szigetelőanyagot vizsgáltak meg, néhány ionra, korlátozott energia-tartományban. Mindegyik mérés mutatja a jelenséget, de a részleteket még nem értjük, az elméleti leírások, modellek még a kifejlődés stádiumban vannak. Un. „forró” témáról van szó. Egyik fő cél magának az önszervező folyamatnak a megértése, a másik a jelenség megnyilvánulási körének feltérképezése (elektron-terelés, nagyobb átmérőjű kapillárisok viselkedése). A lehetséges alkalmazások (pl. kisméretű fókuszáló elemek kifejlesztése) szintén igen érdekesek.

Csoportunk a munkában a kezdetektől részt vesz. Más laboratóriumokban is mérünk [2], de mára Debrecenben is kialakítottunk egy speciális mérőhelyet [3], ahová most már együttműködőink is járnak mérni. Három éve a témában évenként szerveznek nemzetközi műhelytalálkozót, az idei szeptemberi workshopon (Tokyo) a debreceni eredményekről Juhász Zoltán számol majd be. Elsőként mérjük a kilépő semlegesítődött részecskéket együtt az eltérített ionokkal [3]. Az előadás a jelenség fizikájának rövid ismertetése után címszavakban kitér terveinkre is.

[1] Stolterfoht N, Bremmer J H, Hoffmann V, Hellhammer R, Fink D, Petrov A and Sulik B 2002 *Phys. Rev. Lett.* **88** 133201

[2] N. Stolterfoht, R. Hellhammer, Z. Juhász, B. Sulik, V. Bayer and C. Trautmann, E. Bodewits, A. J. de Nijs, H. M. Dang, and R. Hoekstra 2009, *Phys. Rev. A* **79**, 042902

[3] Juhász Z., Sulik B., Biri S., Iván I., Tökési K., Fekete É., Mátéfi-Tempfli S., Mátéfi-Tempfli M., Víkor Gy., Takács E., Pálinkás J., 2009, *Nucl. Instr. Meth. B* **267** (2009) 321

## **Egyedi molekulák szerkezet-meghatározása: segíthet-e a röntgen szabadelektron lézer?**

Jurek Zoltán, Faigel Gyula, Bortel Gábor és Tegze Miklós

*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.*

Az 1980/90-es évek biológiai szerkezetkutatásában ugrásszerű fejlődést hozott a szinkrotronok megjelenése: kristályosítható fehérjék ezreinek szerkezetét sikerült segítségükkel meghatározni. A nem kristályosítható, vagy az éppen nem a kristályos formában érdekes biológiai részecskék (makromolekulák, vírusok) szerkezetének atomi felbontású meghatározása azonban a ma rendelkezésünkre álló módszerekkel még nem elérhető. A röntgensugárzást felhasználó eljárások esetén a fő probléma az, hogy a mintát a sugárkárosodás jóval azelőtt tönkreteszi, mielőtt elegendő felhasználható információt (szórásképet) sikerülne róla rögzíteni.

10 évvel ezelőtt publikálta Hajdú János javaslatát [1], mely szerint a 2010-es években elkészülő csúcs-röntgenforrások, a röntgen szabadelektron lézerek (XFEL) áttörést hozhatnak e területen. A szabadelektron lézerek impulzusainak hossza a 100 fs-os nagyságrendbe esik, intenzitásuk több nagyságrenddel meghaladja a szinkrotronokét. Ezek a paraméterek lehetőséget nyújthatnak arra, hogy a minta megsemmisülése előtti állapotáról, amikor még kicsik az atomi elmozdulások, azaz a károsodás első fs-jairól sikerüljön használható szórásképet detektálni.

A sugárkárosodáson kívül még számos további dolog nehezíti az egyedi részecskék szerkezetének meghatározását. Ilyenek a kevés detektált fotont tartalmazó egyedi szórásképek mérhetőségének kérdése; az ismeretlen orientációkhoz tartozó folytonos szórásképek összeillesztése és az így kapott 3D reciproktérbeli intenzitás-adatokból a szerkezet meghatározása.

Ezen részfeladatok mindegyikében jelentős elméleti eredmények születtek az elmúlt évtizedben, de sok a megoldásra váró probléma is. Az előadásban ezek kerülnek áttekintésre.

### **Hivatkozások:**

- [1] R. Neutze, R. Wouts, D. van der Spoel, E. Weckert, J. Hajdu, *Nature* **406**, 752 (2000).

## Átlátszó vezető rétegek szén nanocsövekből

Kamarás Katalin

*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet,  
1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.*

A szén nanocsöveknek felfedezésük óta számos lehetséges alkalmazása merült fel mind a szakirodalomban, mind a népszerű-tudományos médiában (űrlift, nanoelektronika, stb.), de talán a megvalósításhoz legközelebb álló az átlátszó vezető rétegek és bevonatok területe, ahol az utóbbi egy-két évben robbanásszerű fejlődésnek lehetünk tanúi [1]. A felhasználás lehetőségeit a szén nanocsövek optikai viselkedésének részletes tanulmányozásával érthetjük meg, ahol az "optikai" tartomány a távoli infravöröstől az ultrabolyáig terjedő frekvenciákat fogja át [2]. Ilyen széles spektrumtartományt a legkönnyebben néhány száz nm vastag átlátszó, önhordó rétegeken vizsgálhatunk, amelyek előállítására mára megoldott [3]. A transzmissziós spektrumokból kiszámolt optikai vezetőképesség kis frekvenciás viselkedéséből az egyenáramú vezetőképességre, nagyobb frekvenciás tulajdonságaiból pedig az adott tartományban mérhető áteresztésére következtethetünk [4].

Előadásomban bemutatom a szén nanocsövek optikai tulajdonságait, azok összefüggését az elektronszerkezettel, majd kitérek a széles tartományú optikai spektrumok kiértékelési módszereire, az optikai állandók általános meghatározására a mért transzmisszióból [5]. Végül felvázolom azokat a legújabb lehetőségeket, amelyekkel a szén nanocső filmeket oly módon lehet változtatni, hogy versenyképessé váljanak a most használatos átlátszó vezető rétegekkel.

### Hivatkozások:

- [1] G. Gruner, J. Mater. Chem. **16**, 3533 (2006).
- [2] F. Borondics, K. Kamarás, M. Nikolou, D.B. Tanner, Z. Chen, A.G. Rinzler, Phys. Rev. B **74**, 045431 (2006).
- [3] Z. Wu, Z. Chen, X. Du, J. Logan, J. Sippel, M. Nikolou, K. Kamarás, J.R. Reynolds, D.B. Tanner, A.F. Hebard, A.G. Rinzler, Science **305**, 1273 (2004).
- [4] K. Kamarás, Á. Pekker, M. Bruckner, F. Borondics, A.G. Rinzler, D.B. Tanner, M.E. Itkis, R. C. Haddon, Y. Tan, D.E. Resasco, Phys. Stat. Sol. (b) **245**, 2229 (2008).
- [5] Á. Pekker, F. Borondics, K. Kamarás, A.G. Rinzler, D.B. Tanner, Phys. Stat. Sol. (b) **243**, 3485 (2006).



## A kvark-gluon plazma vizsgálata szuperszámítógépekkel

Katz Sándor

*ELTE Elméleti Fizikai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A.*

A korai világegyetemben, az ősrobbanást követő első  $10^{-5}$  másodpercben a magas hőmérséklet miatt az anyag nem a ma ismert protonok, neutronok és elektronok formájában volt jelen, hanem előbbiekből alkotói, a kvarkok és gluonok egy gyengén kölcsönható plazmát alkottak. Ebből a plazmából fagytak ki a tágulás során az atommagokat alkotó protonok és neutronok. A nehézion kísérletek egyik fontos célja ennek a forró kvark-gluon plazmának a kísérleti előállítására. Az utóbbi években számos elméleti munka vizsgálta a kvark-gluon plazma tulajdonságait, valamint a protonokká alakulás fázisátmenetének hőmérsékletét. A probléma numerikusan, szuperszámítógépekkel vizsgálható. A területen dolgozó két legjelentősebb csoport az amerikai HotQCD kollaboráció, valamint a Budapest-Wuppertal együttműködés. Előadásomban röviden összefoglalom a fontosabb kérdések megválaszolásához szükséges elméleti háttérrel. Áttekintem a legfrissebb eredményeket, az átmenet rendjét, hőmérsékletét, valamint a kvark-gluon plazma állapotegyenletét. Összehasonlítom a két csoport eredményeit és megpróbálok magyarázatot adni az eltérésekre. A munkához elengedhetetlen komoly számítógépes kapacitást jelentős részben az ELTE-n felépített grafikus kártyákból álló klaszter biztosítja, melyet röviden ismertetek.

## Térbeli elemeloszlás roncsolásmentes vizsgálata neutronokkal

Kis Zoltán<sup>a</sup>, Belgya Tamás<sup>a</sup>, Szentmiklósi László<sup>a</sup>, Kasztovszky Zsolt<sup>a</sup> és az Ancient Charm Együttműködés<sup>b</sup>

<sup>a</sup>MTA Izotópkutató Intézet, Nukleáris Kutatások Osztály, H-1525 Budapest Pf. 77.

<sup>b</sup><http://ancient-charm.neutron-eu.net/ach>

Az anyagba mélyen behatolni képes neutronok a neutronnyaláb gyengülésére, szóródására ill. befogódására építő, roncsolásmentes eljárások széles tárházát nyitják meg. Befogás révén az elemi összetételről, szóródás révén a struktúráról kapunk információt. Az első csoportba tartozik a prompt-gamma aktivációs analízis (PGAA), a neutron-rezonanciabefogás analízis (NRCA), a rezonancianeutron transzmisszió (NRT), míg a másodikba a repülési idő-neutrondiffrakció (TOF-ND). A neutronnyaláb gyengülése általában mindkét hatás, szóródás ill. befogódás, következménye, melynek képi megjelenítésére alkalmas a neutronradiográfia/tomográfia (NR/NT). A módszerek sok tekintetben kiegészítik egymást, ezért kombinálásuk teljesebb információt szolgáltat a kívülről láthatatlan részek jellegzetességeiről.

A neutronos besugárzások során a besugárzott térfogat átlagos elemi összetételét kapjuk. A pixeldetektoros NRT eljárás a repülési idő mérése alapján önmagában elem- és helyérzékeny, bár térbeli felbontóképessége korlátozott. A többi módszer alkalmazása 3D-s elemi összetétel meghatározására a neutronnyaláb leszűkítését igényli. A vizsgálatok során a tárgy hűrszerű térfogatelemét sugarazzuk be, tehát forgatás és eltolás segítségével térbeli térkép is előállítható. Konfokális elrendezésben lehetőség van a minta még kisebb térfogatelemének vizsgálatára a keletkező prompt-gamma sugárzás helyzetérzékeny detektálásával (PGAI). A jelentősen megnövekedő mérési idő csökkenthető, ha NR/NT felvételek alapján csak a számunkra érdekes részekre szorítkozunk. Az EU FP6 Ancient Charm projekt fő célkitűzése összetett, értékes műtárgyak 3 dimenziós elemeloszlásának, fázisszerkezetének roncsolásmentes feltérképezése volt a fenti eljárások alkalmazásával.

Az előadásban bemutatásra kerülnek tesztobjektumokkal, valamint a Magyar Nemzeti Múzeumból származó kora-középkori fibulával ill. övesattal végzett vizsgálatok eredményei.

## A Herschel űrtávcső – az első év az Űrben

Kiss Csaba

*MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet  
1121 Budapest, Konkoly Thege út 15-17*

2009. május 14-én indul útjára az Európai Űrkutatási Ügynökség (ESA) Herschel űrtávcsöve. A Herschel a távoli infravörös és szubmilliméteres hullámhosszakon végez megfigyeléseket, köztük olyan tartományokban is, amelyekben még soha egyetlen más eszköz sem, s amelyeket a légkör miatt a Föld felszínéről egyáltalán nem láthatunk. A Herschel 3,5 méter átmérőjű főtükre nagyobb, mint bármelyik csillagászati távcsőtükör, amit eddig a világűrbe juttattak, beleértve a Hubble 2,4 m-es tükkrét is. A nagyobb tükör az eddigieknél sokkal halványabb objektumok megfigyelését teszi lehetővé, igen jó térbeli felbontással. Az űrtávcső a nevét William Herschel brit csillagásztól kapta, aki amellet, hogy rátalált a Naprendszer hetedik bolygójára, az Uránuszra, 1800-ban a Nap tanulmányozása közben felfedezte az infravörös sugárzás létezését is.

A Herschel által megfigyelendő hullámhosszakon leginkább a hideg,  $-170^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb hőmérsékletű égitestek és a hideg csillagközi por sugároz. A megfigyelések fő célja a csillagok és a galaxisok keletkezésének és fejlődésének vizsgálata, amelyet a látható hullámhosszakon elrejt előlünk a csillagközi por. Emellett jelentős eredmények várhatóak a távoli Naprendszer kis égitestjeinek és az óriásbolygók légkörének, valamint azok holdjainak megfigyeléseiből. A mérések várhatóan három éven keresztül folytathatók a Herschel űrtávcsővel, az előzetes számítások szerint ennyi időre elegendő a berendezések hűtését biztosító, kb.  $-270^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű folyékony hélium.

A Herschel űrtávcső fedélzetén három berendezés található. A PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer) egy távoli infravörös kamera és alacsony-közepes felbontású színeképelemző berendezés az  $55\text{-}210\mu\text{m}$ -es hullámhossz-tartományra. Mind a kamera, mind a színeképelemző berendezés egyszerre végez megfigyeléseket egy „kék” ( $\sim 100\mu\text{m}$ ) és egy „vörös” ( $\sim 170\mu\text{m}$ ) hullámhosszon. Ennek a műszernek a fejlesztésében és kalibrálásában az MTA Konkoly-Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézetének munkatársai is részt vállaltak az ESA PECS programja és a Magyar Űrkutatási Iroda támogatásával. A SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver) egy olyan kamera és színeképelemző készülék, amit a PACS által elérhető  $210\mu\text{m}$ -nél hosszabb hullámhosszokra fejlesztettek. Érzékelői párhuzamosan végeznek fotometriát a  $250$ ,  $350$  és  $500\mu\text{m}$ -es sávokban, valamint Fourier-transzformációs leképező spektrométere alacsony felbontású színeképet készít a  $210\text{-}670\mu\text{m}$ -es tartományban. A HIFI (Heterodyne Instrument for the Far-Infrared) egy nagyon nagy felbontású színeképelemző készülék, ami nagyon részletes információkat tud szolgáltatni a legfényesebb infravörös források kinematikájáról, kémiai összetételéről és fizikai állapotáról.

Az előadásban az űrtávcső részletes bemutatása mellett összefoglalom az elmúlt több mint egy év legérdekesebb eredményeit, különös tekintettel a magyar vonatkozásúakra.

## **Idegen világok nyomában: bolygórendszerek más csillagok körül**

Kiss László

*MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet, 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 15-17.*

A más csillagok körül keringő (extraszoláris) bolygórendszerek kutatása a jelenkor csillagászatának talán legpezsgőbb szakterülete, amely rendkívül szerteágazó vizsgálatokat inspirál. A megfigyelő csillagászat jelenleg a bolygók kimutatására koncentrálna a központi csillagokra gyakorolt rendkívül parányi hatások egyre finomabb műszeres érzékelésén keresztül. Néhány esetben már közvetlenül a bolygókra vonatkozó ismereteket is sikerült kinyerni, elsősorban az infravörös tartományban végzett méréseken keresztül.

Előadásomban áttekintem a terület legizgalmasabb friss eredményeit, különös tekintettel a többszörös exobolygórendszerek jelentőségére, valamint az extraszoláris kis égitestek (exoholdak, exoüstökösök) felfedezésének lehetőségeire, várható következményeire.

## Szerkezeti fázisátalakulás nanocsőkötegekben extrém nagy nyomáson

Koltai János<sup>a</sup>, Zólyomi Viktor<sup>b</sup>, Kürti Jenő<sup>a</sup> és Kamarás Katalin<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*ELTE-TTK Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék, 1117 Budapest Pázmány P.s. 1/A.*

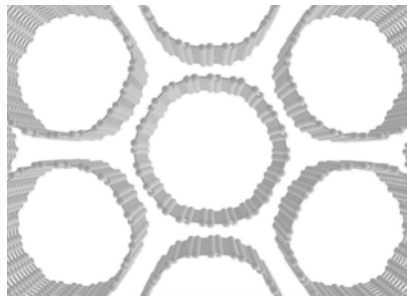
<sup>b</sup>*Physics Department, Lancaster University, Lancaster UK.*

<sup>c</sup>*MTA-SZFKI, Budapest Konkoly-Thege Miklós út 29-33.*

Kollegáimmal extrém nagy nyomás hatását vizsgáltuk nanocsövekből álló kötegekre mind elméleti, mind kísérleti módon. A kísérleteket Kamarás Katalin végezte Christina Kuntscher professzorasszonnyal (Augsburg, Németország) együttműködésben [1].

A rendezetlen orientációjú nanocsőkötegeket egy filmre viszik fel, és egy nyomás cellában hidrosztatikus nyomás hatásának teszik ki. Közvetítőként cseppfolyós *argont* használnak a mérés során, és akár 8 GPa körüli nyomást is el tudnak érni. A cellát optikai spektroszkópba helyezve abszorpciós spektrumokat vesznek fel a látható és az infravörös tartományban. A mérések szerint az optikai átmenetek energiája nyomásfüggő – a nyomás növekedésével az átmeneti energiák csökkenő trendet mutatnak – és egy kb. 2 GPa nyomáson tapasztalható anomális törés egyfajta szerkezeti átalakulásra utalhat.

