

VÁLOGATÁS AZ SZTE FIZIKAI INTÉZET KUTATÁSI EREDMÉNYEIBŐL 2023



SZTE Fizikai Intézet

SZTE
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

Tartalomjegyzék

Intézetvezetői köszöntő.....	3
A FIZIKAI NOBEL-DÍJAT ÉRŐ ATTOFIZIKA A SZEGEDI ELI ALPS EGYIK FŐ PROFILJA.....	4
„A FIZIKUS A LEGKIRÁLYABB SZAKMA”.....	5
Ultragyors fotonika.....	6
MAGASRENDŰ HARMONIKUSOK KELTÉSE – ELMÉLETI KUTATÁSOK.....	6
MAGASRENDŰ HARMONIKUSOK KELTÉSE – GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁS.....	7
A MÁSODPERC TRILLIOMOD RÉSZÉNEK TUDOMÁNYA.....	8
MI TÖRTÉNIK KÉTATOMOS MOLEKULÁKKAL ERŐS LÉZERTÉRBEN, IONIZÁCIÓ NÉLKÜL?.....	9
AZ ÁLLAPOTTÉR CSENDES SARKA.....	10
LÉZERES NEUTRONKELTÉS - DR. OSVAY KÁROLY CSOPORTJÁNAK SIKERES KÍSÉRLETE.....	11
Nanofotonika és nanotechnológia.....	12
PLAZMONIKUS FORRÓ ELEKTRONOK ULTRASZENZITÍV VIZSGÁLATA.....	12
BÁRÁNY RÓBERT-DÍJAT KAPOTT DR. PÁPA ZSUZSANNA, AZ SZTE ALUMNÁJA ÉS A FIZIKAI INTÉZET EGYKORI MUNKATÁRSA.....	13
METAANYAGOK ÉS PLAZMONIKUS NANOREZONÁTOROK ELMÉLETI VIZSGÁLATA.....	14
PLAZMONIKUSAN ERŐSÍTETT FÚZIÓ.....	15
GYÓGYSZERHATÓANYAGOK NANONIZÁLÁSA IMPULZUSLÉZERES ABLÁCIÓVAL FOLYADÉK ÉS GÁZ KÖRNYEZETBEN.....	16
MÁGNESES TÉRREL IRÁNYÍTHATÓ GYÓGYSZER-NANOKOMPOZIT RÉSZECSKÉK ELŐÁLLÍTÁSA LÉZER ABLÁCIÓS MÓDSZERREL.....	17
PLAZMÁBÓL NANORÉSZECSKÉK: AEROSZOL (NANO)TECHNOLÓGIAI KUTATÁSOK AZ SZTE FIZIKAI INTÉZETBEN.....	18
Asztrofizika.....	21
SZUPERNOVA-REKONSTRUKCIÓ A GALAXIS SZÍVÉBEN.....	21
HÁRMAS ÉS NÉGYES CSILLAGRENDSZEREK ŰRTÁVCSÖVEK ARCHÍV ADATAIBAN.....	22
A JAMES WEBB-ŰRTÁVCSŐVEL A SZUPERNOVÁK KÖRÜLI PORKÉPZŐDÉS NYOMÁBAN.....	23
DOKTORJELÖLT ASZTROFIZIKUSUNK A TUDOMÁNY NEMZETKÖZI SZÍNPADÁN.....	24
Gravitációs kutatások.....	25
HENGERSZIMMETRIKUS TÉRIDŐK.....	25
KVAZÁROK NAGYENERGIÁS NYALÁBJAINAK RÁDIÓCSILLAGÁSZATI ELEMZÉSE.....	27
GRAVITÁCIÓS HULLÁMOK KERESÉSE.....	28
Gázok és aeroszolok fotoakusztikus elvű detektálása.....	29
AMMÓNIAMÉRÉS FIZIKUS MÓDRÁ.....	29
FOTOAKUSZTIKUS MÉRŐMŰSZERREL VIZSGÁLJÁK A MEZŐGAZDASÁGI KÖRNYEZETSZENNYEZÉST.....	30
KOROM NANORÉSZECSKÉK GENERÁLÁSA LÉZERREL AZ SZTE FIZIKAI INTÉZETÉBEN.....	31
A FOTOAKUSZTIKÁT NÉPSZERŰSÍTETTÉK AZ ICTP TÉLI ISKOLÁJÁN TRIESTBEN.....	32
Lézeres anyagmegmunkálás és additív gyártás.....	33
FEKETÍTETT FÉMFELÜLETEK KIALAKÍTÁSA LÉZERES BESUGÁRZÁSSAL.....	33
A LÉZER MINT SZERSZÁM.....	34

ADDITÍV FORRADALOM: 3D NYOMTATÁS A TUDOMÁNY ÉS A GYÓGYÍTÁS SZOLGÁLATÁBAN	35
Biofizika és mikroszkópia	36
A FOTOSZINTÉZIS FIZIKÁJA: ROYAL SOCIETY PUBLIKÁCIÓ LETT AZ SZBK–SZTE–ELI ALPS KÖZÖS KUTATÁS EREDMÉNYE	36
GÉPI TANULÁS ALKALMAZÁSA A SZUPERREZOLÚCIÓS MIKROSKÓPIÁBAN	37
Áttekintő tanulmányok a fizika változatos területeiről	38
RANGOS ÁTFOGÓ TANULMÁNY AZ ELMÉLETI FIZIKAI TANSZÉK PROFESSZORÁTÓL	38
KVANTUMGRAVITÁCIÓ	38
FUNDAMENTÁLIS FIZIKA A LISA DETEKTORRAL	38
ÚRTÁVCSÖVEK A SZUPERNÓVA-KUTATÁS SZOLGÁLATÁBAN	39
Az SZTE Fizikai Intézet elérhetőségei	40

Intézetvezetői köszöntő

Kedves Olvasó!

Az SZTE TTIK Fizikai Intézetében, valamint intézetünk munkatársai közreműködésével zajló kutatási és kutatás-fejlesztési témák a fizika és társtudományai számos területét érintik. Több, általunk is művelt témakör úttörőit a közelmúltban Nobel-díjjal jutalmazták (a szuperrezolúciós mikroszkópiától kezdve a gravitációs hullámokon át a 2023-ban elismert attoszekundumos fizikáig), s jó pár olyan kutatási irányban is részt veszünk, amely a következő évek, évtizedek során válhat a tudomány, sőt, akár mindennapi életünk meghatározó részévé. Az alapkutatások mellett – amelyek minden esetben az első, legfontosabb lépést jelentik a tudományos előrehaladás során – az alkalmazott kutatások közé sorolt projekteken is dolgozunk, amelyek eredményei azonnal, közvetlenül felhasználásra kerülnek többek között a gyógyászat, a járműfejlesztés, vagy épp a mezőgazdaság területén.

A kutatómunka nagy részét kiterjedt hazai és nemzetközi együttműködések keretében végezzük, közösen dolgozva többek között az SZTE számos más egységével, az ELI ALPS lézeres kutatóközponttal, a Szegedi Biológiai Kutatóközponttal és a Magyar Kutatási Hálózat (HUN-REN) több más intézményével, továbbá vezető amerikai, nyugat-európai és ázsiai egyetemek és kutatóintézetek munkatársaival.

Eredményeinkről rendszeresen beszámolunk intézetünk honlapján és közösségi felületein, de úgy éreztük, hogy egy tematikus válogatás formájában is érdemes szemezgetnünk az elmúlt bő egy év híreiből, érdekességeiből. Bízunk benne, hogy a kiadvánnyal sikerül felkeltenünk, illetve elmélyítenünk kedves Olvasóink érdeklődését a fizika és az SZTE Fizikai Intézete iránt!

Dr. Hopp Béla intézetvezető egyetemi tanár

Szeged, 2024. január 5.



A 2023-as fizikai Nobel-díj szegedi vonatkozásai

A FIZIKAI NOBEL-DÍJAT ÉRŐ ATTOFIZIKA A SZEGEDI ELI ALPS EGYIK FŐ PROFILJA

Krausz Ferenc, Anne L’Huillier és Pierre Agostini kapta megosztva a 2023-as fizikai Nobel-díjat az attoszekundumos fényimpulzusokat generáló kísérleti módszerekért. A jelenséget a szegedi ELI ALPS öt másodlagos forrása is felhasználja, valamint ez irányú, világszinten egyedülálló kutatások is folynak a kutatóintézetben (többek között az SZTE Fizikai Intézet munkatársainak közreműködésével). Az SZTE [részletes összefoglalóban](#) mutatja be az attoszekundumos fizika szegedi vonatkozásait. Ebből kiemeljük Prof. Dr. Szabó Gábor lézerfizikus, az SZTE Fizikai Intézet egyetemi tanárának és az ELI ALPS ügyvezetőjének az attoszekundumos technika rövid jellemzésére vonatkozó szavait:

”

Olyan eljárás, amivel extrém rövid fényimpulzusokat lehet előállítani. Tekinthetjük egy olyan vakunak is, amellyel a leggyorsabb folyamatokat időben ki lehet merevíteni. Ezek a folyamatok az elektronok mozgásához kapcsolódhatnak, amit az attoszekundumos módszerek előtt még nem sikerült közvetlenül megfigyelni. Ami ezen az időskálán történik, az legalább annyira fontos lehet az élettudományok számára is. Az attofizikától sok eredményt várunk itt az ELI ALPS-ban, ugyanis pillanatnyilag nekünk van hozzá a legtöbb attoszekundumos forrásunk, 5 különböző féle nyálábvonalon is előállítjuk a Nobel-díjjal elismert ultrarövid fényimpulzusokat. Arra számítunk, hogy e forrásainkra egyre több felhasználó hoz majd kísérleteket, és a következő években olyan tudományos áttörésekről olvashatunk majd, amelyek az ELI ALPS attoszekundumos fizikai eszközeivel születtek.