Első elvi szintű számolásokat végeztünk sűrűségfüggő elmélet keretében, lokális sűrűség közelítésben a kísérleti eredmények modellezéséhez [2]. A nanocsőköteget hexagonális ráccsal modelleztük, minden egyes nyomáson geometriai optimalást végeztünk. A csövek kör keresztmetszete a nyomás növelésével különböző változásokat – elliptikus, hatszöges torzulást – mutatott. Ezekhez sikerült mérőszámokat is rendelnünk, amelyekben látható is figyelemre méltó anomália (fázisátalakulás?) – azonban kissé magasabb nyomáson. A számolt optikai átmenetek is mutatnak nyomásfüggést, azonban ez – a mérésekkel ellentétben – nem minden esetben jelent csökkenő trendet a nyomás növelésével. Ennek lehetséges okairól is szót ejtünk.



1. ábra: Hatszöges torzulás szemléltetése (10,10)-es nanocsőkötegekben.

### Hivatkozások:

- [1] K. Thirunavukkuarasu, F. Hennrich, K. Kamarás and C. A. Kuntscher, *Phys. Rev. B* 81, 045424 (2010).
- [2] J. Kürti, V. Zólyomi, J. Koltai, K. Kamarás, F. Hennrich, A. Abouelsayed, K. Thirunavukkuarasu, C. A. Kuntscher, to be published.

## Pozitron reakciómikroszkóp atomi ütközési folyamatok vizsgálatára

Kövér Ákos<sup>a</sup>, I. A. Williams<sup>b</sup>, D. J. Murtagh<sup>b</sup> és G. Laricchia<sup>b</sup>

<sup>a</sup>MTA Atommagkutató Intézete, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

<sup>b</sup>UCL Department of Physics and Astronomy  
University College London, Gower street, London UK.

Pozitron lövedékek esetében a direkt ionizáció és a pozitronium képződés (a lövedék kötött állapotába történő befogás útján) integrális hatáskeresztmetszetét sokan vizsgálták atom- és molekula-céltárgyak esetében [1]. Differenciális vizsgálatokat azonban, amelyek során a kirepülő szórt részecskék szög- és energiaeloszlását is mérik, a pozitron nyaláb kis intenzitása miatt csak a legritkább esetben végeztek [2].

Az University College London fizikai tanszékén az ATOMKI-val együttműködve elkészült és jelenleg bemérés alatt áll egy pozitron reakciómikroszkóp (PRM), amely lehetővé teszi az ütközés után kirepülő részecskék szög- és energiaeloszlásának egyidejű vizsgálatát. A mikroszkóp részei: a) monoenergetikus pozitronnyalábot előállító ágyú; b) szuperszonikus gáznyalábot előállító rendszer, amely biztosítja a céltárgy atomok sebességének nagyon kis szórását; c) meglökött ion spektrométer, amely az ütközés után kivonja az ionokat az ütközési tartományból, és megméri a szög- és sebességeloszlásukat. A rendszer egyik nagy előnye, hogy a teljes szögtartományba ( $4\pi$ ) kirepülő ionokat tudja detektálni. Az ionok repülési idejéből a ionoknak a lövedék eredeti irányával párhuzamos (longitudinális) sebességét lehet meghatározni, és így információt kapunk a lejátszódott ütközés típusára (ionizáció, befogás a lövedék kötött vagy folytonos állapotába). A kirepülés irányából az ütközési folyamat dinamikájára következtethetünk.

Ilyen típusú berendezéseket (Cold Target Recoil Ion Momentum Spectroscopy – COLTRIMS) már régóta használnak ion, elektron és foton lövedékeknél az atomi ütközési folyamatok vizsgálatára [3]. Pozitron lövedékek esetében azonban a kis intenzitás és a gyenge nyaláb paraméterek miatt reakciómikroszkópot még nem alkalmaztak. Az általunk elkészített rendszer kiküszöböli a fenti nehézségeket. A poszteren be fogjuk mutatni a legújabb eredményeket.

### Hivatkozások:

- [1] Laricchia G., Armitage S., Kövér Á. and Murtagh D. J., *Adv. At. Mol. Opt. Phy.* **56** (Elsevier) pp 1–47 (2008).
- [2] Kövér Á., Murtagh D. J., Williams A. I. and Laricchia G., *Journal of Physics: Conference Series* **199**, 012020, (2010).
- [3] Dorner R., Mergel V., Jagutzki O., Spielberger L., Ullrich J., Moshhammer R. and Schmidt-Bocking H., *Physics Reports* **330**, 95, (2000).

## **Töltött hadronok spektrumainak mérése 0,9, 2,36 és 7 TeV ütközési energiákon a CMS detektorral**

Krajczár Krisztián

*ELTE TTK, Atomfizikai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.*

Az előadásban röviden ismertetem a 2009 végén beindult Nagy Hadron Ütköztetőnél (LHC) található CMS kísérlet töltött hadronok spektrumaira vonatkozó eredményeit [1,2]. Ezen mérések magyar kutatók (Siklér Ferenc (KFKI RMKI), Veres Gábor (ELTE), Krajczár Krisztián (ELTE)) alapvető hozzájárulásával történtek, így az előadónak közvetlen ismeretei vannak a témakörben.

Az eredmények három különböző mérési módszer eredményeinek kombinációjából származnak. Mindegyik módszernek megvan a maga előnye illetve hátránya a másik két módszerhez képest, így képesek egymás eredményeit ellenőrizni és robusztus kombinált végeredményt adni.

Az eredmények azt mutatják, hogy az ütközésben keletkezett részecskék száma gyorsabban nő, mint ahogy azt az általánosan használt (fenomenologikus) modellek jóslták, amely trend a laboratóriumi kísérletekben elért eddigi legnagyobb energiájú ütközések (7 TeV) esetén is folytatódik.

A „puha” (soft) spektrumban megfigyelt ilyen viselkedés látszólag az utóbbi 30-40 év várakozásaival megy szemben, ami mindenképpen meglepetésnek nevezhető. A spektrumok ismeretének nem csak proton-proton ütközések szempontjából van jelentősége: referenciaként szolgál nehézion ütközésekhez is.

### **Hivatkozások:**

- [1] CMS Együttműködés, JHEP 02 (2010) 041.
- [2] CMS Együttműködés, PRL (megjelenés alatt).

## **A magfizikai kutatások perspektívái lézerekkel előállított intenzív $\gamma$ -nyalábokkal**

Krasznahorkay Attila

*MTA Atommagkutató Intézete, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.*

Az ELI (Extreme Light Infrastructure) projekt 13 európai ország együttműködésével 4 pillérre fog épülni. Ezek közül a 3. pillért (ELI-NP), ami a Bukarest melletti magurelei kutatóintézetben épülne fel, kifejezetten magfizikai vizsgálatokra tervezik.

Az ELI-NP előreláthatólag 3 db 10 PW teljesítményű APOLLON lézer, és egy nagyenergiájú ( $E \leq 800$  MeV), és nagy áramú elektron nyaláb ütköztetésével, az inverz Compton effektust felhasználva fogja előállítani az intenzív, és jó energiafelbontású, maximum 19 MeV energiájú  $\gamma$ -nyalábot.

Előadásomban a kutatóközpont terveiről, továbbá a vele végezhető magfizikai, és nukleáris asztrofizikai, valamint az alapvető kölcsönhatások és az alkalmazások terén végezhető vizsgálatokról fogok beszámolni.



## Elektronok mozgásban

Krausz Ferenc

*Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching,  
Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany  
www.attoworld.de, krausz@lmu.de*

Atomokban, molekulákban, valamint szilárdtestekben zajló alapvető mikroszkopikus folyamatok beindítását, illetve lefolyását az elektronoknak az atomok belsejében ill. az atomok között történő mozgása határozza meg. Ezek az elektronmozgások a 10-10000 attoszekundumos ( $1 \text{ asec} = 10^{-18} \text{ sec}$ ) időtartományban zajlanak és a közelmúltig mérhetetlenül gyorsnak bizonyultak. A lézertechnika legújabb eredményei immár lehetővé teszik az elektronok atomi rendszerekben történő mozgásainak közvetlen megfigyelését, valamint szabályozását. Az attoszekundumos időtartományban történő mérések ill. megfigyelések kulcsa a látható/infravörös fény elektromos terének kézbe tartása, melynek erőssége és iránya egy femtoszekundumnál ( $1 \text{ fsec} = 1000 \text{ asec}$ ) rövidebb idő alatt változik.

Atomok, melyeket intenzív lézerefény néhány rezgési periódusának teszünk ki, képesek  $1 \text{ fsec}$ -nál rövidebb ultraibolya/röntgen-fényimpulzust kibocsátani [1,2]. Látható/infravörös lézerefény elektromos tere attoszekundumos időskálán történő rezgésének szabályozásával [3,4] sikerült a közelmúltban  $80\text{-asec}$  időtartamú [11] fényimpulzusokat előállítani és mérni, amelyek a legrövidebb reprodukálható eseményeket és a legnagyobb felbontású méréseket reprezentálják.

Az új attoszekundumos mérési eszközökkel és módszerekkel lehetővé vált a látható fény rezgéseinek közvetlen megjelenítése [5], valamint az elektronok atomokon belüli és atomok közötti mozgásának valósídejű megfigyelése és irányítása [6-10]. Az elektronok mozgásába való közvetlen betekintés, ill. annak fényterekkel történő irányítása többek között elősegítheti (bio)molekuláris folyamatok – és ezzel együtt betegségek keletkezésének és gyógyíthatóságának – jobb megértését, új anyagok kifejlesztését, valamint az elektronika ultimatív sebességhatára irányába történő továbbfejlesztését [11].

### Hivatkozások:

- [1] M. Hentschel *et al.*, *Nature* **414**, 509 (2001);
- [2] R. Kienberger *et al.*, *Science* **291**, 1923 (2002);
- [3] A. Baltuska *et al.*, *Nature* **421**, 611 (2003);
- [4] R. Kienberger *et al.*, *Nature* **427**, 817 (2004);
- [5] E. Goulielmakis *et al.*, *Science* **305**, 1267 (2004);
- [6] M. Drescher *et al.*, *Nature* **419**, 803 (2002).
- [7] M. Uiberacker *et al.*, *Nature* **446**, 627 (2007);
- [8] M. Kling *et al.*, *Science* **312**, 246 (2006);
- [9] A. Cavalieri *et al.*, *Nature* **449**, 1029 (2007);
- [10] E. Goulielmakis *et al.*, *Science* **317**, 769 (2007);
- [11] E. Goulielmakis *et al.*, *Science* **320**, 1614 (2008).
- [12] F. Krausz, M. Ivanov, "Attosecond Physics," *Rev. Mod. Phys.* **81**, 163 (2009).

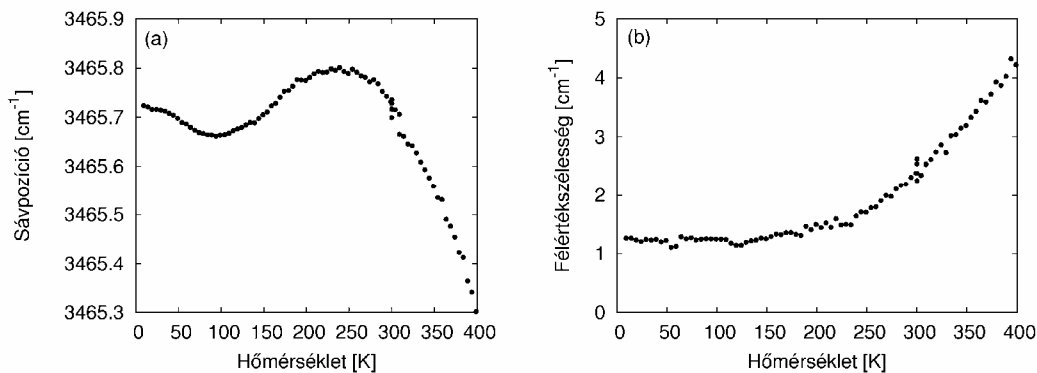
## OH<sup>-</sup> ionok abszorpciójának anomális hőmérsékletfüggése sztöchiometrikus LiNbO<sub>3</sub> kristályban

Kiss István<sup>a</sup>, Lengyel Krisztián<sup>a</sup>, Kovács László<sup>a</sup>, Szalay Viktor<sup>a</sup> és Corradi Gábor<sup>a</sup>

<sup>a</sup>MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.

A LiNbO<sub>3</sub> kristályt széles körben használják kitűnő nem-lineáris optikai tulajdonságai miatt, amelyek azonban erősen függenek a kristály összetételétől, sztöchiometriájától. A LiNbO<sub>3</sub> minta Li/Nb aránya meghatározható a rácsba beépült OH<sup>-</sup> ionok karakterisztikus nyújtási rezgési módusának infravörös abszorpciók mérésével [1,2]. Szobahőmérsékleten végzett méréseknél kongruens minta (Li/Nb ≈ 0.945) esetén egy széles, több sávkomponensből álló spektrumot kapunk, azonban a sztöchiometrikus (Li/Nb = 1) kristály egy keskeny ( $\Gamma \approx 2.5 \text{ cm}^{-1}$ ) abszorpciók sávot mutat 3465.6 cm<sup>-1</sup> hullámszámnál.

Ebben a munkában sztöchiometrikus LiNbO<sub>3</sub> kristályon végzett hőmérsékletfüggő, nagyfelbontású abszorpciók mérés eredményeit mutatjuk be az OH<sup>-</sup> nyújtási rezgés frekvenciájának tartományában. A hőmérséklet emelésével az abszorpciók sáv félértékszélessége monoton növekszik az egyfonos csatolásnak megfelelően, azonban a sávpozíció változásának (1. ábra) értelmezéséhez többfonos csatolás feltételezése szükséges. Az OH<sup>-</sup> ionokkal ellentétben az OD<sup>-</sup> ionok rezgési sávja ( $\nu_{\text{RT}} \approx 2561 \text{ cm}^{-1}$ ) az egyfonos csatolással összhangban változik.



*1. ábra: Sztöchiometrikus LiNbO<sub>3</sub> kristályon mért OH<sup>-</sup> abszorpciók sáv frekvenciájának (a) és félértékszélességének (b) hőmérsékletfüggése.*

### Hivatkozások:

- [1] J. R. Herrington, B. Dischler, A. Räuber, J. Schneider, Solid State Communications **12**, 351 (1973).
- [2] G. Dravec, L. Kovács, Applied Physics B: Lasers and Optics **88**, 305 (2007).

## A kvark-gluon plazma előállítása nehézion ütközésekben

Lévai Péter

*MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet,  
1121 Budapest, Konkoly Thege M. út 29-33.*

Az erős kölcsönhatás kvantumtérelméleti leírását a kvarkok és gluonok bevezetésére alapozott kvantum-szindinamika (QCD) adja meg. Erre az elméleti fizikusok a 70-es évek elején jöttek rá. Röviddel ezután felmerült, hogy a színtöltéssel rendelkező kvarkok és gluonok az anyag egy új halmazállapotát, a kvark-gluon plazmát alkotják megfelelően magas energiasűrűség kialakulása esetén. Ilyen körülmények léteztek az Univerzum keletkezésének korai szakaszában, az Ősrobbanás után néhány mikromásodperccel, hogy aztán a Világegyetem gyors tágulása során a kvarkok és gluonok bezáruljanak a színsemleges protonokba, neutronokba és egyéb hadronokba.

A kísérleti fizikusok azt javasolták, hogy nagyenergiás nehézion ütközésben létre tudnák hozni azt a kritikus energiasűrűséget, amely elegendő a protonok és neutronok újbóli megolvasztásához, a kvarkok és gluonok ismételt szabaddá válásához – még ha csak egy kicsi, néhány száz köb-femtométeres térfogatban is. Mintegy 25 évi gyorsító- és detektortechnológiai, valamint számítástechnikai fejlesztésre volt szükség, hogy ez a cél elérhetővé váljon. A 90-es évek közepén előbb a CERN SPS gyorsítója, majd 2000 után a BNL RHIC gyorsítója látott hozzá az űsanyag laboratóriumi előállításához, hogy aztán 2010 őszén az CERN LHC gyorsító is elvégezze majd a maga nehézion ütközéseit – mindeközben az SPS és RHIC 5 AGeV középponti ütközési energiájától eljutottunk az LHC-ben jelenleg előállítható 2750 AGeV energiáig, ami kb. 500-szoros növekedést jelent.

Az előadásomban röviden áttekintem a kvark-gluon plazma megjelenéséhez kapcsolódó elméleti várakozásokat, spekulációkat, majd az SPS és RHIC gyorsító mellett elért kísérleti eredményeket, azok elméleti magyarázatát. Ezt követi a tervezett nehézion kísérletek ismertetése LHC energián. Előadásom végén a legújabb ALICE és CMS kísérleti adatok fényében megvizsgálom, hogy az LHC energián elvégzett proton-proton ütközésekben van-e arra mód, hogy kvark-gluon plazmát állíthassunk elő, mégha jóval kisebb térfogatban is, mint azt nehézion kísérletekben várjuk.

## Átlátszó vezető oxid rétegek tulajdonságainak vizsgálata

Lovics Riku, Csík Attila, Takáts Viktor, Vad Kálmán

*MTA Atommagkutató Intézet, 4026 Debrecen, Bem tér 18/C.*

Napjaink folytonosan növekedő energiaigényét a hagyományos energiaforrások egyre kevésbé tudják biztosítani. Ennek és a hagyományos erőművek okozta környezeti szennyezések csökkentésére irányuló törekvéseknek köszönhetően egyre növekszik a megújuló energiák iránti igény. A megújuló energiaforrások egyik fajtája a napenergia hasznosításán alapuló napelemek, melyek egyre nagyobb teret hódítanak, jelentőségük rohamosan nő a világ energiatermelésében. Köszönhető ez annak, hogy az egyre újabb és újabb technológiai újítások bevezetésével, ha kis lépésekben is, de sikerült elérni a határfokuk folyamatos növekedését az előállítási költségek csökkentése mellett. Az újabb kutatási irányvonalak és laboratóriumi eredmények pedig további határfok növekedést ígérnek, ami igen jelentős előrelépés lenne az energiatermelés területén.

Kereskedelmi forgalomban számos különböző típusú, határfokukban és gyártási technológiájukat tekintve eltérő napelem létezik. Struktúrájukat megvizsgálva megállapíthatjuk, hogy mindegyikben megtalálható egy optikailag áttetsző, de elektromosan jól vezető úgynevezett TCO (*Transparent Conductive Oxide*) réteg [1]. Feladata, hogy a beérkező napsugárzásból minél többet átérteszen az aktív rétegek felé (ahol a beérkező fotonok elektromos töltéssé történő konverziója, vagyis az elektromos áram előállítása történik) és a fotonok visszaszóródását biztosítva növelje a cella határfokát. Helyes kialakítása jelentősen befolyásolja a napelem-cella határfokát, így a fejlesztések egyik fő feladata a megfelelően jó oxid rétegek létrehozása az előállítási költségek minimalizálása mellett.

Jelenleg a legelterjedtebben használt TCO réteg az ZnO:Al. [2] Ugyanakkor, kiterjedt alkalmazásuk ellenére még mindig jelentős kutatómunka folyik az elektromos-optikai tulajdonságainak javítás érdekében.

Munkánk során magnetronos porlasztás útján előállított ZnO:Al rétegek elektromos és optikai tulajdonságait vizsgáltuk. Négyponos ellenállásmérést alkalmazva mértük a kialakított 200-300 nm vastag rétegek ellenállását, és meghatároztuk az optikai átteresztőképességüket. Mint ismeretes [2], a rétegek tulajdonságai jelentősen javíthatóak, ha megfelelő mennyiségben tartalmaznak hidrogént. Ennek megfelelően az előállított mintákat utólag különböző hőmérsékleten (150-450 °C) hidrogén atmoszférában hőkezeltük 15 percig. Megállapítható volt, hogy az utólagos hőkezelések hatására a rétegek ellenállása és átteresztő képessége javult. A legjobb eredményt 350 °C hőmérsékleten történő hőkezeléssel tudtuk elérni. Vizsgáltuk továbbá a rétegbe beépült hidrogén mélységi eloszlását Szekunder Neutrális Tömegspektrometria (SNMS) segítségével is.

[1] Minami T., *Semicond. Sci. Technol.*, **10**, S35-S44, 2005

[2] J.-H. Huang, C.-P. Liu, *Thin Solid Films*, **498**, 152–157, 2006

## Akusztóoptikai eszközök alkalmazásai femtoszekundumos lézerimpulzusok kezelésére

Maák Pál<sup>a</sup>, Veress Máté<sup>a</sup>, Szipőcs Róbert<sup>b</sup>, Antal Péter<sup>b</sup>, Dombi Péter<sup>b</sup>, Rácz Péter<sup>b</sup>,  
Kurdi Gábor, Richter Péter<sup>a</sup>

<sup>a</sup>BME Atomfizika Tanszék, 1111 Budapest, Budafoki út. 8

<sup>b</sup>MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.

Az akusztóoptikai eszközöket széles körben használják femtoszekundumos impulzusokat előállító lézerek rezonátorokban [1] illetve azokon kívül az impulzusok alakformálására [2,3], modulálására, kombinálására, eltérítésére és más alkalmazásokra. Az előadás keretében bemutatjuk új eredményeinket saját készítésű és vásárolt akusztóoptikai eszközök különböző célú alkalmazásairól: femtoszekundumos lézerrezonátor móduscsatolása, üritése (cavity dumping), valamint impulzusok modulálása, pásztázása és alakformálása.

Az ultrarövid impulzusok nagy sáv szélessége miatt elsőrendű szempont az akusztóoptikai eszközök tervezése és az optikai rendszerek összeállítása során a diszperzió hatásainak kezelése, az optikai elemek és akusztóoptikai eszközök anyagi és szögdiszperziós tulajdonságainak összehangolása, a diszperzió kompenzációja. Az egyes alkalmazások bemutatásánál kiemeljük a tervezés és összeállítás során konkrétan megvalósított diszperzió-kompenzációs módszereket és azok eredményeit.

Az ultrarövid impulzusok programozott alakformálására egy sikeres eszközt dolgoztak ki [2], amely azonban az ultrahang sebességének megfelelően limitálja az alakformálás ismétlődési frekvenciáját. Kimutattuk [3], hogy egy más konfigurációban akusztóoptikai szűrővel tetszőleges ismétlődési frekvenciájú impulzusokat is alakítani lehet. Kulcsparaméter az optikai apertúra és a különböző diszperzió-fajták kompenzálása.

Akusztóoptikai móduscsatolással önmagában még nem sikerült ultrarövid impulzusokat létrehozni, mindazonáltal gyakran alkalmaznak ilyen eszközöket titán-zafir lézerrezonátorokban a passzív móduscsatolás beindítására, illetve a működés stabilizálására. Egy új móduscsatoló alkalmazásáról számolunk be, amely a szokásosnál hosszabb körülmények idejű lézerhez illesztett. Tárgyaljuk a móduscsatoló termikus szabályozására és a rezonátorbeli impulzussal fázisszinkronizálásra kidolgozott módszereinket.

A Q-kapcsolóhoz hasonló feladatot tölt be a rezonátor-ürítő, a fő különbség, hogy az utóbbit a rezonátor körülmények idejéhez szinkronizálni kell. Egy hosszú rezonátoros femtoszekundumos rezonátorba illesztett rezonátorürítő alkalmazását mutatjuk be, kulcsparaméterek a rezonátorhoz szinkronizálás és az optikai apertúra illesztése.

### Hivatkozások:

- [1] D. E. Spence et al. Opt. Lett. Vol., 16, No. 22, pp. 1762-1764 (1991)
- [2] Verluise et al., J.Opt.Soc.Am. B Vol. 17, pp. 138-145 (2000).
- [3] Maák P. et al., Appl. Phys. B, Vol. 82, pp. 283-287 (2006)

## **A termodinamika tanításának problémái**

Martinás Katalin

*ELTE Atomfizikai Tanszék, Bp. 1117 Pázmány s. 1.*

1. A termodinamika tanítását megnehezíti az, hogy az egyensúlyi közelítés miatt önellentmondó, több jelentésű fogalmakat vezet be.
2. Az entrópia középiskolában nem tanítható
3. A II. főtétele megfogalmazása exergia/extrópia alapon.

## **A neutronforrások következő generációja: új megoldások és tudományos lehetőségek**

Mezei Ferenc<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>*MTA Szilárdtestfizikai Kutató Intézet, 1121 Budapest, Konkoly Thege u. 29-33.*

<sup>b</sup>*European Spallation Source, ESS AB, P.O. Box 117, 22100 Lund, Svédország*

Az elmúlt fél évszázad alatt a neutronszórás módszere, mint az anyagkutatói eszköztár egyik alapvető eleme, nagy fejlődésen ment keresztül, bár a rendelkezésre álló neutronforrások intenzitása, „fényereje” alig fejlődött. Ebben a periódusban az érzékenység fejlesztésének kulcsa a műszertechnika haladása volt, amely területen a legnagyobb hatású felfedezéseknek a neutronvezetők, a szupertükrök, neutron spin echo, helyérzékeny detektorok és ballisztikus neutronvezetők bizonyultak a mintegy 8000 neutronkutató kiszolgálására a történelemtudomány, élettudományok, fizika, kémia, mérnöki tudományok, stb. területén.

Időközben új elvek jelentek meg a neutronforrások teljesítményének növelésére, amelyek közül az impulzus üzemű források és a spalláció voltak a legfontosabbak. Ezek kombinálásával 2008 körül sikerült először az Egyesült Államokban és Japánban előre lépni a neutronforrások fényerejét tekintve 1970 óta.

Az ún. hosszú impulzusú spallációs források jelentik a fejlődés következő generációját, amely elven egy további nagyságrend fényerő-növekedés lesz elérhető egy évtizeden belül. Ez az elv lényegében ugyancsak neutronszórás műszertechnikát használ fel (impulzus multiplikáció, multiplexing chopper rendszerek, multi-spektrális nyalábkicsatolás) a gyorsító- és target-technikai akadályok megkerülésére. Az új technikára alapuló neutronforrások egyúttal költséghatékonyabbak lesznek, és – mint sok ezer kutatót kiszolgáló nemzetközi K+F nagyberendezések – jövedelmező vállalkozások lehetnek.

## A CERN LHC ALICE kísérlet legújabb eredményei

Molnár Levente

*MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet,  
1121 Budapest, Konkoly Thege M. út 29-33.*

Az első 900 GeV-es proton-proton ütközések 2009 novemberében történtek a Nagy Hadron Gyorsítóban (LHC) a CERN-ben. Az LHC pár hónap elteltével, 2010 márciusától, egyre nagyobb intenzitású 7 TeV-es proton-proton ütközéseket nyújt a kísérleteknek.

Az ALICE kísérlet, amely az LHC egyetlen nehézion mérésekre specializálódott kísérlete, elsőként publikálta a töltött részecske sűrűség mérését a pszeudo-rapidity függvényében, proton – proton ütközésekben 900 GeV-es tömegközépponti energián.

Az előadás áttekintést ad az ALICE kísérlet 2009-2010-es méréseiről, az első napok eredményeitől kiindulva, a nagy statisztikát igénylő mérésekig. A nagy energiákon történő részecske keletkezés megértése vezérelte az első töltött részecske sűrűség méréseket és az azonosított részecske spektrumok vizsgálatát. A perturbatív tartományba eső kvantum-szindinamikai vizsgálatokat vezető részecske korrelációkon és jet méréseken keresztül tanulmányozza az ALICE. Nagy LHC energiákon lehetőség nyílik a nagy multiplicitású események vizsgálatára és eddig alacsonyabb energiákon nem észlelt kollektív effektusok keresésére.

Az előadás lezárásaként, a 2010 végére tervezett nehézion adatgyűjtésre való felkészülés és a várt nehézion eredmények kerülnek bemutatásra.



## GaAs-alapú önszerveződő nanostruktúrák

Nemcsics Ákos<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>MTA Műszakifizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, 1121 Budapest, Konkoly Thege M. út 29-33.

<sup>b</sup>Óbudai Egyetem, Mikroelektronikai és Technológiai Intézet, 1084 Budapest, Tavaszmező u. 15-17.

A nanotechnológia forradalmasította a technika szinte minden területét. Egyik leglátványosabb eredmény az elektronika területén tapasztalható. Ezek az alacsonydimenziós rendszerek a kvantumbehatárolás kihasználásával úgy fajta félvezetőeszközök konstruálását tették lehetővé. Egy új diszciplína a kvantumszámítástechnika egyik lehetséges eszközrealizációját a csatolt kvantumpontok adják. De a ún. hagyományos eszközök, pl. a napelemek esetében is drasztikus előrelépések tapasztalhatók ezen struktúrák alkalmazásával. Egy GaAs-alapú többszörös kvantumvölgyes napelemstruktúra esetében a hatásfok 40% fölé emelkedik. Míg kvantum pontok alkalmazásával 60% fölé növelhető a hatásfok [1, 2].

Alacsonydimenziós nanostruktúrák többféle módon állíthatóak elő. Az előállítási technológiák közül a növekedés kézbentartathósága okán kiemelkedik a molekulanyaláb epitaxia (MBE). A növesztés ultranagy vákuumban történik, ahol a fűtött mintatartóra molekula források irányulnak. A növekedés in-situ módon nagy energiájú sűrűlőszögű elektronokkal vizsgálhatóak (RHEED). Az MTA-MFA és az OE-MTI közös GaAs és rokon anyagok növesztésére alkalmas MBE laboratóriumát a közelmúltban avattuk [3].

A nanostruktúrák kialakítása az önszerveződés kihasználásával történik. Úgy állítjuk be a növekedés feltételeit, hogy az növekedjék, amit szeretnénk. A kvantumpontok kialakításánál széleskörben elterjedt a Stranski-Krastanov módban, a rácsfeszültséget kihasználó növesztés. Ennek tipikus példája a InAs/GaAs rendszer. Az anyagválasztás kötöttségeit a Vollmer-Weber módban növesztett, a leválasztott III-oszlop elemét utólagosan kristályosító technológia kerüli ki. E módszerrel nem csak kvantumpontok, hanem kvantumgyűrűk is növeszthetőek. Mostanában a GaAs/AlGaAs rendszert vizsgáljuk. Fontos feladat a növekedés kinetikájának megismerése. A növekedéssel kapcsolatosan magyarázatot adtunk a RHEED kép kialakulására gyűrű esetében [4]. Az ex-situ vizsgálatok (pl. PL, TEM) is hozzájárulnak a növekedés folyamatának a megértéséhez [5].

### Hivatkozások:

- [1] Nemcsics Á.; Fizikai Szemle **56**, 293 (2006)
- [2] Nemcsics Á.; El. Techn. Mikrotechn. **48**, 39 (2009)
- [3] Nemcsics Á., Réti I., Serényi M., Tényi G., Hodován R., Gábor J., Taar I., G., Pántos J., Bozsik J., Molnár S., Jankó R. M.; El. Techn., Mikrotechn. **48**, 33 (2009).
- [4] Nemcsics Á., Heyn C., Stemmann A., Schramm A., Welsch H., Hansen W.; Mat. Sci. Eng. B **165**, 118 (2009)
- [5] Nemcsics Á., Tóth L., Dobos L., Stemmann A.; Superlatt. Microstr. (accepted, 2010)

## Az ELI lézerrendszerek tudományos-technológiai kihívásai

Osvay Károly<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>*SzTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, 6720 Szeged, Pf. 406*

<sup>b</sup>*ILE-ENSTA, Chemin de la Huniere, Palaiseau Cedex, F-91761, France*

Az első, nagy teljesítményű lézerekre alapozott civil kutatási nagyberendezést, az Extreme Light Infrastructure-t (ELI), nemzetközi összefogással három helyszínen, de egységes igazgatósággal és kutatási stratégiával hozzák létre. A Szegeden építendő Attoszekundumos Kutatóintézet elsődleges küldetése az elektrondinamika femto- illetve attoszekundumos skálán való időbeli vizsgálata atomokban, molekulákban, plazmákban és biológiai mintákban. A nagy intenzitású fényt igénylő kísérleti tudományokat, mint például lézeres részecskegyorsítás vagy lézerrel generált röntgen sugárzás elsősorban a prágai Beamline Facility-ban, míg a fotoindukált nukleáris kísérleteket a Bukarest melletti Magureleében létrehozandó kutatóintézetben lehet majd elvégezni. A nem-lineáris kvantumelektrodinamikai és asztrofizikai vizsgálatokhoz tervezett negyedik, 200PW csúcsteljesítményű lézerimpulzusokat előállító kutatóintézet helyéről várhatóan 2012 után születik majd döntés.

Az ELI projekt elsődleges célja tehát egy lézereken alapuló, teljesen egyedülálló kutatási infrastruktúra létrehozása, mellyel a fény-anyag kölcsönhatások eddig csak megjósolt vagy éppen teljesen ismeretlen területeit kísérletileg is megismerhetjük. A lézerimpulzusokat a célkamrákban különböző tárgyakra fókuszálják, mely segítségével plazmát állítanak elő. A plazma részben önmaga képzi a kutatás tárgyát (lézer-anyag kölcsönhatások, nagyenergiájú plazmafizika), részben pedig úgynevezett másodlagos fény- és részecskeforrások keltésére szolgál. Másodlagos fényforrások a koherens röntgensugárzás, attoszekundumos ( $10^{-18}$  s) impulzusok, THz-es impulzusok illetve irányított részecskenyalábok (elektron, proton- és neutron). A közvetlen nagy intenzitású impulzusokkal olyan, jelenleg egzotikusnak tűnő jelenségek tanulmányozhatóak, mint például a vákuum felbontása vagy az Unruh-sugárzás.

A tervezett kutatások alapját a jelenlegi “state-of-the-art” technológiával már elérhető 1 PW ( $10^{15}$  W) csúcsteljesítményű lézerimpulzusokat előállító lézeres technológia több lépcsős fejlesztése szolgáltatja, ami a lézeres csúcsteljesítményt a most megvalósítás alatt álló, tíz PW-os projekteken (APOLLON, VULCAN 10PW) keresztül 200PW-ig növelné, illetve az átlagteljesítményt 10W-ról (PFS) 1kW fölé emelné. A csúcs- illetve az átlagos teljesítmény közel négy nagyságrenddel való növelése a feladattal arányos tudományos és technikai nehézségeket okoz. Ezek a nagy ismétlési frekvenciájú nagy energiájú pumpalézerek előállításától, valamint a nagy méretű ( $>1\text{m}^2$ ), nagy lézeres roncsolási küszöbvel rendelkező, több száz nm sávszélességű optikai elemek (rácsok, tükrök) gyártásától kezdve a 15 nagyságrendű időbeli kontraszt biztosításán keresztül a koherens nyalábegyesítés problémájáig terjednek. A fentiekben túl az előadás végén a három ELI lézerrendszer és infrastruktúra jelenlegi terveit is bemutatjuk.