”



Prof. dr. Szabó Gábor (Fotó: Karnok Csaba)

„A FIZIKUS A LEGKIRÁLYABB SZAKMA”

A Nobel-díjas Anne L’Huillier munkatársaként ismerkedett meg az attofizikával az ELI ALPS tudományos igazgatója és az SZTE Fizikai Intézet munkatársa, Dr. Varjú Katalin



Varjú Katalin (Fotó: ELI ALPS)

Az elmúlt időszakban számtalan cikk és előadás témája volt az attoszekundumos fizika, hiszen ez a tudományterület adta az alapját az idei fizikai Nobel-díjnak. De hogyan is kapcsolódik az attoszekundumos fizika Szegedhez? Dr. Varjú Katalin fizikus, az SZTE Fizikai Intézet docense évekkkel ezelőtt a Nobel-díjas Anne L’Huillier munkatársaként ismerkedett meg az attofizikával, mára pedig a szegedi ELI ALPS, az attoszekundumos tudomány nemzetközi fellegrvárának a tudományos igazgatója. Az attofizikáról, Anne L’Huillier-vel való kapcsolatáról és az ELI-ben zajló kutatásokról kérdeztük, [ő pedig készségesen válaszolt](#). Az interjúban arról is beszélt, hogy milyen lehetőség állnak a (leendő) fizikusok előtt a szegedi ELI ALPS-ban:

”

A fizikusok előtt az ELI-ben és máshol is korlátlanul sok lehetőség nyitott. A fizikus a legkirályabb szakma. Ugyebár azért lesz valaki fizikus, mert kíváncsi a minket körülvevő tárgyi világ miértjeire, hogyanjaira. A képzés során a fizikusok megtanulják a fizikai világ folyamatait megérteni, leírni, és a modellek segítségével a folyamatokat előre jelezni, kontrollálni. Szóval a fizikus nagyon sokfelé hasznosítható tudással, problémamegoldó készséggel rendelkezik.

De hogy a konkrétumoknál maradjunk: az ELI-ben intenzív fény (lézer) és anyag nagyon sokféle kölcsönhatását vizsgáljuk. Fizikusaink érdeklődésüknek megfelelően foglalkozhatnak pl. molekulák lézertérbeli viselkedésével: a lézer képes molekulák kötéseit felbontani, amit gyakran a molekula szétrobbanása követ. De vizsgálhatják a lézer által létrehozott plazma viselkedését, akár extrém körülmények között is. Potenciális alkalmazás a lézeres részecskegyorsítás (elektronok, protonok), ebben az esetben a gyorsítási technológia, vagy a részecskeáram kutatásbeli alkalmazása is érdekes terület. Anyagtudomány, szilárdtestek vizsgálata, nanotudomány, és persze attoszekundumos tudomány. És a lézerek fejlesztését még nem is említettem, itt is komoly lehetőségek vannak egy fizikus kibontakozására. Egyre nagyobb teret kap a kvantumviselkedés vizsgálata, vannak kísérleti eredményeink a fény kvantumviselkedésére. A kutatók többsége kísérleti munkát végez nálunk, de az eredmények értelmezéséhez elméleti, szimulációs kutatást is végzünk.

”

Az attoszekundum a másodperc milliárdod részének milliárdod része, vagyis 10^{-18} s. Szemléltetésképpen mondhatjuk, hogy ez az időtartam úgy aránylik egy másodperchez, mint egy másodperc az Univerzum életkorához. Az ilyen rövid, attoszekundumos fényimpulzusoknak az előnye, hogy kis léptékű, ultragyors folyamatok vizsgálatára alkalmasak. Az ezekkel a folyamatokkal foglalkozó, viszonylag friss, gyorsan fejlődő tudományág az attofizika.

A tudományterület egyik nemzetközi központja a szegedi ELI ALPS kutatóintézet, amely a világon egyedülálló intenzitású attoszekundumos impulzusokat szolgáltat az atomi, molekuláris és optikai folyamatok kutatói számára. Ezen kutatások egy részében az SZTE Fizikai Intézet munkatársai is aktívan közreműködnek.

MAGASRENDŰ HARMONIKUSOK KELTÉSE – ELMÉLETI KUTATÁSOK

Több mint három évtizede ismert, hogy elegendően erős lézertér hatására a céltárgy által kibocsájtott másodlagos sugárzás a lézertér frekvenciájának egész számú többszöröseit is tartalmazza (ez hasonlít a megpendített húr hangjában megjelenő felharmonikusokhoz). Többek között a 2023. évi fizikai Nobel-díjasok munkája azt is megmutatta, hogy ezeknek a felharmonikusoknak az összessége időben nagyon rövid (a femtoszekundum nagyságrendjébe eső) elektromágneses impulzust is eredményezhet.

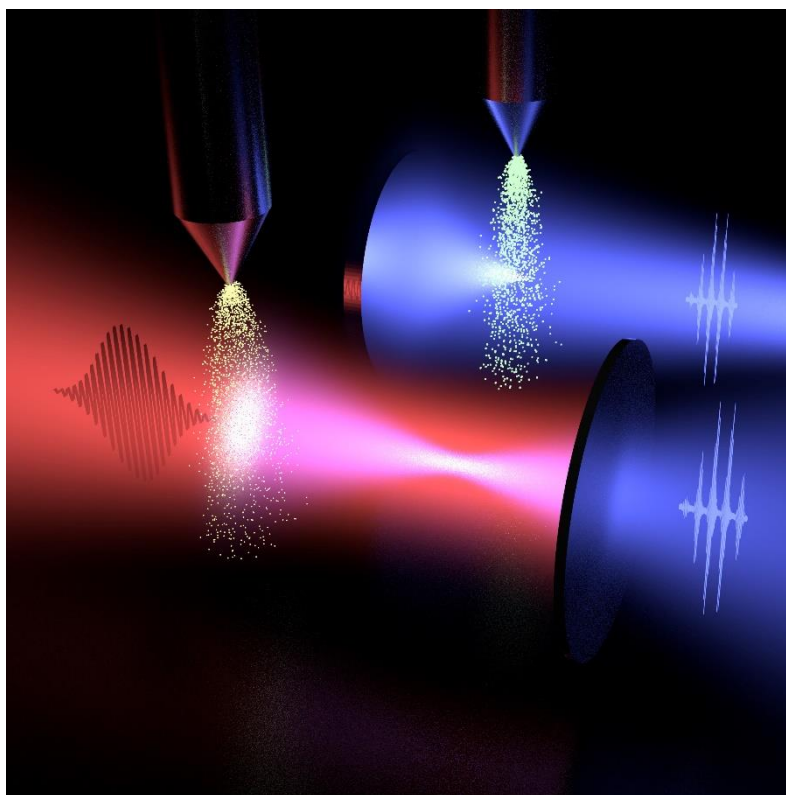
A jelenség megértéséhez a kulcsot az (a mára már klasszikusnak számító) modell adja, amelyben a megvilágított atomokból kilépő elektronok a lézertérben repülnek, majd – a tér előjelének megváltozása miatt – visszatérnek, és a lézertől kölcsönzött energiájukat felharmonikusok formájában kisugározzák. Ez a folyamat csak akkor játszódik le, ha ez elektronok valóban visszatérnek a kiindulási atommaghoz, amihez az kell, hogy a lézertér elektromos mezője egy rögzített síkban rezegjen, mert ekkor az elektronok is lényegében ebben a síkban mozognak. Ennél összetettebb esetben, pl. amikor a lézertér elektromos térerősségvektora egy kör mentén forog (cirkuláris polarizáció), nem tapasztalható felharmonikus-keltés.

Az SZTE Fizikai Intézet Elméleti Fény-anyag Kölcsönhatási Kutatócsoport munkatársai ennek a folyamatnak a kvantummechanikai leírását [vizsgálták](#), és rámutattak, hogy ez a nézőpont a fenti, valós térben megfogalmazott leírás fontos kiegészítője lehet. Az általuk kidolgozott módszer segítségével láthatóvá vált, hogy a magasfelharmonikus-keltés polarizációfüggése tulajdonképpen kvantummechanikai interferenciajelenségek és alapvető téridő szimmetriák következménye.