## Bell-egyenlőtlenségek kvantummechanikai sértése

Pál Károly Ferenc

*MTA Atommagkutató Intézete, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.*

A Bell-egyenlőtlenségek olyan feltevésekből vezethetők le, melyek bármelyikének az elvetése a józan ésszel nehezen egyeztethető össze. Az egyik az, hogy egy kísérletező, ha az alkalmas eszközök a rendelkezésére állnak, szabadon eldöntheti, milyen mérést végez el. A másik, hogy ha valami mást mért volna meg, mint amit valójában megmért, akkor is kapott volna valamilyen eredményt, ami összhangban lett volna a fizikai törvényekkel. A harmadik pedig az, hogy egy mérés eredménye nem függhet attól, hogy tőle távol valaki egy másik objektummal mit csinál ezzel egy időben, még akkor sem, ha az illető objektum korábban a mérés tárgyával kölcsönhatásban volt. Mindezek fényében a Bell-egyenlőtlenségek sértése a kvantummechanika egyik legmeglepőbb jóslata és a világ egyik legfurcsább sajátága. Elméleti és filozófiai jelentőségén túl a Bell-egyenlőtlenségek sértése a gyakorlatban is hasznosítható a kvantuminformatikában. Mi azt vizsgáltuk, hogy a kvantumelmélet a Bell-egyenlőtlenségek milyen mértékű sértését engedi meg, és a maximális sértés milyen kvantumrendszerekkel érhető el [1-5]. Megmutattuk, hogy vannak olyan egyenlőtlenségek, melyeknél ehhez a legegyszerűbb kvantumrendszerek nem elegendők. Az ilyen egyenlőtlenségeknek jelentőségük lehet kvantumtitkosítási eljárások biztonságának az igazolása során.

### Hivatkozások:

- [1] K. F. Pál, T. Vértesi, Phys. Rev. A. **77**, 042105 (2008).
- [2] T. Vértesi, K. F. Pál, Phys. Rev. A. **77**, 042106 (2008).
- [3] K. F. Pál, T. Vértesi, Phys. Rev. A. **79**, 022120 (2009).
- [4] T. Vértesi, K. F. Pál, Phys. Rev. A. **79**, 042106 (2009).
- [5] K. F. Pál, T. Vértesi, Phys. Rev. A. **80**, 042114 (2009).

## Általános Z-scan elmélet és alkalmazása LiNbO<sub>3</sub> vizsgálatára

Pálfalvi László<sup>a</sup>, Tóth Bálint<sup>b</sup>, Almási Gábor<sup>a</sup>, Péter Ágnes<sup>c</sup>,  
Polgár Katalin<sup>c</sup>, Hebling János<sup>a</sup>

<sup>a</sup>PTE Fizikai Intézet, Kísérleti Fizika Tanszék, 7624, Pécs, Ifjúság u. 6.

<sup>b</sup>PTE Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék, 7624, Pécs, Ifjúság u. 6.

<sup>c</sup>MTA SZFKI, 1121, Budapest, Konkoly-Thege M. u. 29-33.

A nagy intenzitású nemlineáris optikai alkalmazások során elengedhetetlen az alkalmazott anyag nemlineáris optikai paramétereinek ismerete. Az 1991-ben kifejlesztett nagy érzékenységgű Z-scan módszer [1] napjainkra a nemlineáris törésmutató ( $n_2$ ) és nemlineáris abszorpció ( $\beta$ ) mérésére szolgáló standard módszerré nőtte ki magát. A Z-scan témában megjelent publikációk az elmélet alkalmazhatóságát illetően korlátozást tesznek vagy a nemlineáris közeg vastagságára, vagy a nemlinearitás mértékére vagy mindkettőre. Az általunk javasolt Z-scan elmélet [2] a paraxiális hullámegyenlet nemlineáris közegben történő megoldásán alapul kiegészítve azt a Huygens-Fresnel elvvel. Az elmélet általános érvényű; tetszőleges vastagságú, és tetszőleges mértékű nemlineáris törésmutatóval és abszorpcióval rendelkező mintára alkalmazható. Vékony minta, kis nemlinearitás esetében elméletünk konzisztens azon modellekkel, melyek a nemlineáris terjedés során nem alkalmaznak közelítést.

Kimagaslóan jó nemlineáris optikai tulajdonságai miatt az egyik legszélesebb körben elterjedt nemlineáris optikai anyag a LiNbO<sub>3</sub> (LN). A nemlineáris optikai frekvencia átalakítások során alapkövetelmény az optikai sérüléstől való mentesség. Az optikai sérüléssel szembeni ellenállás két-, három- és négy vegyértékű ionok (Mg, Zn, In, Sc, Zr, Hf) adalékolásával növelhető. Ezen adalékok szerepe a „Nb antisite” ionok (Nb<sub>Li</sub>) koncentrációjának csökkentése. Valamennyi Nb<sub>Li</sub> ion adalékionnal történő helyettesítése a fotorefrakció (az optikai sérülés egyik formája) megszűnését eredményezi. Részletes Z-scan vizsgálatokkal megmutattuk, hogy Mg-mal adalékolt LN kristály esetén a nemlineáris törésmutató-változás előjele és mértéke a Mg koncentrációtól függ. A fotorefrakciós küszöbkoncentráció feletti Mg adalékolás esetén  $n_2$  pozitív, az alatt negatív [3]. Míg küszöb alatt a nyalábtorzulásokért dominánsan a fotorefrakció a felelős, addig a felett a nemlineáris abszorpció okozta termo-optikai effektus [3]. A Mg-on kívül az In, Sc, Zr és a Hf hatását is vizsgáljuk.

### Hivatkozások:

- [1] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagan, E. W. Van Stryland, IEEE J. Quantum Electr. **26**, 760, (1990).
- [2] L. Pálfalvi, B. C. Tóth, G. Almási, J. A. Fülöp, J. Hebling, Appl. Phys. B. **97**, 679 (2009).
- [3] L. Pálfalvi, J. Hebling, G. Almási, Á. Péter, K. Polgár, K. Lengyel, R. Szipőcs, J. Appl. Phys. **95**, 902 (2004).

## Véletlen gráf generálás multifraktálokkal

Palla Gergely<sup>a</sup>, Lovász László<sup>b</sup> és Vicsek Tamás<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*MTA-ELTE Statisztikus és Biológiai Fizika Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A.*

<sup>b</sup>*ELTE Matematikai Intézet, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/C.*

Egy új gráf generáló eljárást mutatunk be, melynek segítségével a valós hálózatok statisztikus tulajdonságait reprodukáló véletlen gráfok állíthatók elő. A modell összesen két paraméterrel rendelkezik, ennek ellenére egy igen rugalmas eszközt nyújt, melynek segítségével nagyon eltérő statisztikákkal rendelkező hálózatok is legyárthatók. Az algoritmus a végtelen gráfsorozat határértéke és a 2 dimenziós mértékek közötti szoros összefüggésen alapszik. Lényege, hogy önhasznós módon hozunk létre egy 2 dimenzióba ágyazott multifraktált, és bizonyos iteráció számnál megállva a kapott mérték alapján határozzuk meg a létrehozandó gráf csúcsai között az élbehúzási valószínűségeket [1]. A multifraktál változtatásával a legyártott hálózat statisztikus tulajdonságai is nagy változásokon mennek keresztül. A multifraktál generáló mértékének paraméterei egy egyszerű szimulált hőkezeléssel illeszthetők adott tulajdonságú hálózat létrehozásához.

### Hivatkozások:

[1] G. Palla, L. Lovász, T. Vicsek, Proc. Natl. Acad. Sci. USA **107**, 7640, (2010).

## **Klímaváltozások: Adatok, nagyságrendek, modellek**

RÁCZ ZOLTÁN

*MTA-ELTE Elméleti Fizikai Tanszéki Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány s. 1/a.*

A Föld különböző időskálájú hőmérsékletváltozásainak tükrében áttekintjük a szárazföld-levegő-óceán rendszer klímaváltozásának lehetséges mechanizmusait. Megvizsgáljuk az energiaháztartás dinamikájának főbb mozgatóit (planetáris mozgás, napfolt-tevékenység, fosszilis energiahordozók felhasználása) és azok nagyságrendi járulékait, és összehasonlítjuk a különböző csatornáknál (hidrociklus, fotoszintézis, emberi tevékenység) folyó energiaáramokat is. A jégkorszakok példáján látható lesz, hogy a klímaváltozások dinamikája a különböző energiaskálák erős csatolásával kapcsolatos, s a fizikusok számára egy sor érdekes problémát vet fel. Természetesen érintjük a klímaváltozás tudományos és társadalmi aspektusait, és annak veszélyeit.

## A RENATE nyalábemissziós spektroszkópi szimuláció és alkalmazásai

Guszejnov Dávid<sup>a</sup>, Pokol Gergő<sup>a</sup>, Pusztai István<sup>b</sup>, Réfy Dániel Imre<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*BME NTI, EURATOM Association, 1521 Budapest, Pf. 91.*

<sup>b</sup>*Chalmers University of Technology, EURATOM Association, SE-412 96 Göteborg*

A mágneses összetartású fúziós berendezések egyik fő típusa a tokamak, ahol toroidális geometriában, rendkívül magas hőmérsékletű (~10keV) plazmát tartanak össze, a külső tekercesek és a plazmában indukált áram által létrehozott, helikálisan megtekert mágneses tér segítségével. A mágnesesen összetartott plazmák viselkedése máig számos kérdést vet fel, ezek vizsgálatára több mint 40 kísérleti reaktor működik a világ több pontján. A speciális körülmények (nagy hőmérséklet, nagy mágneses tér, neutronsugárzás) miatt a plazmában speciális mérési módszerek szükségesek, amik a fizika egész eszköztárát felvonultatják.

Az egyik, tipikusan a fúziós plazmák külső régióit vizsgáló diagnosztikai módszer, az úgynevezett atomnyaláb emissziós spektroszkópia (Beam Emission Spectroscopy, BES). Ennek lényege, hogy egy nagyenergiájú semleges atomokból álló nyalábot lőnek a plazmába, amelyek ott a plazmarészecskékkal kölcsönhatva gerjesztődnek, és karakterisztikus hullámhosszokon fotonokat bocsátanak ki. A megfigyelőrendszer - az optikai szűrő által meghatározott hullámhosszon - az emittált intenzitás nyaláb menti eloszlását, azaz a *fényprofil*t méri. Ezen fényprofilból lehet következtetni egy elektronnívó lokális populációjára, amiből visszaszámolható az adott helyen a plazma sűrűsége, és a sűrűség fluktuációja is.

A BME-NTI-ben fejlesztett RENATE (Rate Equations for Neutral Alkali-beam TEchnique) szimuláció lehetővé teszi különböző fúziós berendezések BES diagnosztikai méréseinek szimulációját és korrekcióját. A program az ütközési-sugárzási modell alapján számolja az alkáli nyalábatomok nivóinak betöltöttségét a nyaláb mentén, adott berendezés és plazmaparaméterek mellett. Az így kapott fényprofilból képes kiszámolni az egyes detektorszegmensekre érkező fotonok számát, figyelembe véve a megfigyelőrendszer jellemzőit. A szimuláció segítségével meghatározható, az adott rendszer fluktuációválasz mátrixa, amivel a plazmasűrűség-fluktuációs mérések pontosíthatóak, valamint korrekcióba vehető a megfigyelés okozta fényprofil torzulás is.

A RENATE szimuláció segítségével a jelenleg a COMPASS tokamakon épülő BES diagnosztika tervezésénél meghatározták: 1. az optikai rendszer megfigyelési tartományát, 2. a megfigyelő optikai rendszer elhelyezkedését, 3. a mérés szempontjából legmegfelelőbb detektortípust. A RENATE szimuláció másik alkalmazási területe a TEXTOR tokamak, ahol a megfigyelőrendszer pontos szimulálásával a kiértékelést segítő programcsomag része lett.

A RENATE programcsomag fejlesztésének legfőbb irányai jelenleg a kísérleti eredményekkel való validáció és a geometria általánosítása, ami a lehetséges alkalmazási területeket bővíti ki, és lehetővé teszi pl. az ITER tokamak BES rendszerének szimulálását.

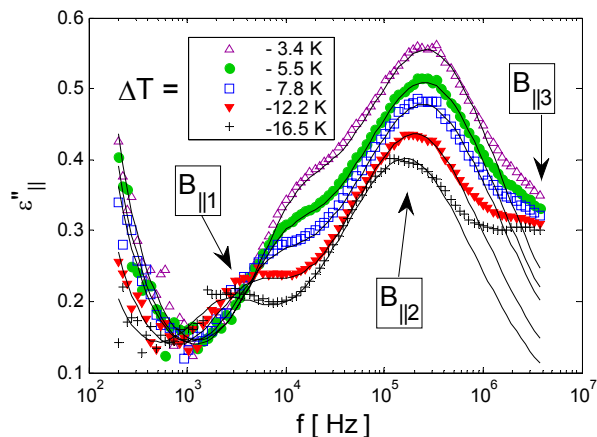
## Hajlított törzsű és rúd alakú folyadékkristályok elegyeinek dielektromos tulajdonságai

Salamon Péter<sup>a,b</sup>, Éber Nándor<sup>a</sup>, Buka Ágnes<sup>a</sup>, Samuel Sprunt<sup>b</sup>,  
James T. Gleeson<sup>b</sup> és Jákli Antal<sup>b</sup>

<sup>a</sup>MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, H-1525 Budapest, Pf. 49.

<sup>b</sup>Kent State University, Kent, Ohio 44242, USA

Dielektromos spektroszkópiai méréseket végeztünk a hajlított törzsű 4-kloro-1,3-fenilén-bis-4-[4'-(9-deceniloxi)benzoi]oxi]-benzoát (CIPbis10BB) nevű újfajta, ún. hajlított törzsű, nematikus folyadékkristályon és ennek egy hagyományos, rúd alakú mezogén anyaggal (6008) készített elegyein [1]. A párhuzamos és a merőleges permittivitás-komponensekhez tartozó spektrumokon egyaránt a szokásos rúd-alakúknál tapasztalhatóakhoz képest eggyel több dielektromos relaxációt találtunk a hajlított törzsű anyag esetében. Egy, a párhuzamos komponensben megfigyelt relaxáció meglepően alacsony, néhány kHz-es karakterisztikus frekvenciával rendelkezik (1. ábra). A elegyeiken mért spektrumokon azonosítottuk a különböző komponensekből származó járulékokat a relaxációkban és beláttuk ezek additívitasát. Az eredményeink értelmezéséhez, az anyagok molekuláris paramétereinek meghatározására alkalmas, a különböző konformációkat is figyelembe vevő kvantumkémiai módszerünket elsőként alkalmaztuk egy számos poláros atomcsoporttal rendelkező nagyméretű flexibilis molekulára. Megmutattuk a rúd alakú molekulák alkotta nematikus folyadékkristályok dielektromos tulajdonságait leíró klasszikus Maier-Meier elmélet hajlított törzsűekre való alkalmazhatóságának korlátait.



1. ábra: A párhuzamos dielektromos veszteség-spektrumok különböző hőmérsékleteken mérve a CIPbis10BB hajlított törzsű nematikus folyadékkristály esetében.

Kutatásunk anyagi háttérét az OTKA-K61075, K81250 és az NSF DMR-0606160 pályázatok biztosították.

### Hivatkozások:

- [1] P. Salamon, N. Éber, Á. Buka, S. Sprunt, J. Gleeson, Á. Jákli, Phys. Rev. E, **81**, 031711 (2010).



## Koherencia-teremtés inhomogén kiszélesedésű közegben

Djotyán Gagik, Sándor Nóra, Bakos József, Sörlei Zsuzsanna

*MTA Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet, XII. Konkoly-Thege M. út 29-32., H-1525 Budapest, Pf.: 49.*

Az elmúlt évtizedben nagy érdeklődés mutatkozik kvantumállapotok közötti koherens szuperpozíciók létrehozása irányában, hiszen számos gyakorlati alkalmazása lehetséges az optika különböző területein. Ha ugyanis egy közeget alkotó atomokat vagy molekulákat megfelelő koherens szuperpozíciós állapotban preparáljuk, a közeg optikai (abszorpciós és refraktív) tulajdonságai extrém módon megváltozhatnak. Ennek hatására a vezetési tulajdonságok erősen átalakulhatnak, s ez többek között olyan jelenségekhez vezet, mint az elektromágnesesen indukált átlátszóság [1], a fény megállítása [2] vagy a szuperluminális fényterjedés [3].

Jelen munkánkban tripod-struktúrájú modell-atom alapállapotai közötti tetszőleges koherens szuperpozíció létrehozásának lehetőségeit vizsgáljuk inhomogén kiszélesedésű energiaszintek esetén, relaxációs folyamatok jelenlétében. A javasolt sémában az atomi populációk és koherenciák manipulációja frekvencia-csörpölt (FC) lézerpulzusok segítségével történik, melyek közül kettő Raman-rezonanciában van, míg a harmadik Raman-elhangolt a másik kettőhöz képest. Az atom gerjesztésének elkerülését fontos célnak tekintettük, mivel így a minimálisra csökkenthető a spontán emisszióból eredő dekoherencia.

Mivel a vizsgált séma lehetővé teszi a gerjesztés elkerülését, meg lehet mutatni, hogy a (gerjesztett állapotról való spontán emisszió által okozott) longitudinális relaxáció hatása nem jelentős abban az esetben, ha a kölcsönhatás karakterisztikus ideje rövidebb, mint a relaxációs idő. Ennél hosszabb impulzusok esetén viszont, az elhanyagolható gerjesztés ellenére is átrendeződnék a kölcsönhatás által létrehozott populációk: az összes populáció az  $|1\rangle$ -es és  $|2\rangle$ -es állapot szuperpozíciójába kerül, melyek a Raman-rezonanciában levő impulzusokkal csatolódnak a gerjesztett állapothoz.

A transzverzális relaxáció hatására a koherencia eltűnik olyan esetekben, amikor a relaxáció időnél hosszabb impulzust alkalmazunk. Ez a hatás erős transzverzális relaxációjú közegekben ultrarövid (szélessávú) FC impulzusok használatával kiküszöbölhető, miközben a javasolt séma megtartja a legfontosabb tulajdonságait (ellentétben a STIRAP és SCRAP sémákkal, ahol a szélessávú impulzusok alkalmazása problémákat okoz): a frekvencia-csörpölés miatt a spektrális felbontás megmarad, mert a legközelebbi, a csörpölés irányába eső állapot választódik ki [4].

### Hivatkozások:

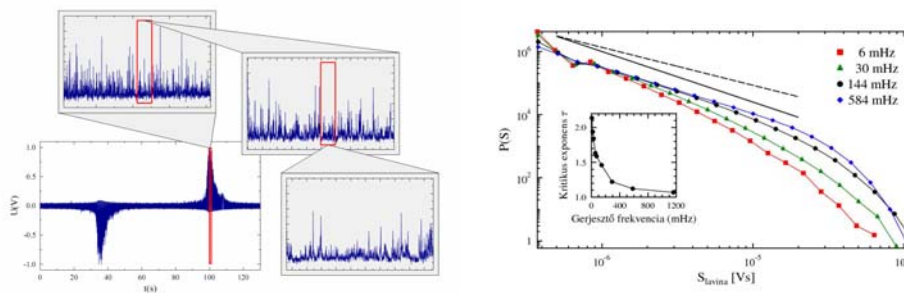
- [1] J. P. Marangos, Journal of Modern Optics, **45**, 3, (1998)
- [2] M. Fleischhauer and M. D. Lukin, Phys. Rev. Letts., **84**, 22, (2000)
- [3] A.M. Steinberg and Raymond Y. Chiao, Phys. Rev. A, **49**, 3, (1994)
- [4] J.S. Melnger, S. R. Gandhi, A. Hariharan, J.X. Tull, W.S. Waren, Phys.Rev.Letts, **68**, 2000 (1992).

## Miről recseg a Barkhausen-zaj?

Szabó István, Bükki-Deme András, Eszenyi Gergely, Harasztosi Lajos és Beke Dezső

*Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizika Tanszék, 4010 Debrecen, pf. 2.*

A mágneses Barkhausen-zaj modern zajanalízisen alapuló leírása új lehetőségeket nyit az anyagtulajdonságok roncsolásmentes vizsgálatára. A Barkhausen-zaj a recsegő zajok családjának tagja. Hasonlóan a földrengések méret eloszlásához, a doménmozgás során keletkező zajcsomagok jellemzői hatványfüggvény viselkedést mutatnak. A véletlen hibaeloszlással kölcsönható doménfal-mozgás dinamikájában a kritikus viselkedés önszervező módon jelenik meg. Amíg az univerzális tulajdonságok elsősorban magára a mágnesezési folyamatra jellemzőek, a zaj nagysága és egyéb paraméterei az anyagban lévő hibaszerkezet és feszültségállapotok függvényei. Ezekon a korrelációkon alapul a Barkhausen-zaj ipari mérés technikai felhasználása.



*1. ábra: A Barkhausen zajcsomag önhasonló jellege és a zajcsomagok területeloszlása alapján meghatározott kritikus exponensek gerjesztési frekvencia függése.*

Az előadásban bemutatjuk a Barkhausen-zaj leírására elfogadott modelleket, összevetve technikai anyagokon végzett kísérleti mérések eredményeivel. A lassú gerjesztés mellett végzett részletes zajcsomag analízisen alapuló vizsgálati módszer sokoldalúan alkalmazhatónak bizonyult technikai anyagok anyagszerkezeti tulajdonságainak jellemzésére. Erre több, gyakorlati szempontból is fontos példát ismertetünk szerkezeti acélok és nanoszemcsés szalagok esetén [1,2].

### Hivatkozások:

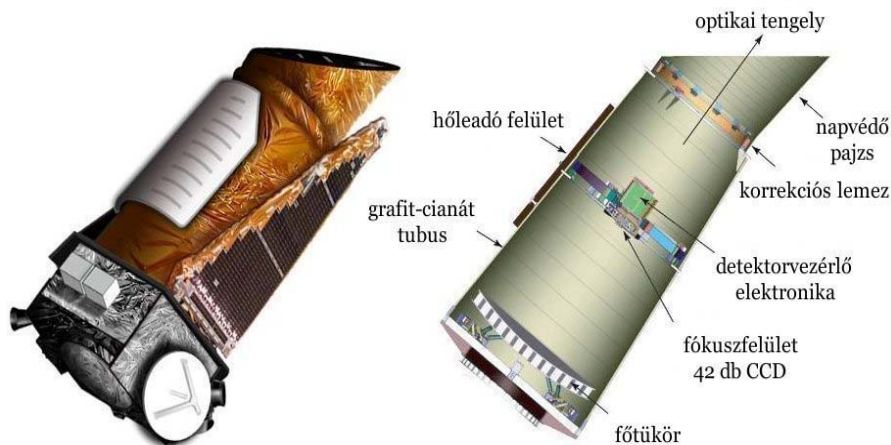
- [1] [1] A. Bükki-Deme, I. Szabó, és C. Cserhádi, "Effect of anisotropic microstructure on magnetic Barkhausen noise in cold rolled low carbon steel," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **322**, 1748, (2010).
- [2] G. Eszenyi, A. Bükki-Deme, L. Harasztosi, F. Zámorszky, J. Nyéki, Z. Erdélyi, D. Beke, és I. Szabó, Spectral density of Barkhausen noise in FINEMET-type materials, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **322**, 322, (2010).

## A Kepler-program

Szabó Róbert

*MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet,  
1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós u. 13-17.*

2009. március 7-én indult útjára a NASA **Kepler** űrtávcsőve, melynek elsődleges célja a Földhöz hasonló bolygók kimutatása a lakhatósági zónákban fotometriai (tranzit) módszerrel [1,2]. A program lényeges eleme a **csillagok szeizmológiai vizsgálata** [3]. Az egyedülálló pontosságú és több évre kiterjedő folyamatos fényességmérés a csillagok parányi rezgéseinek kimutatását is lehetővé teszi, ezáltal a csillagok belsejében végbemenő folyamatokat tanulmányozhatjuk és a csillagok globális paraméterei is meghatározhatók. A precíz csillagparaméterekkel a talált bolygók tulajdonságai is pontosíthatók. Ennek a forradalmi lehetőségnek a kiaknázására egy konzorcium jött létre (Kepler Astroseismic Science Consortium, KASC [4]), melynek több, mint 400 tagja van világszerte. Az asztroszeizmológiai munkába a MTA KTM Csillagászati Kutatóintézet kutatói is bekapcsolódtak, és több munkacsoport vezetésére is felkérték minket. Előadásomban bemutatom a Kepler-űrprogramot, a tudományos célkitűzéseket és az első eredményeket. Külön kitérek a misszió előkészítésében és a további földi támogatásában végzett magyar hozzájárulás szerepére.



*1. ábra: A Kepler-űrtávcső és felépítése*

### Hivatkozások:

- [1] W. J. Borucki, D. Koch, G. Basri és mktársai, Science, **327**, 977 (2010)
- [2] <http://kepler.nasa.gov/>
- [3] R. L. Gilliland, T. M. Brown, J. Christensen-Dalsgaard és mktársai, Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific., **122**, 131,(2010)
- [4] <http://astro.phys.au.dk/KASC/>

## A lézer paraméterek vizsgálata z-pinch gerjesztésű $Ar^{+8}$ lágyröntgen lézerben

Szász János<sup>a,b</sup>, Kiss Máttyás<sup>b</sup>, Sánta Imre<sup>a,b</sup>, Szatmári Sándor<sup>c</sup> és Kuhlevszkij Szergej<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Fizikai Intézet, Pécsi Tudományegyetem, Pécs

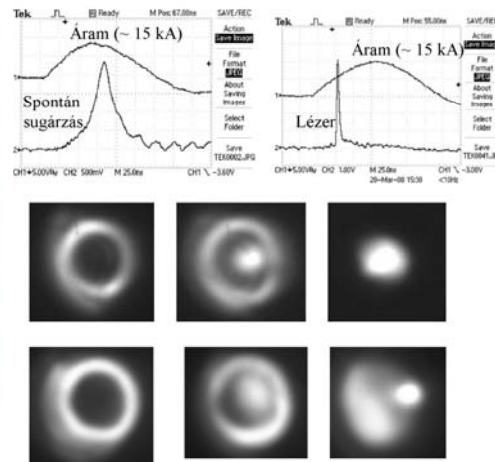
<sup>b</sup>Dél-Dunántúli Kooperációs Kutatási Központ, Pécs

<sup>c</sup>Szegedi Tudományegyetem, Kísérleti Fizika Tanszék

A kapilláris kisüléssel létrehozott z-pinch plazmát vizsgáltuk azzal a céllal, hogy a forró, nagy sűrűségű, homogén plazmát, mint aktív közeget hasznosítsuk az  $Ar^{+8}$  lágyröntgen lézerben. Elvégeztük a lézerparaméterek kísérleti és elméleti vizsgálatát (1. ábra). A kutatás alapvető célja azt volt, hogy megismerjük a lézerműködés fizikai feltételeit kísérleti úton, megfelelő modellt találjunk a rendszer leírására, megértsük a plazmában lezajló folyamatokat, egyúttal optimalizálni tudjuk a lézer működését. A kutatás során elértük, hogy relatíve lassú (130-180 ns), és alacsony áramú (17-20 kA) z-pinch kisülés még nagyon hosszú kapillárisban is stabil és hatékony lézerműködést biztosítson. Az MHD számítógépes modellel kapott plazmaparaméterek alapján jelzett lézerműködés jól megegyezik a kísérletileg kapott értékekkel.



Diagnosztika: JOBIN YVON TGS 300 (10-110 nm), XRD, foszforfilm, MCP-CCD, Rogowsky



1. ábra: Lágyröntgen  $Ar^{+8}$ -lézer ( $\lambda = 46,9$  nm,  $E \approx 0,1$  mJ,  $\tau \approx 1,5$  ns,  $\varphi \approx 1$  mrad, PRR > 1Hz)

Ez a projekt a “Framework for European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST, Contract No. MP0601)” és a Magyar Kutatási és Fejlesztési Program (KPI, Contract GVOP 0066-3.2.1.-2004-04-0166/3.0) támogatásával valósult meg.

## **GMR multirétegek mágneses ellenállás görbéinek modellezése a külső tér függvényében különböző csatolások és anizotrópiák mellett**

Szász Krisztián és Bakonyi Imre

*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.*

Annak érdekében, hogy jobban megértsük a lehetséges csatolások szerepét a multirétegek óriás mágneses ellenállás jelenségében (GMR), hasznosnak látszik a *GMR* külső mágneses tértől való függésének ismerete. Mivel a szakirodalom csak néhány speciális esetet tárgyal, ezért a ferromágneses/nemmágneses (FM/NM) multirétegek *GMR(H)* görbéit modellezzük mágneses rétegek közötti különböző csatolás és anizotrópia esetén. Az egyszerűség kedvéért hármásrétegekkel (FM1/NM/FM2) foglalkozunk, mert ez már megfelelő fizikai információt ad a mágnesezési folyamatokról. A számolások elvégzéséhez pár alapfeltevésre van szükség: (i) mindegyik FM réteg egy doménből áll, (ii) mindegyik FM réteg mágnesezettségének nagysága azonos, (iii) a mágnesezettség vektorok a réteg síkjában forognak külső mágneses térben. Ahhoz, hogy meghatározzuk a *GMR(H)* függést, ismernünk kell a hármásréteg mágnesezési folyamatát, azaz az *M(H)* görbét. Ezért először kiszámoljuk az a mágnesezettség vektorok közötti egyensúlyi szöveget ( $\mathcal{G}(H)$ ) mint a mágneses tér függvényét úgy, hogy minimalizáljuk a szerkezet teljes energiáját. Ezután felhasználjuk a Blaas és munkatársai által már korábban elméleti úton kiszámolt *GMR(\mathcal{G})* függést [Eur. Phys. J. B 9, 245 (1999)]. Ezáltal megkapjuk a *GMR(H)* görbét. A következő eseteket tárgyaljuk: (i) tiszta AF (antiferromágnes) csatolás, (ii) 90°-os csatolás, (iii) AF és 90°-os csatolás, (iv) AF csatolás és egytengelyű anizotrópia (külső tér iránya megegyezik a könnyű iránnyal), (v) AF csatolás és egytengelyű anizotrópia (külső tér iránya merőleges a könnyű irányra), (vi) 90°-os csatolás és egytengelyű anizotrópia (külső tér iránya megegyezik a könnyű iránnyal). Az említett esetek többségével még nem foglalkoztak, de ahol van már korábbi eredmény, azok nagyon jól egyeznek az általunk kapottakkal.

### **Hivatkozások:**

- [1] C. Blaas, P. Weinberger, L. Szunyogh, J. Kudrnovský, V. Drchal, P. M. Levy, C. Sommers, Eur. Phys. J. B **9**, 245-251 (1999).
- [2] B. Dieny, J. P. Gavigan, J. P. Rebouillat, J. Phys.: Condens. Matter **2**, 159-185 (1990)

## **Játékelméleti stratégiák térbeli vetélkedése**

Szolnoki Attila

*MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.*

Az együttműködés kialakulása és fennmaradása az egyéni érdekektől vezérelt és emiatt a közösségi érdeket mellőző szereplők között az evolúciós játékelméletnek egy olyan, a mindennapi életünket is jelentősen befolyásoló problémája, amelyre adott válaszok nem csupán a társadalomtudományok (közgazdaságtan, szociológia), hanem a természettudományok, például a biológia érdeklődési körére is számot tarthat. Ez utóbbi esetben számtalan példát lehet találni arra is, hogy a kognitív képességekkel nem rendelkező egyedek (baktériumok, vírusok) kölcsönhatásaként létrejövő térbeli és időbeli mintázatok megértésénél hasznos a játékelméleti leírás.

Az említett rendszerek megértésében lényeges áttörést jelentett az a fizikusok által képviselt szemléletmód, amely figyelembe veszi a játékosok közötti térbeli kapcsolatok következményeit.

Ezzel összefüggésben az együttműködést lehetőségét kereső válaszok feltárásában nagy segítséget jelentenek a statisztikus fizika módszerei, amelyeket korábban a nagy egyedszámmal rendelkező, kollektív viselkedést mutató kondenzált anyagok vizsgálatára fejlesztettek ki.

Felhasználva az utóbbi évtizedben robbanásszerűen fejlődő hálózatkutatás eredményeit is, az előadásban bemutatunk néhány olyan napjainkban feltárt mechanizmust illetve a szereplők kapcsolatait jellemző előnyös feltételt, amelyek segítik az együttműködés kialakulását, a morális magatartás fennmaradását.

## Mágneses nanovilág: a spin-pálya kölcsönhatás kedvenc játékterepe

Szunyogh László

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elméleti Fizika Tanszék  
1111 Budapest, Budafoki út 8.*

A mágneses vékonyrétegek és nanorészecskék kutatása a kondenzált anyagok fizikájában az utóbbi két évtized talán legjelentősebb ill. legnagyobb hatású eredményeit produkálta. A redukált dimenziójú rendszerek fizikai folyamatainak feltárása egyértelművé tette a mikrofizika (kvantumelmélet) alkalmazásának szükségességét és a számos, tömbi anyagokban nem észlelt vagy csak marginálisan fellépő jelenség értelmezése újszerű kihívásokat jelentett az alap kutatás számára.

Előadásomban a tömbi rendszerekben általában elhanyagolható jelentőségűnek vélt spin-pálya kölcsönhatás következményeivel foglalkozom mágneses nanorendszerekben. Mind az alap kutatás, mind a technológiai lehetőségek szempontjából számos jelenség (mágneses anizotrópia, mágneses átfordulási folyamatok, anizotróp mágneses ellenállás, Rashba effektus, spin- és anomális Hall effektus stb.) eredete rejlik a spin-pálya kölcsönhatásban.

Kutatási módszerünk egy többszintű spin-dinamika eljárás, melynek első lépésében egy alkalmas spin-modelt alkotunk realiztikus elektronszerkezet számítások alapján. Ennek felhasználásával spin-dinamika számításokat végzünk, melyek célja a nanostruktúrák mágneses alapállapotának ill. véges hőmérsékleti mágneses viselkedésének tanulmányozása. A kicserélődési határreteg csatolás jelenségével kapcsolatban, a MnIr ötvözet példáján keresztül tárgyalom egy antiferrómágneses köbös rendszerben fellépő, meglepően nagy mágneses anizotrópia jelenségét [1]. Előadásomban központi helyet kap annak demonstrálása, hogy az ún. Dzsalosinszkij-Moriya kölcsönhatás jelentős szerepet játszik a nanoszerkezetek mágneses viselkedésében, mint pl. az ultravékony filmek mágneses mintázatképződésében [2], a doménfalak homokiralitásban és a spin-hullám spektrum királis aszimmetriájában [3]. Végezetül a fém felületek Shockley állapotainak Rashba felhasadását tárgyalom csoportelméleti eszközökkel és a kapott predikciókat összehasonlítom ab initio számításainkkal [4].