MAGASRENDŰ HARMONIKUSOK KELTÉSE – GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁS

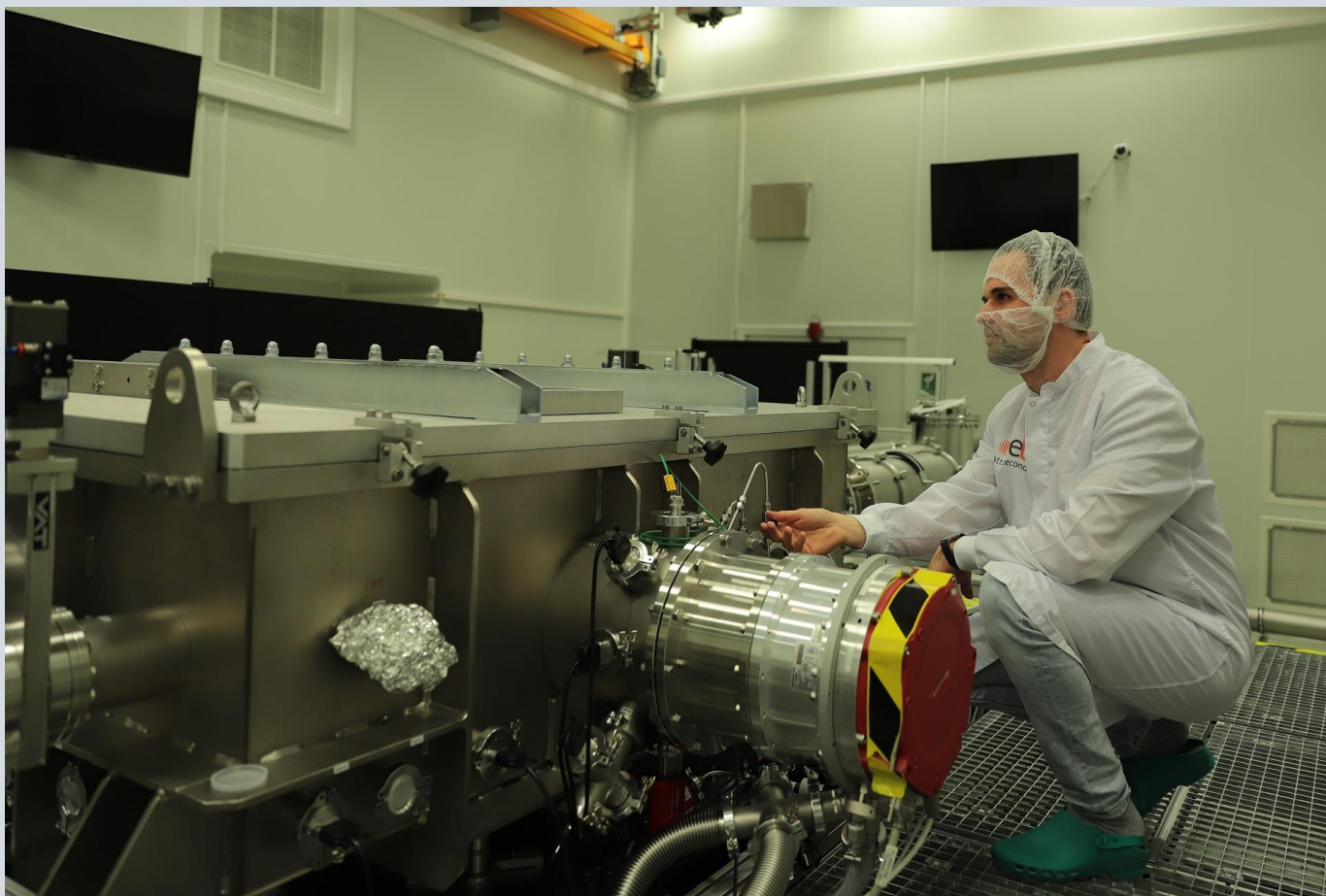
Attoszekundumos impulzusok keltésének alapvető folyamatáról, a magasrendű harmonikus keltésről Dr. Major Balázs és Dr. Varjú Katalin (az SZTE és az ELI ALPS kutatói) [2021-ben az Optica folyóiratban](#), majd [2023-ban az American Physical Society „Physical Review A” lapjában](#) közöltek publikációt, a kolozsvári Izotóp- és Molekuláris Technológiák Kutatóintézet és a berlini Max Born Intézet munkatársaival együttműködve.

Az elméleti számításokon és kísérleti megfigyeléseken alapuló kutatásuk célja, hogy az eddigieknél nagyobb intenzitású távoli ultraibolyától a lágy röntgenig terjedő spektrális tartományba eső sugárzást állítsanak elő nemesgáz atomok és intenzív, infravörös lézerimpulzus kölcsönhatásából. Mindezt az infravörös lézerimpulzus egy olyan intenzitástartományában tették, amiről korábban a kutatók úgy gondolták, hogy nem előnyös a magasrendű harmonikus keltés szempontjából. Kollégáink felfedezésével az eddigieknél kisebb, stabilabb és könnyebben a kísérleti igényekre szabható eszköz állhat a kutatók rendelkezésére. Az így létrejövő sugárzást spektroszkópiai eljárásokban lehet majd használni a fény-anyag kölcsönhatás további vizsgálatára.



A magasharmonikus-keltés folyamatának művészi reprezentálása: egy rövid (femtoszekundumos, 10 -15 másodperc) lézerimpulzust (vörös nyaláb és a benne látható hullámforma) ráfókuszálunk atomok garmadájára (a fémes csőből áramló sárga gömbök), és a fény-anyag kölcsönhatás eredményeképp rövid hullámhosszúságú, extrém ultraibolya sugárzás jön létre (kék nyaláb). A lézer fényét egy szűrővel elválasztjuk az attoszekundumos impulzusoktól (lila hullámforma) a későbbi alkalmazásokhoz.

A MÁSODPERC TRILLIOMOD RÉSZÉNEK TUDOMÁNYA



Major Balázs (Fotó: Kovács-Jerney Ádám)

Dr. Major Balázs fizikus (SZTE, ELI ALPS) az attofizika területén végzett kutatómunkájáról mesélt [az SZTE honlapján 2023 áprilisában megjelent riportban](#). Az attoszekundumos fényimpulzusok keletkezését így írta le szemléletesen:

”

Kísérletünkben [...] a lézerforrásból kilépő nyalábot egy kb. 1 méteres fókusztávolságú lencse segítségével fókuszáltuk egy nemesgázsugárba. A lézer elektromos tere ilyenkor kiváltja az úgynevezett háromlépcsős folyamatot. Ha a nemesgáznak csak egyetlen atomját nézzük, a jelenség leegyszerűsítve abban áll, hogy az atom az elektromos tér hatására ionizálódik, azaz kilép belőle egy elektron, amely felgyorsul, majd rekombinálódik, vagyis ismét csatlakozik egy atomtörzshöz. Eközben pedig a lézertérben nyert energiáját fotonkibocsátás, vagyis igen rövid extrém ultraibolya fényimpulzus révén leadja. A háromlépcsős modell egyetlen atom és a lézerfény kölcsönhatását írja le, de a lézerfény útjába bocsátott gázsugárban milliárdszor milliárd atom van. Nem mindegy, hogy a kilépő extrém ultraibolya fényimpulzusok milyen módon adódnak össze: egy bizonyos fázisillesztésre van szükség, hogy a kilépő fotonok ne „oltsák ki” egymást, hanem konstruktív módon lépjenek interferenciába, és elegendő foton alkossa a végeredményt, az attoszekundumos fényimpulzust.

”

MI TÖRTÉNIK KÉTATOMOS MOLEKULÁKKAL ERŐS LÉZERTÉRBEN, IONIZÁCIÓ NÉLKÜL?

Az erős teres és attoszekundumos fizika tipikus kísérletei ún. pumpa-próba kísérletek, amikor a pumpa lézerimpulzussal valamilyen megfigyelni kívánt atomi vagy molekuláris folyamatot beindítunk vagy vezérlünk, és az ehhez képest változtatható késleltetéssel érkező próba fényimpulzussal pedig egy újabb folyamatot indítunk be, ami már mérhető, detektálható jelet eredményez, pl. ionizálja a molekulát, aminek eredményeként a kiváltott elektron és esetleg az ionizált molekula is detektálható, pl. egy reakció-mikroszkóppal (ReMi, COLTRIMS).

Azonban kicsit kevésbé erős lézerimpulzusokkal úgy is lehet molekulákat „manipulálni” (pl. forgatni, térben egymással megegyező irányba állítani, stb.), hogy közben pont el akarjuk kerülni az ionizációt. Ráadásul, a nagyon erős lézerimpulzusoknak általában van egy kevésbé erős, de időben sokkal hosszabb „talapzata”, ami még az előtti kölcsönhatásba lép a molekulával, mielőtt a lézerimpulzus fő, leglényegesebb része megérkezik, így ez utóbbi már nem „érintetlen” állapotában találja a molekulát.

A „Kvantumfizika erős lézertérben, modellezés és numerikus szimuláció” kutatócsoport a fentiek alapján motiválva megvizsgálta, hogy egy kétatomos molekula erős, de ionizációra még nem képes, infravörös lézertérben hogyan viselkedik, ha a lézer hullámhosszát úgy hangolják, hogy az ne hozzon létre az elektronok gerjesztésével kvantumos átmenetet. Kiderült, hogy egy ilyen folyamat nagyon jó közelítéssel analitikusan („papíron ceruzával”, de inkább a Mathematica szoftverrel számolva 😊) is megoldható, és a megoldás lényege az, hogy a lézer hatására megváltozik a molekula kötéstávolsága és kötésének erőssége. Az megfelelő időfüggő Schrödinger-egyenlet megoldása során figyelembe vettek olyan fény-anyag kölcsönhatási folyamatokat is, amiket általában el szokás hanyagolni, és meglepetésükre kiderült, hogy ezek ebben a helyzetben lényegesek.

A kutatómunkát az SZTE Fizikai Intézet kutatói a szegedi ELI-ALPS és a budapesti Wigner FK munkatársaival együttműködve végezték és a New Journal of Physics folyóiratban [publikálták](#).

AZ ÁLLAPOTTÉR CSENDES SARKA

Dr. Földi Péter elméleti fizikus a kvantumos és a klasszikus fizika határáról



Földi Péter (Fotó: Kovács-Jerney Ádám)

Dr. Földi Péter fizikus, az SZTE TTIK Fizika Intézet Elméleti Fizikai Tanszék tanszékvezető egyetemi docense, az ELI ALPS kutatója akadémiai doktori címének átvétele alkalmából [adott interjút az SZTE honlapjának](#). Földi Péter akadémiai doktori értekezésében olyan fizikai rendszereket modellezett, ahol a rendszer kvantumos tulajdonságai számottevőek, illetve kifejezetten erőforrásként hasznosulhatnak.