### Hivatkozások:

- [1] L. Szunyogh, B. Lazarovits, L. Udvardi, J. Jackson, and U. Nowak, Phys. Rev. B **79**, 020403(R) (2009).
- [2] L. Udvardi, A. Antal, L. Szunyogh, A. Buruzs and P. Weinberger, Physica B **403**, 402 (2008).
- [3] L. Udvardi and L. Szunyogh, Phys. Rev. Lett. **102**, 207204 (2009).
- [4] E. Simon, A. Szilva, B. Ujfalussy, B. Lazarovits, G. Zarand, and L. Szunyogh, arxiv:1002.0776 (2010).

## ZnO(Al) röntgen fényrel gerjesztett elektronszínképe

Tóth József<sup>a</sup> és Németh Ágoston<sup>b</sup>

<sup>a</sup>MTA Atommagkutató Intézet, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

<sup>b</sup>MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet,  
H-1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.

A jövő ígéretes energiaforrásainak egyike a nagy fényátalakító képességű CIGS napelem (ötféle vékonyrétegből áll), amelynek az aktív rétege (kb. 3  $\mu\text{m}$  vastagságú) a direkt sávszerkezetű Cu-In<sub>1-x</sub>-Ga<sub>x</sub>-Se<sub>2</sub> félvezető (p-típusú). A CIGS napelem legfelső ún. ablak rétege egy nagy átlátszóságú (80-90 %) ZnO réteg (kb. 0.5  $\mu\text{m}$  vastagságú), amelynek előlapi kontaktus szerepe is van, azaz fémesen vezető is kell legyen. A félvezető ZnO-ból, amelynek a tiltott sávja kb. 3.4 eV, úgy kaphatunk fémesen vezető anyagot, hogy 4-5 atom %-nyi Al-ot adunk hozzá, közben a ZnO nagy átlátszósága is megmarad. Az Al kémiai állapotának az ismerete, monitorozása is nagyon fontos a jó minőségű ablak réteg előállítás paramétereinek optimalizálásához.

A ZnO(Al) elemi összetételének és kémiai állapotának pontos jellemzésére a szokásos röntgen fotoelektron- (XPS) és Auger-elektron színképelemzés (XAES) ideális vizsgálati módszerek. A kemény röntgen gerjesztésű XPS (HAXPES) és XAES (HAXAES) technikákkal a hagyományoshoz képest az analitikai információt bővíthetjük. A jelen munkában a Zn/Al atomi koncentráció arányának meghatározása a hagyományos XPS technikával, az Al kémiai állapotának azonosítása pedig a nagyobb érzékenységű HAXAES metodikával történt.

**Köszönetnyilvánítás:** 67873 és 73424 sz. OTKA.

### Hivatkozás:

[1] Németh A., Tóth A. L., Horváth E., Kövér L., Tóth J., Volk J., Mizsei J., Lábadi Z., Proceedings of the 20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, Spain, 6-10 June, 2005. Eds: W. Palz, H. Ossenbrink, P. Helm, München, WIP-Renewable Energies (2005) 1847-1850.



## Kvalitatív és korrelációs technikák összehasonlítása komplex festékminták LIBS analízisében

Tóth Tamás, Márton Zsuzsanna

*PTE Fizikai Intézet, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.*

A műtárgyak védelmében és restaurálásában az anyaguk analízisének alapvető és meghatározó szerepe van. Fontos, hogy az erre használt módszer legyen nem-destruktív, mobilis, megbízható, olcsó, biztonságos és könnyen kezelhető. Ugyanakkor a polikróm műtárgyak színező anyaga nagyon széles skálán változó összetételű, gyakran több rétegből áll, és eredetét tekintve is nagyon változatos.

A kísérleteinkhez használt minták különböző korú, kék, zöld, piros és sárga festett rétegek. Ezek részben ismert, részben ismeretlen százalékos összetételben tartalmaznak szerves és szervetlen pigmenteket vagy pigment keveréket különböző kötőanyagokban.

A mintákat lézerrel indukált plazmaspektroszkópia (LIBS) segítségével elemeztük. A plazma kiváltásához KrF excimer lézert ( $\lambda=248$  nm), a nagy mennyiségű spektrális információ begyűjtéséhez nagy felbontású, széles spektrális tartományú (250-800 nm) Andor Mechelle 5000 típusú spektrográfot használtunk, időzíthető iStar DH734-18F-03 kamerával. Bizonyos alapvető komponensek spektrumvonalai (pl. réz, ólom) könnyen azonosíthatók, viszont egyrészt a fő elemi összetevők ismerete nem elegendő a festék azonosításához, másrészt a spektrumok ennél jóval több információt hordoznak.

A közel 20000 hullámhosszon felvett intenzitásadatok hatékony elemzéséhez sokváltozós statisztikai módszereket (PCA, LDA) használva megmutatjuk, hogy a LIBS spektrumok a pigmentanyag atomi összetételén messze túlmutató információt tartalmaznak. Az adatbázis megfelelő megválasztásával nagy biztonsággal megkülönböztethetők bizonyos kötőanyagok, azonos elemeket tartalmazó, különböző sztöchiometrikus összetételű pigmentek, kimutathatók kis mennyiségben jelenlevő adalékok és szennyezőanyagok. A mátrixhatás néven összefoglalt plazmabeli kölcsönhatások miatt meg lehet különböztetni frissen festett és öregedett, azonos összetételű festékrétegeket [1].

Ismert összetételű festék keveréket tartalmazó mintákon összehasonlítjuk a sokváltozós elemzések eredményét a kalibráció nélküli kvantitatív LIBS analízissel nyert adatokkal [2].

### Hivatkozások:

- [1] Zs. Márton, T. Tóth, É. Galambos, R. Mingesz: in LACONA VIII. Proceedings, ed:R. Radvan, J. Asmus, M. Castillejo, P. Pouli and A. Nevin, Taylor and Francis Group, London (2010).
- [2] E.Togoni, G. Cristoforetti, S. Legaioli, V. Palleschi: Spectrochimica Acta Part B **65**, 1-14, (2010).

## Frakcionális kvantum Hall effektus 5/2 betöltésnél

Arkadiusz Wójs<sup>a,b</sup>, Tőke Csaba<sup>c</sup> és Jainendra K. Jain<sup>d</sup>

<sup>a</sup>*TCM Group, Cavendish Laboratory, University of Cambridge,  
CB3 0HE, Egyesült Királyság*

<sup>b</sup>*Institute of Physics, Wrocław University of Technology,  
50-370, Wrocław, Lengyelország*

<sup>c</sup>*Pécsi Tudományegyetem, Fizikai Intézet, 7624 Pécs, Ifjúság u. 6.*

<sup>d</sup>*Department of Physics, 104 Davey Lab, Pennsylvania State University,  
University Park PA, 16802, Egyesült Államok*

A frakcionális kvantum Hall effektus a homogén mágneses térbe helyezett kétdimenziós elektronrendszerben fellépő kollektív kvantumjelenség, az erősen korrelált rendszerek egyik mintapéldája. Míg a legalacsonyabb Landau szinten fellépő páratlan nevezőjű állapotok megnyugtató magyarázatot kaptak a korrelált kvantumfolyadékok elméletében, a 5/2 betöltési számnál, azaz félig töltött második Landau szintnél fellépő kvantum Hall állapot [1] a terület egyik legrégebb megoldatlan elméleti problémája. A jelenleg legelterjedtebb értelmezés a Moore és Read-féle Pfaffian modell [2], amely kompozit fermion-párok képződését feltételezi, és e modell részecske-lyuk konjugáltja, az anti-Pfaffian. Mindkettő elemi gerjesztései nem-ábeli fonási statisztikával bírnak, melyek topológiailag védett kvantum bitek alapjául szolgálhatnak [3], ami dekoherenciától védett kvantumszámítógépek ígéretével kecsegtet. A modellt alátámasztó numerikus és kísérleti eredmények azonban a terület mércéjével mérve nem bizonyító erejűek [4].

Mindkét modell a részecske-lyuk szimmetria sérülését állítja. Megvizsgáljuk, lehet-e ezen sérülés spontán; mi a Landau szintek keveredéséből adódó, a részecske-lyuk szimmetriát megsértő effektív kölcsönhatás szerepe, ill. e kölcsönhatás a két szimmetriasértő állapot közül melyiket preferálja. Azt találjuk, hogy mind a Pfaffian, mind az anti-Pfaffian modell kevésbé pontos a tiszta Coulomb kölcsönhatás esetén, kellően a Landau szintek kellően erős keveredése azonban a részecske-lyuk szimmetriát megsértve a Pfaffian állapotot stabilizálja, mind az alapállapotra, mind az elemi gerjesztésekre vonatkozóan. Megvitatjuk ezen eredmény relevanciáját a kísérletekre vonatkozóan.

### Hivatkozások:

- [1] R. Willett, J. P. Eisenstein, H. L. Stormer, D. C. Tsui, A. C. Gossard, and J. H. English, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 1776 (1987).
- [2] G. Moore and N. Read, *Nucl. Phys. B* **360**, 362 (1991); M. Greiter, X. G. Wen, and F. Wilczek, *Phys. Rev. Lett.* **66**, 3205 (1991).
- [3] C. Nayak, S. H. Simon, A. Stern, M. Freedman, and S. Das Sarma, *Rev. Mod. Phys.* **80**, 1083 (2008).
- [4] C. Tőke, N. Regnault, and J. K. Jain, *Phys. Rev. Lett.* **98**, 036806 (2007); *Solid State Comm.* **144**, 504, (2007).

## Szalay Sándor a szonokémia előfutára

Török István

*ATOMKI, Debrecen, 4001, Pf. 51.*

Az utóbbi időben derült ki (lásd Természet Világa 2007. áprilisi számában), hogy Szalay Sándor professzor a szonokémia (ultrahanggal előidézett kémiai változások tudománya) egyik előfutára volt. 1933-ban Szegeden dolgozott, Szent-Györgyi Albert vezetésével. A későbbi Nobel-díjas professzor arra kérte beosztottját, hogy vizsgálja meg, vajon az akkor újdonságnak számító ultrahangoknak van-e kémiai hatása. Az eredmény az volt, hogy igenis van: az ultrahang a nagyméretű molekulákat kisebb molekulásúlyú darabokra ronsolja szét. Szalay Sándor közölte is ezt az eredményt a Zeitschrift für Physikalische Chemie című tudományos folyóiratban. A témavezető pedig a Nature c. folyóiratban tett közzé egy rövid figyelemfelkeltő cikket a témáról. Akkoriban a vizsgált téma csupán tudományos érdekesség volt, ezért meglepő, hogy a cikkeket azóta sokszor idézték, sőt manapság is idézik. Ilyen jelenség – egy cikk hosszas idézése - akkor fordul elő, ha a dolgozat korát megelőző effektusról szól. Valóban, az ultrahangos kémia azóta önálló tudományággá, sőt iparággá fejlődött! A szonokémia ma önálló tudományos folyóirattal, nemzetközi tudományos társasággal, rengeteg internetes honlappal rendelkezik. A módszer szépen illeszkedik a manapság divatos „zöld kémia” irányvonalába. Ez az áramlat egyre környezettudatosabb létünk azon törekvéseit fogja össze, hogy a vegyipar minél kisebb szennyeződést hozzon létre, minél kevesebb mérgező vegyszert használjanak fel. A szonokémia egy sor kémiai átalakítást tisztán mechanikai úton, vegyszerek nélkül tud elvégezni! Az ipari alkalmazásoknak is nagy a száma, itt csak néhányat ragadunk ki példaként.

Szalay Sándor egész életében nagyon büszke volt erre a cikkére, de mivel anyagi támogatás híján a cikk közlése után abbahagyták a kutatás ezen ágának művelését, nem lehettek a szonokémia alapító atyáivá, de mint előfutárokat még most is idézik őket. Szalay Sándor maga sem, családja sem (csupa fizikus), de még azok a kémiaprofesszorok sem, akik egyetemünkön több órában tanítják a szonokémiát, nem tudták, hogy 75 évvel ezelőtt, háromnegyed évszázada, Szegeden milyen nagy dolgot csináltak! Szalay nem nagyon tudott a szonokémia hosszú karrierjéről. A szonokémia példája is mutatja, hogy nem lehet előre tudni, hogy egy érdekes alapkutatói téma mikor fog gyakorlati hasznot hajtani.

Az ATOMKI alapító igazgatója, Szalay Sándor professzor, akadémikus, mintegy 20 éve, 1987 októberében hagyott el bennünket. Debrecen városa, intézete, és az ATOMKI dolgozói rengeteget köszönhetnek neki. Születésének századik évfordulóját 2009-ben ünnepeltük.

Az itt röviden bemutatott kutatások idejéből nem nagyon maradt fenn fénykép Szalay Sándorról, ezért külön köszönet illeti a Szalay családot, hogy egy korabeli fényképet rendelkezésünkre bocsátott.

## **A foto-modulált reflexió mérése és alkalmazása ion implantációval létrehozott rétegek minősítésére**

Ujhelyi Ferenc<sup>a</sup>, Barócsi Attila<sup>a</sup>, Dobos Gábor<sup>a</sup>, Erdei Gábor<sup>a</sup>, Kocsányi László<sup>a</sup>, Lenk Sándor<sup>a</sup>, Richter Péter<sup>a</sup>, Mocsár Kálmán<sup>b</sup>, Nádudvari György<sup>b</sup>, Somogyi András<sup>b</sup>, Battistig Gábor<sup>c</sup>, Fried Miklós<sup>c</sup> és Pongrácz Anita<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*BME Atomfizika Tanszék, 1111 Budapest, Budafoki út 8.*

<sup>b</sup>*SEMILAB Rt. 1117 Budapest, Prielle Kornélia utca 2.*

<sup>c</sup>*Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, 1121 Budapest, Konkoly Thege M. út 29-33.*

Egy felület reflexiója intenzív lézertérrel történő besugárzás hatására megváltozik. Ennek oka az, hogy a besugárzott hordozórészben egyrészt a hőmérsékletváltozás, másrészt a töltésátrendeződés miatt módosul a komplex törésmutató. A változás egy másik lézer fényének felületen történő reflexióján direkt mérhető. A jó jel/zaj viszony érdekében a mérést célszerű harmonikusan modulált intenzitású lézertérrel pumpálni és a reflexió mérése érdekében használt stabil intenzitású lézertér intenzitásában bekövetkező harmonikus változást lock-in technika segítségével mérni. Az imént ismertetett foto-modulált reflexió (a továbbiakban: PMR) mérési alapelvén működő berendezések az ion implantációval készített félvezető szerkezetek mérés technikájában terjedtek el, mivel a vizsgálat nem roncsol és a modulált fényrel történő gerjesztésre ezek az anyagok igen érzékenyek. Közvetlen ionimplantáció után, de az aktiváló hőkezelés előtt álló implantált rétegekben az adalék koncentráció nagysága befolyásolja a hővezetési tulajdonságokat, így a modulált hőelnyelés következtében kialakuló periodikus hőmérsékletváltozás (hőhullám) nagyságát, ami a törésmutatóban és ezáltal a PMR jelben is megjelenik. A hőkezelés utáni állapotban – amikor az adalék már beépült a kristályrácsba – ez a jelenség kevésbé befolyásolja a PMR jelet. Helyette a pumpálás hatására az immár aktív rétegben kialakult töltéshordozók gerjesztődnek, melyek a vezetőképéségen keresztül a képzetes törésmutató révén módosítják a PMR jelet.

Az elmondottakból jól látható, hogy a jó jel/zaj viszonyú és reprodukálható mérés feltétele a mérendő felületen pontosan fedésbe hozott, jól fókuszált lézernyalábok kialakítása és illetően állapotuk stabilan tartása.

Az előadásban egy olyan, a félvezetőket a PMR mérése útján minősítő kompakt ipari mérőfej konstrukciót mutatunk be, amely más mérési módszerekkel összeintegrálható. A lézernyalábok átfedése száloptika segítségével biztosított. A PMR pontos méréséhez elengedhetetlen szervó és pozicionáló rendszer is része a kompakt mérőfejnek. A berendezés optikai és általános felépítésén kívül röviden ismertetésre kerül a PMR jel keletkezésének mechanizmusa ionimplantált rétegekben és néhány ilyen rétegen végzett tesztelés eredménye.

A bemutatásra kerülő berendezés optikai rendszerét a BME, elektronikáját, szoftverét és mechanikáját a Semilab Rt. fejlesztette ki. Tesztvizsgálatainkhoz a mintákat az MFA készítette. Fejlesztésünket az NKTH a Jedlik program keretében támogatta.

## Nem-extenzív eloszlások RHIC és LHC energián

Bíró Tamás<sup>a</sup>, Ván Péter<sup>a</sup>, Barnaföldi Gergely<sup>a</sup>, Ürmössy Károly<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet, Budapest, 1121 Konkoly Thege M. út 29-33.

<sup>b</sup>ELTE, Elméleti Fizika Tanszék, Budapest 1117 Pázmány Péter sétány 1/A.

Az elmúlt évtizedekben több javaslat született a nehézion ütközésekben keletkezett részecskék impulzus eloszlásának termikus modellből történő származtatására. Az ideális gáz termodinamikáján alapuló modellek sikerrel működnek alacsony impulzusok esetében ( $p_T < 2$  GeV). Ahhoz viszont, hogy a pQCD nehézion ütközésekben is megbízható alkalmazhatóságának határáig ( $p_T > 5$  GeV) működő termikus modellt alkossunk, a Boltzmann statisztika általánosítására van szükség.

Az előadásban a Tsallis-Pareto hatvány eloszlásra alapozott termális hadronizációs modellt ismertetem és elméleti eredményeimet összehasonlítom a 200 GeV tömegközépponti energiás AuAu ütközésekben, valamint a legújabb LHC pp ütközésekben mért eloszlásokkal.

Az előadás a következő publikációkra támaszkodik:

[1] K. Ürmössy, T. S. Biro, *Phys. Lett. B*, **689** 14-17, (2010).

[2] T. S. Biro, G. Purcsel, K. Ürmössy, *Eur. Phys. J. A*, **40** 325-340, (2009).

## A mozgó testek hőmérséklete: egy régi probléma új kihívásai

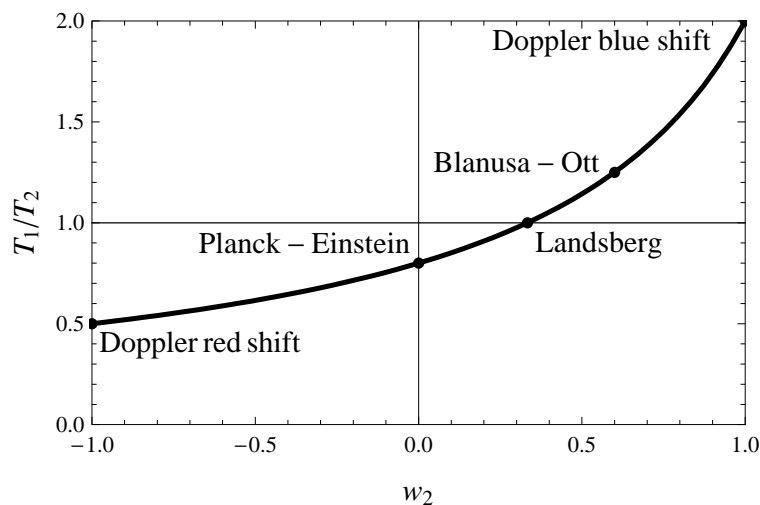
Ván Péter<sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup>MTA KFKI, RMKI, Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.

<sup>b</sup>BME, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, 1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6.

<sup>c</sup>Montavid Termodinamikai Kutatócsoport

A relativisztikus termodinamika 1907-ben született, látszólag egyből felnőttként. Sokáig senki nem kételkedett a klasszikus termodinamika Planck és Einstein által megadott relativisztikus általánosításának helyességében. Azonban több mint 50 évvel később Heinrich Ott kritikája komoly, néha heves és máig folytatódó vitát váltott ki, megnyugtató feloldás nélkül. A gyorsan mozgó testek termodinamikája megköveteli többek között az energia, a hő vagy a termodinamikai egyensúly fogalmainak átgondolását. Az előadásban bemutatom a fő álláspontokat és a probléma egy lehetséges feloldását (lásd [1], illetve 1. ábra), amely a disszipatív relativisztikus hidrodinamika új eredményein alapul [2,3].



1. ábra: A megfigyelt test nyugalmi rendszerben mért  $T_2$  hőmérsékletének és a hozzá képest a fénysebesség 0.6-szeresével egyenletesen mozgó megfigyelő ideális hőmérője által mutatott  $T_1$  hőmérsékletnek a hányadosa a test  $w_2$  hőáramsebességének függvényében. A hőáramsebesség a paradoxon megértésében kulcsszerepet játszó termodinamikai mennyiség (A hőáramsebességet fénysebesség egységben ábrázoltuk).

### Hivatkozások:

[1] T. S. Bíró, P. Ván, *EPL*, **89**, 30001, (2010), (*arXiv:0905.1650v2*).

[2] P. Ván, T. S. Bíró, *EPJ-ST*, **155**, 201, (2008), (*arXiv:0811.0257*).

[3] P. Ván, *J. Stat. Mech.: Theory and Experiment*, P02054, (2009), (*arXiv:0704.2039v2*).

## Ultragyors folyamatok vizsgálata röntgenspektroszkópiával

Vankó György<sup>a</sup>, Pieter Glatzel<sup>b</sup>, Wojciech Gawelda<sup>c</sup>, Christian Bressler<sup>c</sup>,  
Pápai Mátyás<sup>a</sup> és Sas Norbert<sup>a</sup>

<sup>a</sup>MTA KFKI RMKI, 1525 Budapest, Pf. 49.

<sup>b</sup>ESRF, BP 220, 38043 Grenoble cedex 9, France

<sup>c</sup>European XFEL, Notkestrasse 85, 22607 Hamburg, Germany

A molekuláris rendszerek reakciói vagy fázisátalakulásai köztes állapotainak vizsgálata a szerkezetkutatás fontos kihívásainak egyike. A geometriai szerkezet piko- ill. femtoszekundumos időskálán történő változásainak tanulmányozására már vannak eszközeink, az elektronszerkezeti változásokba bepillantást engedő röntgenspektroszkópiai módszereket azonban még adaptálni kell az ultragyors pumpa-próba kísérletekhez. Jelen munkánkban ennek a lehetőségét demonstráltuk: a vizes oldatban fényrel gerjesztett  $[\text{Fe}(\text{bipy})_3]^{2+}$  molekulák szerkezeti dinamikáját  $S=0 \rightarrow S=2$  spinállapot-változással magyarázták [1]; ezt a hipotézist ellenőriztük a Swiss Light Source-nál, kihasználva a röntgenemissziós spektrum spinmomentum-érzékenységet [2]. Az intenzív lézerrimpulzussal való gerjesztés előtti, ill. a gerjesztést 60 ps-mal követő röntgenfotonokkal felvett vas  $K\alpha$ -spektrumok különbségéből egyértelműen azonosítható, hogy a 660 ps élettartamú tranziens állapot csakugyan nagyspinű, benne a vas spinmomentuma  $S=2$  [3]. Munkánkkal megmutattuk, hogy a röntgenemissziós spektroszkópia alkalmas a spinállapot, és általában a betöltött elektronállapot-sűrűség ultragyors folyamatokban való vizsgálatára. Az időfüggő vizsgálatok kiterjeszthetők a röntgenspektroszkópia további területeire, a rezonáns, ill. a nemrezonáns rugalmatlan röntgenszórásra, amelyek jelentősen hozzájárulhatnak elektronszerkezet finom részleteinek jobb megismeréséhez. E módszerekkel fotoindukált fizikai, kémiai és biológiai átalakulások elemi lépései akár a femtoszekundumos időskálán is követhetőek, aminek várhatóan nagy jelentősége lesz az épülő röntgen-szabadelektron-lézereknél (XFEL). Az ELI Szegeden épülő attoszekundumos létesítményénél egyedülálló lehetőség nyílhat arra, hogy az XFEL-eknél el nem érhető időablakba ( $\Delta t < 10$  fs) is bepillantást nyerjünk a röntgenspektroszkópia eszközeivel.

### Hivatkozások:

- [1] W. Gawelda *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98**, 057401, (2007);  
Ch. Bressler *et al.*, Science **323**, 489, (2009).
- [2] G. Vankó, F. M. F. de Groot *et al.*, J. Phys. Chem. B **110**, 11647, (2006).; Phys. Rev. B **75**, 177101, (2007).
- [3] G. Vankó, P. Glatzel, V.-T. Pham, R. Abela, D. Grolimund, C. N. Borca, S. L. Johnson, C. J. Milne, C. Bressler, Angew. Chem. Int. Ed., *közlésre elfogadva*, (2010).

## Kvantum mérés információhozama

Varga Árpád<sup>a</sup>, Ádám Péter<sup>a,b</sup>, Bergou János<sup>c</sup>

<sup>a</sup> PTE Fizika intézet, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6

<sup>b</sup> MTA SZFKI Budapest, XII. Konkoly-Thege Miklós út 29-33

<sup>c</sup> Department of Physics and Astronomy, Hunter College of the City University of New York, New York, NY 10021, USA

Minden kvantuminformaticai protokoll utolsó lépése az információ kinyerése a rendszerből, a mérés. Ezért az elmúlt időszakban fontos kutatási területté vált a kvantumállapotok megkülönböztethetőségének vizsgálata. Mivel a kvantummechanikai mérés során nem az állapotot mérjük, hanem egy fizikai mennyiség lehetséges értékét kapjuk, azaz projektív mérés esetén egy állapotra vetítünk, nem ortogonális állapotok nem különböztethetőek meg tökéletes bizonyossággal.

Többféle mérési stratégiát is kidolgoztak, melyek mindegyike más szempont szerint optimális[1]. Ezek közül az egyik az *egyértelmű megkülönböztetés (Unambiguous Discrimination)*, mely mérés elve az, hogy ha a mérés után mondunk valamit, az 100%-os bizonyossággal teheszük meg, ennek ára viszont hogy az esetek nagy részében a mérés nem nyújt információt. Egy másik elterjedt módszer a *minimális hiba (Minimum Error)* módszer, mely megengedi a végkövetkeztetésnél a hiba lehetőségét, de minimalizálja azt.

Megfogalmazhatjuk azonban a problémát úgy is, hogy hogyan kell mérnünk ahhoz, hogy egy kvantummechanikai rendszerről a legtöbb információt mérjük. Lehetséges definiálni egy mérés információelméleti hozamát, azaz a *kinyerhető információt (Accessible Information)*, mely azt mondja meg, hogy átlagosan hány bit információt nyerünk a mérés elvégzésével. Egy lehetséges stratégia az, hogy keressük azt a mérést, mely ezt a mennyiséget maximalizálja[2]. Ezen a területen még nagyon kevés eredmény van, csak rendkívül speciális eseteknél ismerjük az információ szempontjából optimális mérést.

Munkánk során kétdimenziós állapotokat (qbiteket) vizsgáltunk: megmutattuk, hogy az információt maximalizáló mérést hogyan határozhatjuk meg, és hogy ez egybeesik a *Minimum Error* módszerben szereplő méréssel. Ez mind tiszta, mind pedig kevert állapotokra igaz. Megmutattuk, hogy a POVM mérések megengedése nem vezet jobb eredményre, mint az egyszerű projektív mérés.

### Hivatkozások:

[1] János A. Bergou, Discrimination of quantum states, Journal of Modern Optics, 1362-3044, Volume 57, Issue 3, 160 (2010)

[2] Michael R. Frey, Accessible Information in three pure mirror-symmetric qubit states, Physical Review A 73, 032309 (2006); Thomas Decker, Symmetric measurements attaining accessible information, IEEE Transactions on Information Theory, Volume 55, Issue 5, 2375 (2009),



## Fotonika?

Varga Péter

*Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, Budapest*

Demokritosz: A lélek apró kerek atomokból áll.

*Fény* helyett *foton*-t használunk, *optika* helyett *fotonika*-t. A mindennap emberének könnyebb elképzelni valamit, ami ugyan nem fogható kézzel, de gondolhat mellé valami gömbölyűséget a teljesen elképzelhetetlen elektromágneses mező helyett. Bár mondogatjuk, hogy a foton is elképzelhetetlen – de azért mégis.

Az elektromágneses mező és a fotoeffektus már Hertz kísérletei (1879) óta kéz a kézben együtt járnak, ugyanabban a kísérletsorozatban észlelte Hertz a fényelektromos jelenség hatását, amelyikben bebizonyította, hogy *elektromágneses hullámok léteznek*. Negyedszázaddal később Einsteinnek a *részecske-kép* alapján a fotoeffektusra adott magyarázata összhangban állt az addig összegyűlt tapasztalattal. Visszatérő kérdés lett, hullám vagy részecske-e a fény. Bár az elmélet (Diracól-Galauberig) konzekvens alkalmazásával le lehet írni a tapasztalatokat, nehéz elhitetni, hogy a fény mind a kettő. Pedig ezt a kísérlet is mutatta. A leegyszerűsített kép viszont a részecske interpretáció javára dönt, mert az a szemléletes.

Három példát tárgyalok:

1. Szimplifikáció késleltette a lézer felfedezését, pedig a szükséges ismeretek (indukált emisszió, populáció inverzió) már a XX. század huszas éveiben már készen álltak. Mire volt még szükség?
2. A Compton effektus leírásához mégis kell a hullámelmélet.
3. A *fotonikus* kristályok tervezésénél sem kerülhető meg a hullám-elmélet. És ezzel már átléptünk a XXI. századba.

Mielőtt a szerzőt hullámoldali elfogultsággal vádolnák, bemutatkozok: egyike volt a 3 *fotonos* fotoeffektus felfedezőinek.

## Selényi Pál és a kvantumelektrodinamika. Az interferencia szerepe egyfotonos korrelációs kísérletekben

Varró Sándor

*MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.*

Selényi Pál közel 100 éve számolt be a nagyszögű interferenciára vonatkozó alapvető kísérleteiről a Magyar Tudományos Akadémia III. osztályának 1911. január 16-án tartott ülésén [1], ahol eredményeit így foglalta össze: “Amíg minden eddig ismert interferenciajelenség két olyan sugár találkozásakor valósul meg, amelyek a fényforrás egy és ugyanazon pontjából nagyon kicsiny divergenciaszögben jöttek ki, *az itt leírandó jelenségekben sikerült két olyan sugarat interferáltatni, amelyek a fényforrás egy és ugyanazon pontjából nagyon nagy (100°-ig) divergenciaszögben emittálódtak.*” Ez a kísérleti eredmény egyben Einstein ‘tűsugárelméletének’ cáfolatát is jelentette. Selényi elsőként vizsgálta részletesen a modern kvantumelektrodinamikai leírásban bevezetett ‘gömbfotonok’ tulajdonságait az optikai tartományban, s így kísérlettel támasztotta alá Dirac mintegy két évtizeddel későbbi híres kijelentését [2]: “Minden foton csak önmagával interferál.” A kijelentés véges nyugalmi tömegű anyagi részecskékre is érvényes, s ennek egyik, általunk nemrégiben javasolt alkalmazása lehet például attoszekundumos elektronimpulzusok keltése extrém nagy intenzitású lézerezimpulzusok hatására [3]. Napjainkban a kvantumok nagyszögű interferenciája, és általában az öninterferencia ‘tisztá formában’ fontos szerepet játszik például a monomolekuláris rétegek optikája, az egyatomos fluoreszcencia, a Röntgen-interferometria és –holográfia kutatásában, és az egyfotonos gamma-szuperradianciára irányuló újabb vizsgálatokban is. Az közelgő évforduló alkalmából áttekintjük Selényi Pál munkássága nagyszögű interferenciára vonatkozó fejezetét, és mai példákon bemutatjuk ennek változatlan időszerűségét. Néhány újabb eredményünk alapján [4-5] elemezzük a napjainkban széleskörűen vizsgált egyfotonos korrelációk esetében az interferencia szerepét.

### Hivatkozások:

- [1] Selényi Pál, A Wiener-féle és a reciprokn interferencia-jelenségekről. *Mathematikai és Természettudományi Értesítő.* **29**, 601-640 (1911).
- [2] Varró S., A foton 100 éve. A kvantumoptika és - elektronika legújabb eredményei. pp. 9-35. (Szerk. Heiner Zs. és Osvay K., SZTE, Szeged, 2006).
- [3] S. Varró and Gy. Farkas, Attosecond electron pulses from interference of above-threshold de Broglie waves. *Laser and Particle Beams* **26**, 9-19 (2008).
- [4] S. Varró, Correlations in single-photon experiments. *Fortschr. Phys.* **56**, 91 (2008).
- [5] S. Varró, The role of self-coherence in correlations of bosons and fermions in linear counting experiments. arXiv:1004.2975v1 [quant-ph] (2010).

## Gammalézer pumpa kísérlet magizomer-gerjesztéssel

( $^{99}\text{Tc}^m$  izomer legerjesztési kísérlete az SL-140 rtg. (140 kV-5 mA) besugárzásával)

Veres Árpád

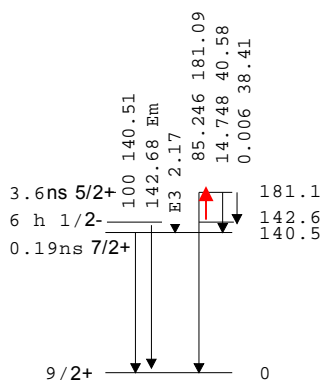
*MTA Izotópkutató Intézet, H-1525, Budapest, P.O.B. 77*

A fénylézer felfedezése után egy évvel (1961) Lev Rivlin megjelentette a gammalézer koncepciójáról szóló szabadalmát [1]. Azóta számos próbálkozás történt a koncepció megvalósítására.

Így pl. javaslatok gammalézer megvalósítására illetve a pumpáló sugárforrásaira:

Lassú neutronok Baldwin, Neissel, Terhue-Tonks, Rivlin (1963); – Optikai lézer sugárzás Eerckens (1969); – Gol'danskii-Kazan, Letokhov (1973); – Gyors neutronok Preiss (1973); – X-sugárzás Marcuse (1963); – Bowman (1976); – X-Karakterisztikus-sugárzás; – Letokhov (1973), Vysotskii (1979); – Rezonáns (Mössbauer) sugárzás Gol'danskii-Kazan-Namiot (1963); – UV lézereenergia csatolás Teller Ede (1973); –Töltött részecske Byrne-Peters-Allen (1974); – Synchotron sugárzás Dmitriev-Shuryak (1974); – Baldwin-Solem, Karyagin (1980); –Atomhég – elektron izomer de-populáció I. Bikit et al. (1993); –  $^{178}\text{Hf}^m$  ( $\gamma, \gamma'$ ) stimulálás izomer, de populáció Collins et al. (1999).

Az utóbbi két évtizedben merült fel az, hogy az atommagok izomer állapotaiban óriási energiák tárolódnak, és azt stimulálással gyors legerjesztődésre serkentve a gammalézer pumpa létrehozható. Ezért próbamérést végeztünk a  $^{99}\text{Tc}^m$  6 h, izomer nivó gerjesztésével. A 142,6 keV állapotot 38,5 keV gerjesztve a 181,1 keV nivót, a 3,6 nanosec.-os felezési idővel alapállapotba bomlik. A kísérlet célja a gerjesztési hatáskeresztmetszet megállapítása volt.