A kvantummechanikai modellezésnél a kutató először lecsupaszítja a fizikai problémát, hogy a megoldani kívánt differenciálegyenlet (legtöbbször az időfüggő Schrödinger-egyenlet) a legegyszerűbb legyen, ugyanakkor a tanulmányozni kívánt effektus szempontjából lényeges dolgokat tartalmazza. Ritka esetekben az így kapott egyenlet analitikusan megoldható, vagy a megoldás közelíthető valamilyen szép, zárt alakban. Gyakran azonban a probléma numerikus megoldást kíván, ekkor a kutató legtöbbször maga írja meg a szoftvert, ami az egyenletet megoldja.

Az egyik fizikai folyamat, amellyel kollégánk foglalkozott, és szorosan köthető a 2023-as fizikai Nobel-díjhoz, a magasharmonikus keltés. Kísérletekből kiderült, hogyan változik a szilárdtestet gerjesztő fény fotonstatisztikája az anyaggal történő kölcsönhatás során, ami korrelációban áll a gerjesztés hatására létrejövő magasharmonikus sugárzási tér spektrumával. Mivel a mérés a fotonokra vonatkozott, így a fizikai modellnek is szükségképpen számításba kellett vennie a fény kvantumos természetét.

Egy másik terület, ahol a kvantumos tulajdonságok nemhogy számottevőek, hanem kifejezetten hasznosak, a kvantuminformatika. Dr. Földi Péter félvezető nano-drótokban vizsgálta az elektronok spinjét. A kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy lehet-e spinen alapuló kvantumos kaput csinálni, ahol a spin játssza a kvantuminformatikában használt elemi információegység, a qubit szerepét.

LÉZERES NEUTRONKELTÉS - DR. OSVAY KÁROLY CSOPORTJÁNAK SIKERES KÍSÉRLETE

Még meg sem jelent az SZTE-n működő Nemzeti Lézeres Transzmutációs Laboratórium tavalyi eredménye arról, hogy kis energiájú lézerrel is létrehozható folytonos neutronforrás, amikor Dr. Osvay Károly Nemzeti Lézeres Transzmutációs Laboratóriumi kutatócsoportja [idei kísérletében százszorosára növelte a másodpercenként keltett neutronok számát](#). Az eddigi lézeres neutronkeltési eljárásokhoz képest paradigmaváltó kísérletet az ELI ALPS kutatóközpontban végeztek. Ez volt az intézet történetében az első több órán át tartó, kontrollszobából irányított ún. „zárt” kísérlet. – számolt be az SZTE-nek adott interjújában Dr. Osvay Károly.



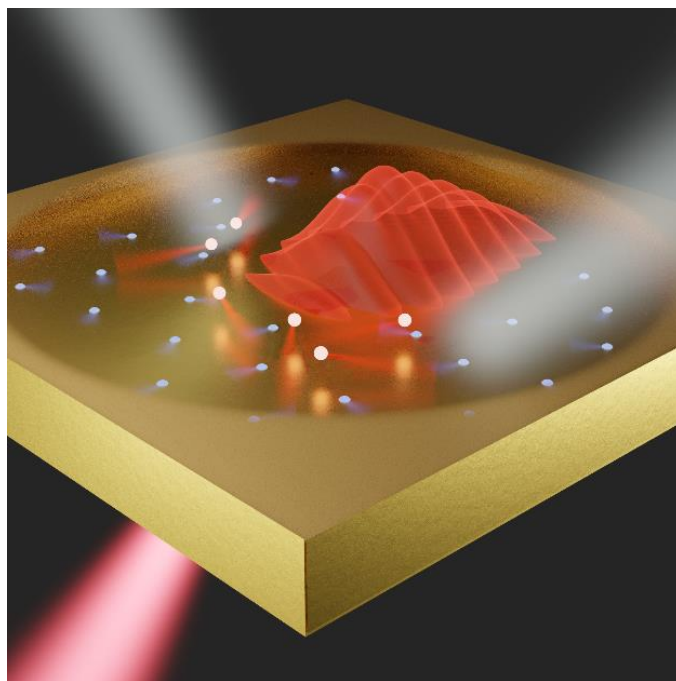
Neutronkeltési kísérlet 2023 júniusában az ELI ALPS lézeres kutatóközpontban (Fotó: Panek Sándor)

A kutatócsoport tavaly már megtalálta a technikáját annak, hogyan hozzon létre az ELI ALPS 1Hz ismétlési frekvenciával működő SYLOS Experiment Alignment ultrarövid impulzusú lézerén 1200-1500 neutronot tartalmazó nyalábot. A neutronkeltési folyamat technikailag egyik legnagyobb kihívása a deutériumion gyorsításához használt elsődleges céltárgy fejlesztése volt. A lézer plazmát kelt a céltárgy felületén, e plazmából a lézerimpulzus elektromágneses tere kigyorsítja az elektronokat, amelyek osztott töltésmező hoznak létre, és maguk után gyorsítják a céltárgyból származó deutériumionokat. Ezek a nehéz hidrogénionok belecsapódnak a másodlagos céltárgyba, amelyben deutérium atomokkal találkoznak, és közöttük magfúzió következik be, ennek során pedig ún. gyors neutronok (2,5 MeV energiájú részecskék) lépnek ki. A probléma az, hogy ahol a lézer plazmát kelt, ott a céltárgy átlukad, ezért a kutatóknak meg kellett oldani, hogy mire a következő lézerimpulzus eléri a céltárgyat az „megújuljon”. Ehhez egy lyukrendszerrel ellátott tárcsát fedtek be a céltárgynak szánt 200 nm vastag fóliával, majd a tárcsát egy automata rendszer az ismétlési frekvenciának megfelelően forgatta úgy, hogy a lyukak 10 mikrométeres pontossággal a lézer fókuszfoltjába essenek.

Azóta a kutatók már továbbhaladtak. Legújabb kísérletükben két folyadéksugár hozta létre a céltrágyaként szolgáló 200 nm vastag folyadékhártyát. A folyadék használata az ELI ALPS SYLOS Alignment lézerrendszerének 10 Hz-es ismétlési frekvenciája miatt előnyös volt, de ugyanakkor a vákuumtechnika szempontjából kihívás elé állította a kutatókat.

PLAZMONIKUS FORRÓ ELEKTRONOK ULTRASZENZITÍV VIZSGÁLATA

Fémeket fénnel megvilágítva nagy energiájú elektronok jöhetnek létre, ezeket nevezzük forró elektronoknak. Ezek az elektronok többletenergiájuk révén számos területen hasznosíthatók, mint például kémiai reakciók katalizálásában, napelemek hatékonyabbá tételében, szenzorok érzékenységének növelésében, vagy akár nanoméretű áramkörök fejlesztésében. – Írja a Wigner Fizikai Kutatóközpont [közleményében](#).



Forró elektronok keltése lézerténnel nanométeres fémrétegben (Fotó: Major Balázs)

A forró elektronokat azonban nagyon nehéz kísérletileg vizsgálni, hiszen az ilyen elektronok a fénynyaláb beérkezése után is a fémbe maradnak. A jövőbeli alkalmazásokhoz azonban fontos tudni, hogy mekkora többletenergiával rendelkeznek és azt is, hogy hol helyezkednek el az anyagon belül. Az ELI Lézerközpont, a Wigner Fizikai Kutatóközpont, a Szegedi Tudományegyetem és az Energiatudományi Kutatóközpont munkatársai ezekre a kérdésekre adtak választ a neves *Nature Communications* című folyóiratban megjelent [cikkükben](#). Kollégáink egy radikálisan új és minden korábbinál érzékenyebb megközelítést fejlesztettek ki a forró elektronok vizsgálatára. Kísérleteikben egy vékony, nanométeres aranyréteg esetén vizsgálták a mintára bocsátott fény visszaverődési tulajdonságait, miközben lézerténnel forró elektronokat hoztak létre. A visszaverődési tulajdonságokban bekövetkező változásokat elemezve azt találták, hogy - összhangban az elméleti várakozással - ezek az elektronok a felülethez közel, annak mindössze kb. 4 nanométeres mélységében jelennek meg. Az elektronok többletenergiájának elemzése arra is választ adott, hogy a forró elektronok milyen lépések során jelennek meg a vizsgált anyagi rendszerben. Ezek az eredmények kiemelkedő fontosságúak lesznek az ilyen elektronokon alapuló mérőeszközök vagy napelemek fejlesztése szempontjából.

BÁRÁNY RÓBERT-DÍJAT KAPOTT DR. PÁPA ZSUZSANNA, AZ SZTE ALUMNÁJA ÉS A FIZIKAI INTÉZET EGYKORI MUNKATÁRSA

Miután munkáját 2021-ben Junior Prima Díjjal ismerték el, Pápa Zsuzsanna 2022-ben a Bárány Róbert díjat is elnyerte. [A vele készült interjúban](#) elmondta, hogy jelenleg a szintén Szegeden végzett Dombi Péter által vezetett Ultragyors Nanooptika nevű csoportban dolgozik a Wigner FK-ban, valamint az ELI-ALPS-ban, ahol azt vizsgálják, hogy a lézerek hogyan hatnak kölcsön nanoszerkezetű anyagokkal. Zsuzsanna ehhez egy újszerű megközelítést követve az úgynevezett ellipszometria módszerét alkalmazza. E módszerrel mutatták ki az ún. forró – vagyis nagyenergiájú – elektronok jelenlétét, amelyeket bizonyos fémek lézeres megvilágításával idéztek elő. Zsuzsanna azt is elmondta, hogy számára a fizikus munkakör nagyon változatos és kreatív, ami különböző készségeket kíván attól függően, hogy egy probléma megoldásának kísérleti részéről, az eredmények elméleti értelmezéséről, vagy publikálásáról van szó. Bátorítja a fiatalokat, hogy tudományos pályát válasszanak:

”

Érdemes ezt a pályát választani. Nem kell félni tőle, hogy elvont, vagy nehéz. Az esetek döntő többségében az ember egy csapatba kerül, és ott előbb-utóbb kiderül, hogy mivel tud hozzájárulni a munkához, mi az, amiben ő jó, legyen az a műszaki érzék, a matematikai irányultság, vagy a programozási tudás. Fontos a jó angoltudás is, mert a tudományos munka nagy része angolul zajlik. A kutatói pálya nagyon sok pluszt ad, és mindig van benne valami újabb cél, újabb motiváció.

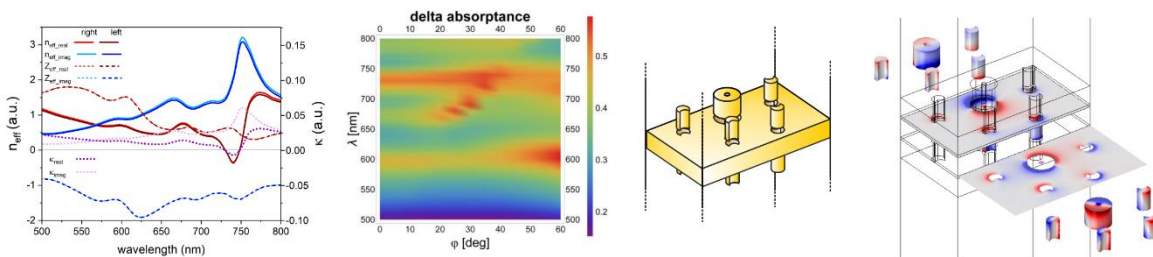
”



Dr. Pápa Zsuzsanna a 2022-es Bárány Róbert-díj átvétele után (wigner.hu)

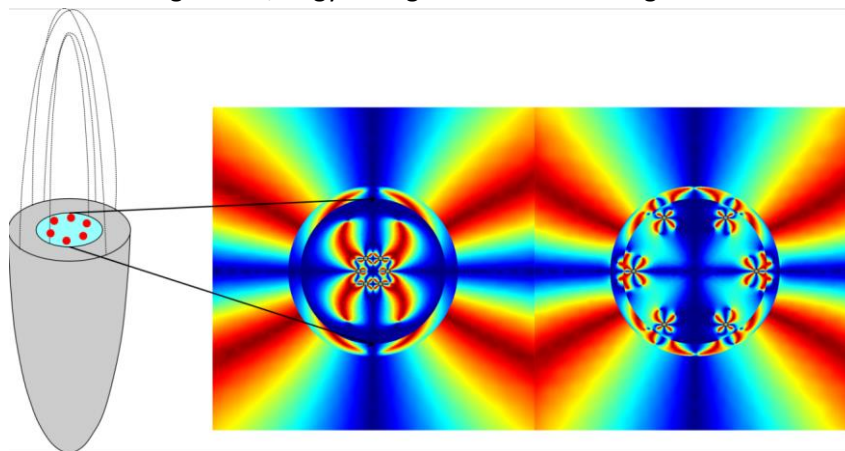
METAANYAGOK ÉS PLAZMONIKUS NANOREZONÁTOROK ELMÉLETI VIZSGÁLATA

Az optika két új területe a nanofotonika és plazmonika, utóbbi tárgya a fény hullámhosszánál lényegesen kisebb individuális fémobjektumok és periodikus mintázataik spektrális és közeltér-hatásának tanulmányozása. A hullámhossz-alatti nanoobjektumokból álló periodikus struktúrákat meta-anyagoknak is szokás nevezni, ugyanis e struktúrákat megfelelően hangolva olyan tulajdonságok (pl. ún. bi-anizotrópia, reciprocitás, kiralitás, mesterséges mágnesezés, stb.) érhetők el, amelyek az azokat alkotó anyagok esetén elképzelhetetlenek. A Nanoplazmonika Kutatócsoport munkatársai elméleti vizsgálataikban ún. Babinet komplementer struktúrákból felépített multirétegen alapuló meta-anyagon [negatív törésmutatót mutattak ki](#) a látható tartomány határán, és igazolták, hogy ez a spektrálisan és térben átfedő (döntött-forgó) elektromos és mágneses dipólusok jelenlétével magyarázható. A lineárisan/cirkulárisan polarizált fényvel való kivilágításkor a kopolarizált fényben azimutális orientációt és ún. handedness függést, valamint additív aszimmetrikus transzmissziót/és aszimmetrikus dikroizmust igazoltak.



Babinet komplementer struktúrákból felépített meta-anyagok optikai és elektromos tulajdonságai

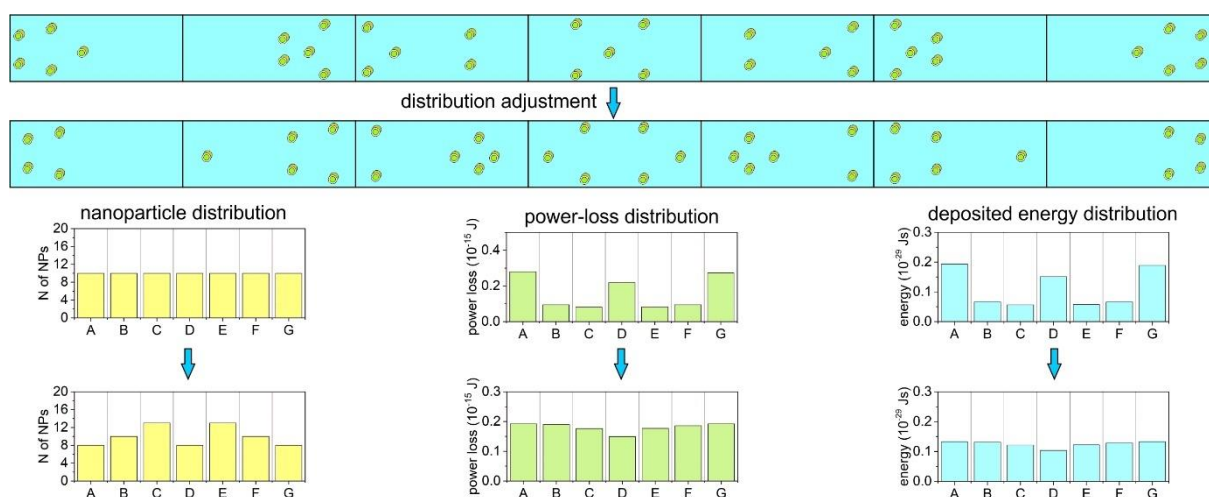
A meta-anyagok mellett további izgalmas területe a nanofotonikának az ún. nanorezonátorok előállítása és vizsgálata. Az ilyen, miniatürizált antennaként működő nanorezonátorokat a kvantuminformatica és szenzorizáció területén már alkalmazzák nemklasszikus fény hatékony generálására, valamint az erősített közeltér-alkalmazások szempontjából fontos spektrális tartományba hangolására. Kollégáink legutóbbi kapcsolódó [munkájukban](#) plazmonikus nanorezonátorokban elhelyezett gyémánt színcentrumok szimmetrikus és aszimmetrikus mintázatával elérhető szupersugárzás összehasonlításával igazolták, hogy a megkülönböztethetőség eredete a lokális mező depolarizálása.



Plazmonikus nanorezonátorokba helyezett színcentrumok szupersugárzása

PLAZMONIKUSAN ERŐSÍTETT FÚZIÓ

A nanofotonika és azon belül a plazmonika egyik izgalmas potenciális alkalmazási területe a [plazmonikusan erősített lézeres fúzió](#). A Nanoplazmonikai Kutatócsoport munkatársai egy országos együttműködés részeként foglalkoznak a témával, vagyis azzal, hogy miként lehet fúziót előidézni egy polimer céltárgyban alkalmasan hangolt [nanostruktúrák lézeres gerjesztése](#) segítségével. [Munkájuk során megmutatták](#), hogy a plazmonikus antennák elősegítik a fúziós jelenséget, amely a rövidimpulzussal kivilágítás során megnövelt elnyelt teljesítmény, deponált energia és közeltér-erősítés együttes következménye. A kísérleti eredmények igazolták a numerikus számításokat: plazmonikus antennákkal ellátott céltárgyakban nagyobb kráterek keletkeznek.