1. ábra: A  $^{99}\text{Tc}^m$  egy rész-bomlássémája. A  $\downarrow$  38.41 keV-s átmenet  $\uparrow$  tükkörreakció hatáskeresztmetszetének a vizsgálata.

Az előadás a 2006. évi kísérlet során szerzett tapasztalatokat és annak alapján az azóta szerzett tanulságokat kívánja ismertetni.

[1] L. A. Rivlin, USSR Patent #621265 (Apl. Jan. 10, 1961)

## **Neutronreflektometria alkalmazásokkal**

Merkel Dániel, Nagy Béla, Yuriy Khaidukov, Bottyán László

<sup>1</sup>KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet (RMKI), 1525 Budapest, Pf. 49

<sup>2</sup>Joint Institute for Nuclear Research 141980 Dubna, Moscow Region, Russia

A neutronreflektometria egyre szélesebb körben használatos módszer, elsősorban mágneses rétegek, biológiai membránok és folyadékfelületek szerkezetkutatásában. A spekuláris szórás a mélységprofil, a diffúz szórás a laterális szerkezetet térképezi fel. A neutronok mágneses momentumának, valamint izotópspecifikus szórási hosszának és így a könnyű elemek izotópjaira való érzékenységének köszönhetően ez a módszer többletinformációt tartalmaz és alkalmas olyan vizsgálatokra amelyek más módszerrel, pl. röntgenreflektometriával nem vizsgálhatók. Bemutatom a KFKI Kutatóreaktoránál csoportunk által az elmúlt négy évben megépített GINA polarizált neutronreflektométert és két spekuláris szórási példán bemutatom a módszerben rejlő alkalmazási potenciált.

FePd ötvözetfilmek izotópszelektíven preparált periodikus multirétegein neutronok segítségével az egymás melletti rétegek összekeveredésének mértékét, az öndiffúziós állandót atomi léptékű (nm-nyi) diffúziós hosszából sikerült meghatározni. A módszer ezért más metastabil szerkezeten végzendő diffúziós vizsgálatra is alkalmas.

Rendkívül kis méretű (1-2 nm-nyi) mélyen eltemetett mágneses rétegek és interfészek polarizált neutronokkal a spin-flip polarizációs csatornában nagy szelektivitással, több százszorosan felerősített jel/zaj viszonyal vizsgálhatók, ha a réteget egy neutron hullámvezető szendvicsszerkezetben állítjuk elő. Csak ily módon vált kísérletileg kimutathatóvá az elmélet által szupravezető / ferromágnes heteroszerkezetre megjósolt ún. inverz közelhatás jelensége. Egy 80 nm-es vanádiumréteggel érintkező 1,5 nm-es vasréteg a szupraelektronokat a szupravezető korrelációs tartomány méretében, azaz mintegy 10 nm mélységben a vas mágnesezettségével azonos irányban polarizálta.

## Szerkezeti fázisátalakulás nanocsőkötegekben extrém nagy nyomáson

Koltai János<sup>a</sup>, Zólyomi Viktor<sup>b</sup>, Kürti Jenő<sup>a</sup> és Kamarás Katalin<sup>c</sup>

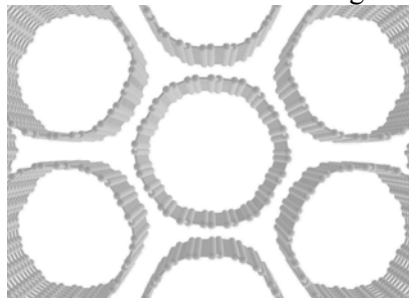
<sup>a</sup>ELTE-TTK Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék, 1117 Budapest Pázmány P.s. 1/A.  
<sup>b</sup>Physics Department, Lancaster University, Lancaster UK.

<sup>c</sup>MTA-SZFKI, Budapest Konkoly-Thege Miklós út 29-33.

Kollegáimmal extrém nagy nyomás hatását vizsgáltuk nanocsővekből álló kötegekre mind elméleti, mind kísérleti módon. A kísérleteket Kamarás Katalin végezte Christina Kuntscher professzorasszonnyal (Augsburg, Németország) együttműködésben [1].

A rendezetlen orientációjú nanocsőkötegeket egy filmre viszik fel, és egy nyomás cellában hidrosztatikus nyomás hatásának teszik ki. Közvetítőként cseppfolyós *argont* használnak a mérés során, és akár 8 GPa körüli nyomást is el tudnak érni. A cellát optikai spektroszkópba helyezve abszorpciós spektrumokat vesznek fel a látható és az infravörös tartományban. A mérések szerint az optikai átmenetek energiája nyomásfüggő – a nyomás növekedésével az átmeneti energiák csökkenő trendet mutatnak – és egy kb. 2 GPa nyomáson tapasztalható anomális törés egyfajta szerkezeti átalakulásra utalhat.

Első elvi szintű számolásokat végeztünk sűrűségfüggő elmélet keretében, lokális sűrűség közelítésben a kísérleti eredmények modellezéséhez [2]. A nanocsőköteget hexagonális ráccsal modelleztük, minden egyes nyomáson geometriai optimalást végeztünk. A csövek kör keresztmetszete a nyomás növelésével különböző változásokat – elliptikus, hatszöges torzulást – mutatott. Ezekhez sikerült mérőszámokat is rendelnünk, amelyekben látható is figyelemre méltó anomália (fázisátalakulás?) – azonban kissé magasabb nyomáson. A számolt optikai átmenetek is mutatnak nyomásfüggést, azonban ez – a mérésekkel ellentétben – nem minden esetben jelent csökkenő trendet a nyomás növelésével. Ennek lehetséges okairól is szót ejtünk.



### Hivatkozások:

[1] K. Thirunavukkuarasu, F. Hennrich, K. Kamarás and C. A. Kuntscher, Phys. Rev. B 81, 045424 (2010).

[2] J. Kürti, V. Zólyomi, J. Koltai, K. Kamarás, F. Hennrich, A. Abouelsayed, K. Thirunavukkuarasu, C. A. Kuntscher, to be published.

## Névmutató

Ádám Péter .....	73	Dombi Péter .....	10, 46
Almási Gábor .....	16, 26, 53	Donkó Zoltán .....	25
Ancient Charm Együtműködés .....	35	Douglass, Angela .....	25
Andrási Andor .....	13	Éber Nándor .....	57
Antal Péter .....	46	Elezzabi, Abdul Y .....	10
Antal Péter Gyula .....	1	Erdei Gábor .....	69
Bakonyi Imre .....	62	Erdélyi Zoltán .....	11
Bakos József .....	58	Eszenyi Gergely .....	59
Balázs László .....	2	Fábián Margit .....	12
Baltuška, Andrius .....	10	Fábián, L. ....	27
Barnaföldi Gergely .....	70	Faigel Gyula .....	32
Barócsi Attila .....	69	Farkas Győző .....	10
Battistig Gábor .....	69	Fehér István .....	13
Beke Dezső .....	59	Földes István .....	14
Belgya Tamás .....	35	Földi Péter .....	3, 15
Bencze György .....	4	Frankland, B. S. ....	30
Benedek Csaba .....	3	Frémont, F .....	30
Benedict Mihály .....	3, 15	Fried Miklós .....	69
Berényi Dániel .....	4	Fuji, Takao .....	10
Bergou János .....	73	Fülöp József András .....	16, 17, 26
Biri Sándor .....	19	Futó Endre .....	4
Bíró Tamás .....	70	G. Szabó István .....	18
Boldizsár László .....	4	Gál Gabriella .....	19
Borda László .....	5	Gawelda, Wojciech .....	72
Bork, Jakob .....	5	Geretovszky Zsolt .....	28
Bortel Gábor .....	32	Gergely Árpád László .....	20
Bottyás László .....	77	Glatzel, Pieter .....	72
Bressler, Christian .....	72	Gleeson, James T. ....	57
Budai Judit .....	28	Groma Géza .....	21
Buka Ágnes .....	57	Groma István .....	22
Bükki-Deme András .....	59	Guszejnov Dávid .....	56
Chesnel, J.-Y. ....	30	Gyürky György .....	23
Corradi Gábor .....	43	Hagymási Imre .....	24
Cserti József .....	6, 24	Hamar Gergő .....	4
Csik Attila .....	45	Harasztosi Lajos .....	59
Czirják Attila .....	3	Hartmann Péter .....	25
Czitrovszky Aladár .....	7	Hebling János .....	16, 17, 26, 53
Darázs Zoltán .....	8	Heiner, Z. ....	27
Dégi Júlia .....	9	Hopp Béla .....	28
Deme Sándor .....	13	Horváth Dezső .....	29
Dér, A. ....	27	Hyde, Truell W. ....	25
Diekhöner, Lars .....	5	Irvine, Scott E. ....	10
Djotyan Gagik .....	58	Jain, Jainendra K. ....	67
Dobos Gábor .....	69	Jákli Antal .....	57

Juhász Zoltán .....	19, 30, 31	Mocsár Kálmán .....	69
Jurek Zoltán .....	32	Molnár Balázs .....	3
Kálmán Orsolya .....	3, 15	Molnár Levente .....	49
Kamarás Katalin .....	33, 38, 78	Murtagh, D. J. ....	39
Kasztovszky Zsolt .....	35	Nádudvari György .....	69
Katz Sándor .....	34	Nagy Béla .....	77
Kecskeméti Gabriella .....	28	Nemcsics Ákos .....	50
Kern, Klaus .....	5	Németh Ágoston .....	65
Kis Zoltán .....	35	Osvay Károly .....	27, 51
Kiss Csaba .....	36	Pál Károly Ferenc .....	52
Kiss István .....	43	Pálfalvi László .....	16, 26, 53
Kiss László .....	37	Palla Gergely .....	54
Kiss Mátyás .....	61	Pápai Mátyás .....	72
Kiss Tamás .....	8	Péter Ágnes .....	53
Kiss, M. ....	27	Pochybova Sona .....	4
Kocsányi László .....	69	Pokol Gergő .....	56
Koltai János .....	38, 78	Polgár Katalin .....	53
Kormányos Andor .....	24	Pongrácz Anita .....	69
Kovács Anikó .....	25	Pusztai István .....	56
Kovács Judit .....	3	Rácz Péter .....	10, 46
Kovács László .....	43	Rácz Zoltán .....	55
Kovács Levente .....	4	Rajta István .....	19
Kövér Ákos .....	39	Rangama, J. ....	30
Krajczár Krisztián .....	40	Réfy Dániel Imre .....	56
Krasznahorkay Attila .....	41	Reyes, Jorge C. ....	25
Krausz Ferenc .....	10, 42	Richter Péter .....	46, 69
Kroha, Johann .....	5	Ruett, Uta .....	12
Króó Norbert .....	10	Salamon Péter .....	57
Kuhlevszkij Szergej .....	61	Sándor Nóra .....	58
Kurdi Gábor .....	46	Sánta Imre .....	61
Kürti Jenő .....	38, 78	Sas Norbert .....	72
Laricchia, G. ....	39	Simon, Pascal .....	5
Lengyel Krisztián .....	43	Smausz Tomi .....	28
Lenk Sándor .....	69	Somogyi András .....	69
Lenner Miklós .....	10	Sörlei Zsuzsanna .....	58
Lévai Péter .....	4, 44	Sprunt, Samuel .....	57
Lipusz Csaba .....	4	Sulik Béla .....	30, 31
Lovász László .....	54	Sváb Erzsébet .....	12
Lovics Riku .....	45	Szabó Gábor .....	28
Maák Pál .....	46	Szabó István .....	59
Márton Zsuzsanna .....	66	Szabó Róbert .....	60
Mátéfi-Tempfli István .....	19	Szalay Viktor .....	43
Mátéfi-Tempfli Mária .....	19	Szász János .....	61
Merkel Dániel .....	77	Szász Krisztián .....	62
Merő, M. ....	27	Szaszkó-Bogár Viktor .....	15
Mezei Ferenc .....	48	Szatmári Sándor .....	14, 61
Mitrofanov, Alexander .....	10	Szentmiklósi László .....	35

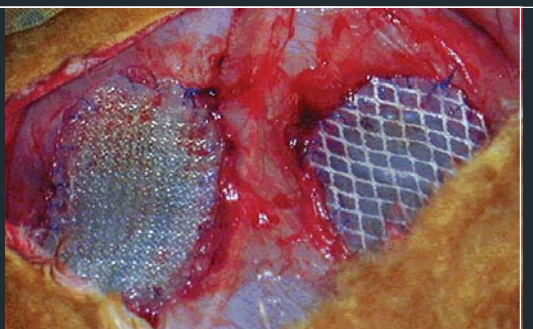
Szilasi Szabolcs .....	19	Vankó György .....	72
Szipócs Róbert.....	1, 46	Varga Árpád.....	73
Szolnoki Attila.....	63	Varga Dezső.....	4
Szunyogh László .....	64	Varga Péter .....	74
Takáts Viktor .....	45	Varró Sándor.....	75
Tegze Miklós .....	32	Vass Csaba.....	28
Tőke Csaba .....	67	Veres Árpád .....	76
Török István.....	68	Veress Máté .....	46
Tóth Bálint.....	53	Vicsek Tamás.....	54
Tóth József.....	65	Wahl, Peter .....	5
Tóth Tamás .....	66	Williams, I. A. ....	39
Tóth Zsolt .....	28	Wójs, Arkadiusz .....	67
Ujhelyi Ferenc .....	69	Yuriy Khaidukov .....	77
Ürmössy Károly.....	70	Zhang, Yong-hui.....	5
Vad Kálmán.....	45	Zólyomi Viktor .....	38, 78
Ván Péter .....	70, 71		



# Lézerek Kutatásokhoz



- Optikai padok, mechanikai elemek
- Lencsék, szűrők, tükrök
- Kontrollerek
- Méréstechnika



A tudomány és a gazdaság közötti híd felépítésére jött létre a **DDKKK Innovációs Zrt.** a Pécsi Tudományegyetem kutatói, oktatói és a vállalkozások összefogásából.

Négy fő iránya:

● Környezetipar

● Egészségipar

● Nanotechnológia

● Lézerfejlesztés



PANNON LÉZER

Dél-Dunántúli Kooperációs Kutatási Központ



## Bemutatjuk legújabb, nemlineáris 3D mikroszkópiához kifejlesztett femtoszekundumos Ti-zafír lézerünket

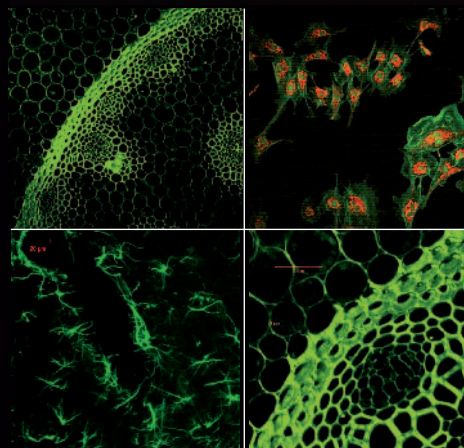
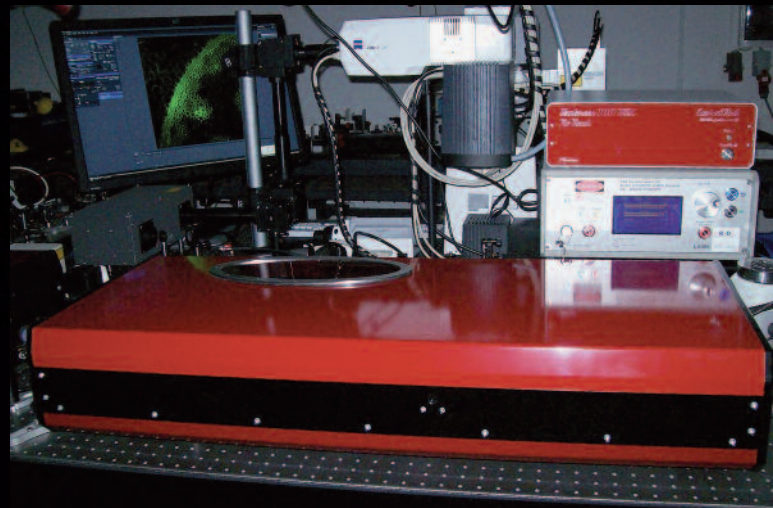
### FemtoRose 100 TUN Compact/NoTouch (TM)

- hangolási tartomány 690–1050 nm
- szabadalmaztatott ultraszélessávú csörpölt tükör (UBCM) technológia
- beépített, mikroszkópból vezérelhető fényzár (shutter)
- számítógépről vagy mikroszkópból vezérelhető hullámhossz-beállítás
- teljesen automatizált, „hands free” működés
- Carl Zeiss mikroszkóp (ZEN szoftver) kompatibilitás
- beépített pumpa lézer
- teljesen zárt dobozolás, környezeti hatásoktól mentes működés

Az R&D Ultrafast Lasers Kft. – az Ön partnere a nemlineáris 3D mikroszkópiában

### Egyéb kapcsolódó termékeink, szolgáltatásaink:

- ionosan porlasztott, kis diszperziójú vagy diszperziókompenzáló tükrök
- komplett lézertudományok kiépítése
- szaktanácsadás, konzultáció
- femtoszekundumos lézerrendszerek szervizelése, karbantartása



### R&D Ultrafast Lasers Kutatási és Fejlesztési Kft.

1012 Budapest, Attila út 73.

KFKI telephely: 1121 Budapest

Konkoly-Thege út 29–33. 6. ép. I. emelet

Tel./fax: 392-2582 | E-mail: r.szípcos@szípcos.com

Honlap: www.fslasers.com