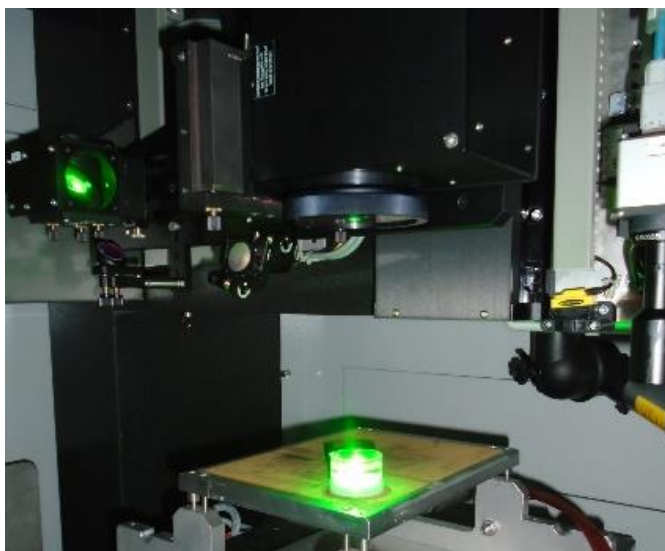
A plazmonikus antenna-eloszlás optimalizálásának hatása

Kollégáink a plazmonikusan erősített fúzió optimalizálása céljából a nanoantennák nagyintenzitású rövidimpulzusra adott válaszát hidrodinamikai modellel is meghatározták, amely az ún. „részezske a dobozban” számolásokkal korreláló konklúzióra vezetett: a deponált energia a rezonáns plazmonikus antennákkal maximalizálható. A polimer közegben a vákuumhoz viszonyítva elnyújtott időbeli dinamikát [mutattak ki](#), az eltérő rezonáns geometria által determinált kisebb deponált energiával.

Nanofotonika és nanotechnológia

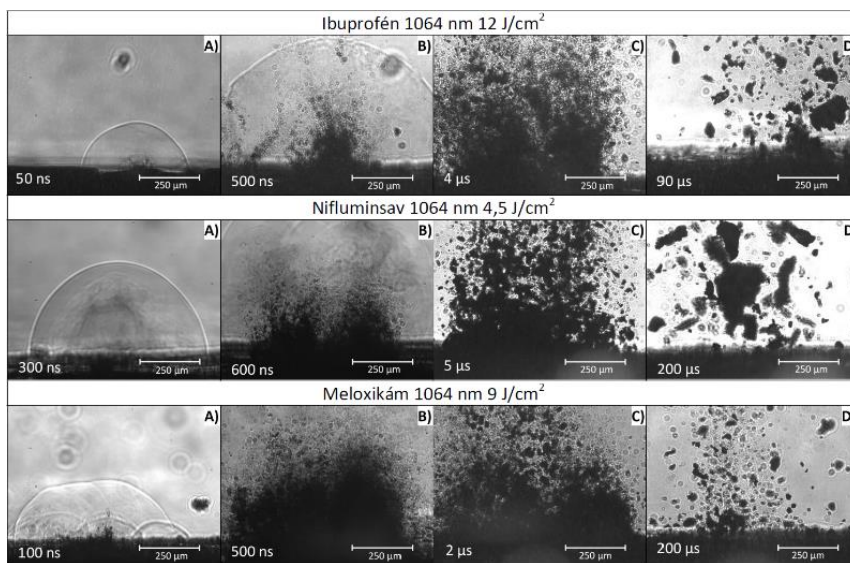
GYÓGYSZERHATÓANYAGOK NANONIZÁLÁSA IMPULZUSLÉZERES ABLÁCIÓVAL FOLYADÉK ÉS GÁZ KÖRNYEZETBEN

A forgalmazott gyógyszerhatóanyagok körülbelül 40%-a, míg a fejlesztés alatt állók 90%-a tartozik a vízben rosszul oldódó vegyületek közé. Ez a hatóanyagfejlesztésben tapasztalható trend kihívást jelent a gyógyszeriparnak, hiszen a gyenge oldhatóság a legtöbb esetben korlátozza a biológiai hasznosíthatóságot is. A megoldási opciók közül igen elterjedtek a különféle részecskeméret-csökkentő eljárások. A szemcseméret redukálásával megnő az aktív felület, amelynek köszönhetően általában javul az oldódási arány és a transzport karakterisztika, így az emberi sejtek gyorsabban, hatékonyabban fel tudják venni a hatóanyagot. Az SZTE Fizikai Intézet keretein belül működő Fény-anyag kölcsönhatási Kutatócsoport és az SZTE Gyógyszer technológiai és Gyógyszerfelületei Intézet munkatársai lézer alapú módszert alkalmaztak gyógyszerhatóanyag-részecskék méretének csökkentésére. Az úgynevezett impulzuslézeres abláció alkalmas arra, hogy tömbi anyagból mikro- és nanométeres méretű részecskéket állítsanak elő. A lézerparaméterek és a kísérleti körülmények megfelelő megválasztásával szerves és szervetlen részecskék előállítására egyaránt találhatunk példákat.



Gyógyszerhatóanyag folyadék alatti impulzuslézeres ablációja

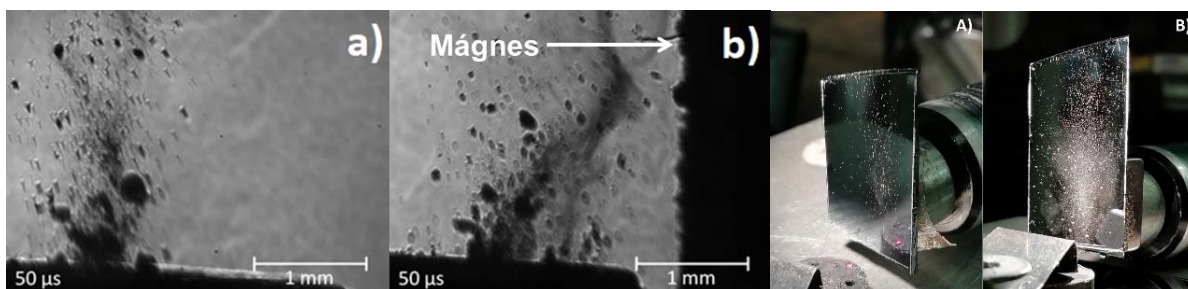
Kollégáinknak kísérleteikben vízben rosszul oldódó, nem-szteroid alapú gyulladáscsökkentő, fájdalomcsillapító hatóanyagok (ibuprofen, nifluminsav és meloxicam) [részecskéinek méretét sikerült jelentős mértékben csökkenteniük](#) lézeres besugárzással levegő, illetve víz környezetben. Ennek során különböző hullámhosszúságú és impulzushosszú lézereket alkalmaztak hatékonyan. Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia és Raman-spektroszkópia segítségével igazolták, hogy az előállított részecskék kémiai összetétele megegyezik az eredeti gyógyszerhatóanyagokéval. Kimutatták, hogy a lézerrel aprított részecskék oldhatósága és gyulladáscsökkentő hatása is jobb, mint a referencia hatóanyag poroké. Gyorsfényképezéses vizsgálattal nyomon követték, feltérképezték a részecskeaprítási folyamatokat.



A részecskeaprítás folyamata impulzuslézeres abláció során

MÁGNESES TÉRREL IRÁNYÍTHATÓ GYÓGYSZER-NANOKOMPOZIT RÉSZECSKÉK ELŐÁLLÍTÁSA LÉZER ABLÁCIÓS MÓDSZERREL

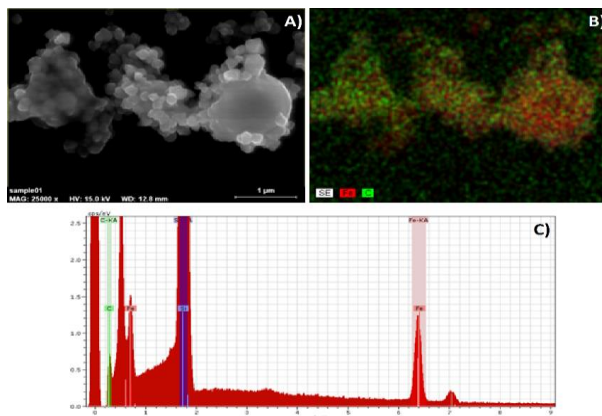
A mai modern gyógyszer technológiai fejlesztésekben mágneses gyógyszer-nanokompozitok alkalmazásával molekuláris szinten nyílik lehetőség diagnosztizálni és kezelni korábban nehezen gyógyítható betegségeket. Külső mágneses térrel irányított gyógyszer szállítással a hatóanyagok felhalmozhatóak az emberi test kívánt, gyógyítandó területein, ezáltal nagyságrendekkel növelhető azok hatásfoka és csökkenthetőek káros mellékhatásaik. Ez új utakat nyithat a terápiás alkalmazások lehetőségeiben, ezért ezek kutatására kiemelt figyelmet és erőforrásokat szentelnek napjainkban. Az SZTE Fizikai Intézet keretein belül működő Fény-anyag kölcsönhatási Kutatócsoport és az SZTE Gyógyszer technológiai és Gyógyszer felügyeleti Intézet munkatársai elsőként hoztak létre mágneses gyógyszer-nanokompozit részecskéket impulzuslézeres besugárzással. A kísérletek során egy Nd:YAG lézer nyalábját fókuszálták tiszta ibuprofén (gyulladáscsökkentő, fájdalomcsillapító) gyógyszer hatóanyag és magnetit nano-por keverékéből összepréselt tablettára. A lézeres abláció során kirepülő részecskék összetételét, méreteloszlását és mágneses térbeni viselkedését vizsgálták. Külső mágneses tér alkalmazásával bizonyították az előállított részecskék mágneses térrel való irányíthatóságát, és hogy ezek valóban összekapcsolódott állapotban vannak. Ennek érdekében időfelbontásos képeket vettek fel az anyag-eltávozási folyamatokról mágneses tér hiányában és annak jelenlétében is.



Mágneses gyógyszer-nanokompozit részecskék lézeres előállítása

Nanofotonika és nanotechnológia

Majd a felhasznált Nd mágnes segítségével szilícium lapra összegyűjtött részecskéket spektroszkópiai vizsgálatoknak vetették alá. Pásztázó elektronmikroszkópos (SEM-EDX) képek alapján kimutatták, hogy a minták minden esetben kémiaiag érintetlen ibuprofenből és magnetitből tevődnek össze és a részecskék átlagos mérete mikrométer alatti.



Ibuprofen-magnetit nanokompozit részecskék pásztázó elektronmikroszkópos képe

Bebizonyították, hogy az impulzslézeres abláció egy egyszerű, egyéb kémiai anyagoktól mentes, környezetkímélő módszert biztosít olyan kompozit nanorészecskék előállítására, melyek mágneses részecskéket és gyógyszerhatóanyagokat egyaránt tartalmaznak. Az eljárás ezért érdemes további gyógyszerfejlesztésben releváns vizsgálatok lefolytatására, különösen az irányított hatóanyagokhoz kapcsolódó alkalmazások terén.

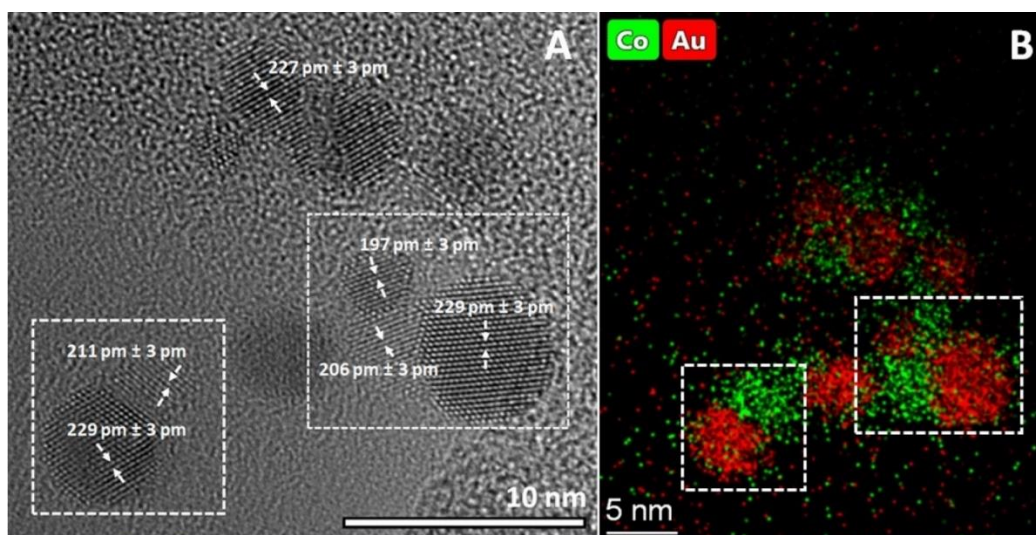
PLAZMÁBÓL NANORÉSZECSKÉK: AEROSZOL (NANO)TECHNOLÓGIAI KUTATÁSOK AZ SZTE FIZIKAI INTÉZETBEN

Nanorészecskék, azaz a milliméter milliomod részével jellemezhető méretű objektumok számos módon előállíthatók laboratóriumokban és talán még ennél is több alkalommal keletkeznek spontán módon a természetben, vagy az emberi tevékenység következményeként. Noha jellemzően nem nanorészecske-generátorként gondolunk egy belsőégésű motorra, egy hegesztőgépre, vagy akár a tábortűzre, ezek mindegyike számottevő mennyiségben bocsát ki ilyen apró objektumokat. Az előbbi felsorolásban az is közös, hogy a részecskék a levegőben – vagy más gázokban – keletkeznek és azzal elkeveredve, azaz ún. aeroszolt alkotva léteznek. Természetesen a spontán módon létrejövő nanorészecskéknek viszonylag kevés technológiai haszna van, ám az aeroszokok keletkezésének alapelvei célzott, laboratóriumi úton is jól használhatók adott tulajdonságokkal rendelkező nanostruktúrák kontrollált előállítására. Az SZTE Fizikai Intézet NaMiLab csoportja bő tíz éve foglalkozik az egyik ilyen részecske-előállítási módszer, a szikra-abláció tanulmányozásával és alkalmazásával. Az eljárás alapja, hogy kontrollált gázkörnyezetben, légköri nyomáson nagyenergiájú szikrákat hoznak létre két elektród között, amelyekből a szikrázás hatására anyag távozik el. Ebből az eltávozó anyagfelhőből – néhány köztes lépés után – nanorészecskék keletkeznek, amelyek az őket körbevevő gázzal (nano)aeroszolt alkotnak. A NaMiLab csoport érdeklődése a teljes folyamatra kiterjed, azaz a szikrázással járó plazma kialakulástól kezdve, a keletkező nanorészecskék tulajdonságain át, azok felhasználási lehetőségeit egyaránt tanulmányozzák.

Nanofotonika és nanotechnológia

Az elmúlt évben munkájuk homlokterében egy olyan ígéretes szenzorikai alkalmazási terület állt, amely megfelelően hangolt tulajdonságokkal rendelkező nanorészecskék alkalmazásán alapul. Az ilyen részecskékből kialakított érzékelő felületeken az ún. felületerősített Raman-spektroszkópia (SERS) módszere lehetővé teszi a legkülönbözőbb vegyi anyagok, például élelmiszerekben fellelhető növényvédőszer-maradványok, vagy hadászati anyagok (pl. robbanószer, mérges gázok, stb.) maradványainak érzékeny kimutatását. A kutatócsoport legfrissebb eredményei között szerepel annak [kísérleti igazolása](#), hogy az ezüst nanorészecskék szikra-ablációs előállításakor alkalmazott gázkörnyezet összetételének megfelelő megválasztásával a részecskékből kialakított struktúrák érzékenysége jelentősen növelhető.

Az általuk alkalmazott szikra-ablációs eljárás egyik legfontosabb előnye, hogy a szikrát keltő elektródok anyagának megválasztásával egyszerűen és széles tartományban változtatható a keletkező részecskék összetétele. Akár olyan anyagkombinációk is kialakíthatók, amelyek tömbi fázisban jellemzően nem jönnek létre. Kapcsolódó [tanulmányukban](#) a katalitikus tulajdonságokkal rendelkező kobalt és arany változatos kombinációit hozták létre a szikrázási körülmények változtatásával.

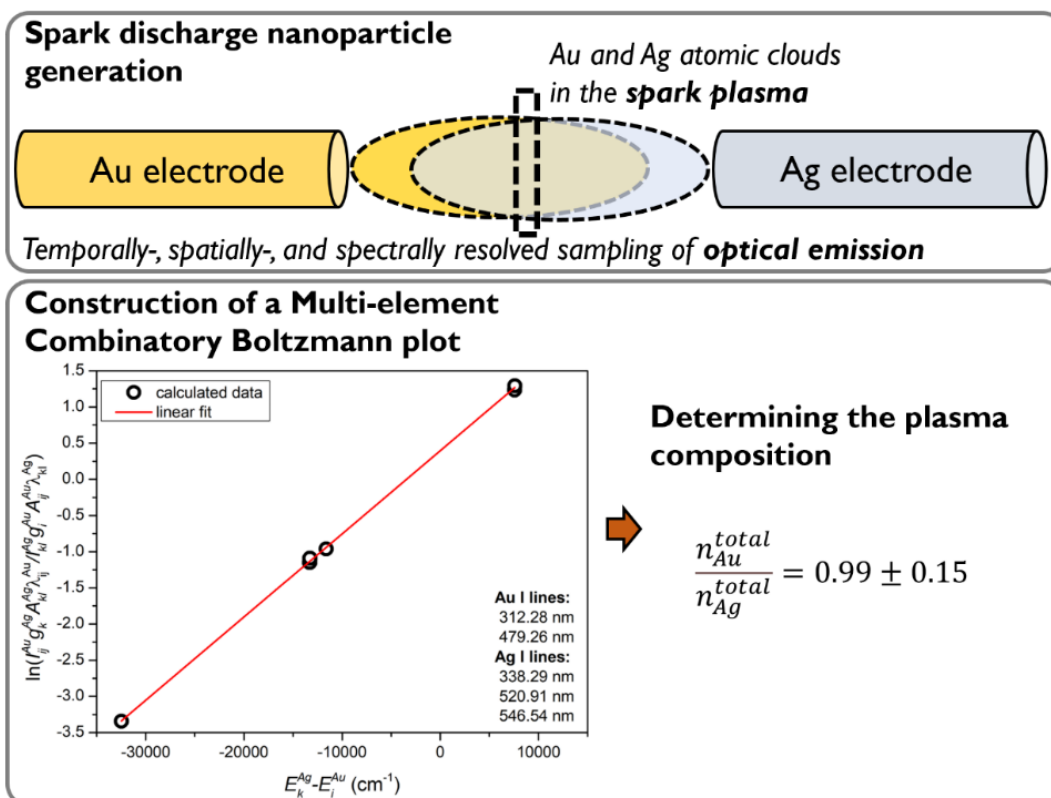


Au/Co részecskék transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) felvétele 900°C-os hőkezelés után (A), és ugyanezen terület elemtérképe (B).

Jóllehet technológiai szempontból kielégítő kontroll érhető el a generálás kísérleti körülményei és a keletkező részecskék tulajdonságai közötti összefüggések empirikus feltárásával, a részecskekeletkezés háttérében rendkívül komplex folyamatok állnak. A NaMiLab csoport munkájának egyik fontos célkitűzése ezen alapvető folyamatok megértése, amely meglátásuk szerint a szikra plazma jobb megismerésével kezdődik. E megismerést viszont oly módon kell megvalósítani, hogy közben lehetőleg ne befolyásolják a részecskék keletkezését, azaz a jelenséget, amelyet végső soron megérteni igyekeznek. Ezért a megismerést az optikai spektroszkópia módszerével, azon belül a plazma által kibocsátott fény térben, időben és spektrálisan is felbontott vizsgálatával végzik. Kapcsolódó munkájuk [legfrissebb eredménye](#), hogy megalkottak egy olyan adatkiértékelési módszert, amellyel a szikraplazma által kibocsátott és spektrálisan felbontott fény – az ún. emissziós spektrum – felhasználásával meghatározható a plazmában jelenlévő fémek koncentrációjának aránya.

Nanofotonika és nanotechnológia

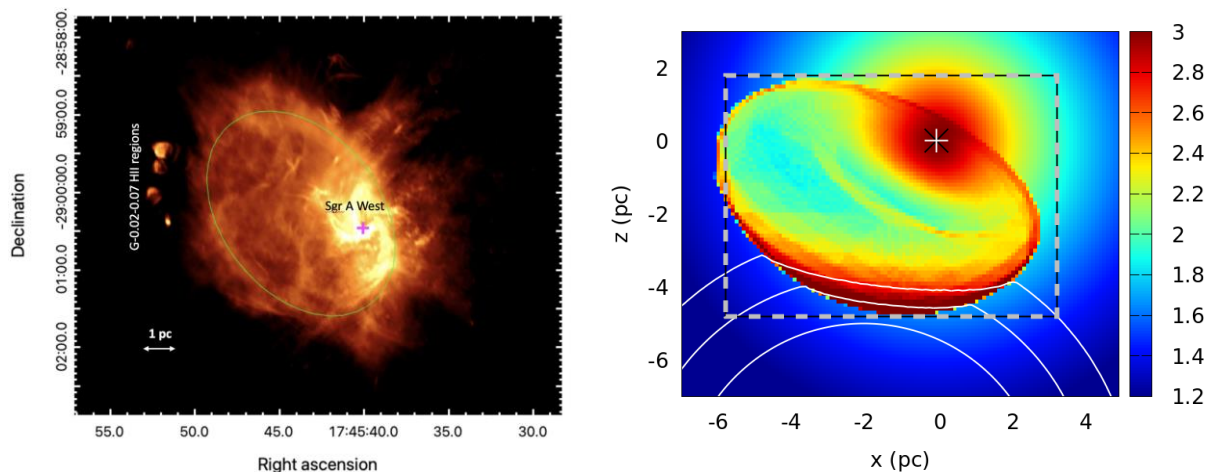
Az eljárás jelentőségét az adja, hogy lehetőséget ad az elektródokból származó fématomokat tartalmazó anyagfelhő dinamikájának kvantitatív tanulmányozására. Tekintve, hogy az ezen anyagfelhők mozgásával, illetve keveredésével kapcsolatos folyamatokat a tudományterületen dolgozó számos kutató a szikra-abláció megértése szempontjából kulcskérdésnek tekinti, úgy gondolják, hogy módszerük számos izgalmas eredmény születéséhez járulhat hozzá a jövőben. Annak érdekében, hogy eljárásuk a tudományos közösség minél szélesebb rétegéhez eljusson, az azt megvalósító [számítógépes kódot](#) mindenki számára szabadon elérhetővé tették.



A NaMiLab csoport által megalkotott, ún. „multi-element Combinatory Boltzmann plot (MEC-BP)” módszer grafikus összefoglalása.

SZUPERNOVA-REKONSTRUKCIÓ A GALAXIS SZÍVÉBEN

A Tejútrendszer centrumának rádiótartományban végzett vizsgálatai alapján tudjuk, hogy Galaxisunk központi régiójában számos csillagrobbanás történt az utóbbi kb. százezer évben. A szupernóva-maradványok (supernova remnants, SNR) buborékjainak lökeshullámai nehezebb elemekkel szennyezik be környezetüket, új csillaggenerációk keletkezését indítják be, sőt, még a Sgr A* néven ismert, a Galaxis magjában lévő szupernagy fekete lyuk fejlődéséhez is hozzájárulhatnak. A tőlünk mért jelentős, több mint 25000 fényévnyi távolságuk miatt azonban nagyon kevés tulajdonságát ismerjük ezen óriás gázbuborékoknak. Még a galaxis centrumának legtöbbet vizsgált szupernóva-maradványa, az Sgr A East SNR esetében sem ismerjük a robbanás eredetét, időpontját vagy akár csak azt, hogy a gázfelhő a központi fekete lyuk előtt avagy mögött helyezkedik-e el... Egy új kutatás, amelynek szerzői között az SZTE Fizikai Intézet csillagásza, Dr. Barna Barnabás is szerepel, [ezekre a kérdésekre adott pontosabb válaszokat.](#)



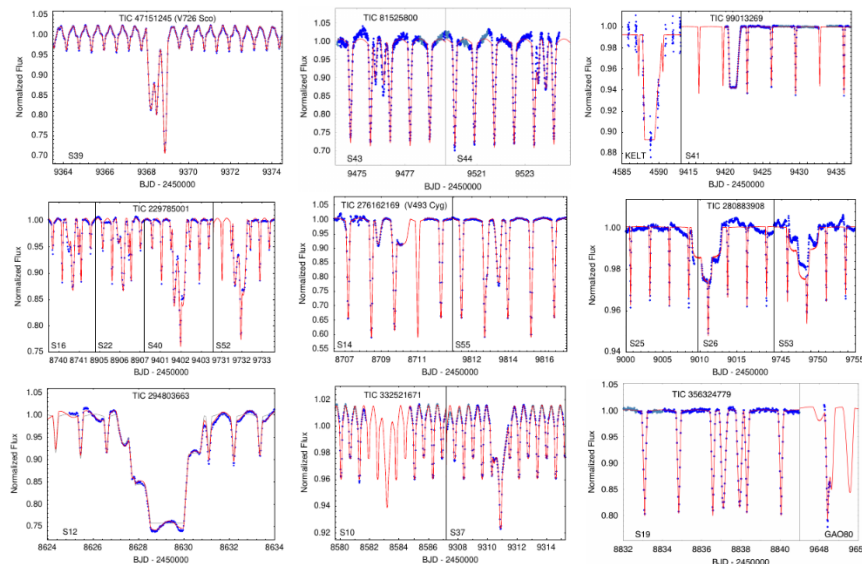
Balra: A Sgr A East szupernóva-maradvány rádiótartományban (6 cm hullámhosszon) felvett képe (Zhao és mtsai, 2016). A vékony zöld ellipszisvonal jelzi a maradvány feltételezett határát, a magentaszínű plusz jel pedig a centrális fekete lyuk (Sgr A*) helyét. A fényes, a központi fekete lyukat körbevevő Sgr A West HII-régió tőlünk nézve a szupernóva-maradvány előterében látszik. A kompakt HII-régiókból álló G-0.02-0.07 komplexum (a bal oldalon) egy, 50 km/s sebességgel mozgó, feltehetően a Sgr A East SN-maradvánnyal kölcsönható molekulafelhőbe ágyazódik. **Jobbra:** Egy sűrű molekulafelhő közelében táguló szupernóva-robbanás hidrodinamikai modellje (alul a közeli molekulafelhő sűrűségkontúrjai, háttérben az Sgr A*-ra centrált csillagszél, középen a keretben a modellezett szupernóva-robbanás). Forrás: Ehlerová et al. 2022.

HÁRMAS ÉS NÉGYES CSILLAGRENDSZEREK ŪRTÁVCSŐVEK ARCHÍV ADATAIBAN

Az SZTE Bajai Obszervatórium és az ELKH-SZTE Sztelláris Asztrofizikai Kutatócsoport munkatársai Dr. Borkovits Tamás vezetésével, amerikai kutatókkal együttműködésben a TESS ūrtávcső adatsoraiban keres szisztematikusan különleges, többszörös fedésű, szoros hármás- és négyescsillagokat.

Ezek a különleges csillagrendszerek kis számukon messze túlmutató jelentőségűek, és közelebb visznek bennünket a csillagkeletkezés alapvető folyamatainak megértéséhez. A csillagok nagy része ugyanis nem magányosan keletkezik. Minél nagyobb tömegű (és így forróbb) egy csillag, annál nagyobb valószínűséggel van legalább egy, de inkább több csillagkísérője. Ráadásul, ha ezen csillagrendszerek komponensei a Földről nézve időről időre elfedik egymást, fontos vizsgálati lehetőséget adnak a csillagászok kezébe: fénygörbéik precíz modellezése hozzájárulhat a csillagok asztrofizikai, illetve keringési pályaparamétereinek rendkívüli pontosságú (akár néhány tizedszázaléknyi relatív hibájú) megismeréséhez. A Borkovits Tamás által egy évtized alatt kifejlesztett összetett, spektrofotodinamikai illesztő eljárás segítségével a fénygörbéknek, a fedési minimumidőpontok változásainak, a radiálissebesség-görbéknek és a csillagok összegzett spektrális energiaeloszlásának egyidejű vizsgálatával nemcsak a csillagok pontos tömegét, hőmérsékletét, valószínű korát és fémtartalmát, valamint a pályák paramétereit, de azok egymáshoz viszonyított térbeli helyzetét is nagy pontossággal meg lehet határozni. [A csoport egyik kiemelt, idei eredményeként](#) kilenc, újonnan felfedezett hármásrendszerről számolt be rangos folyóiratcikkekben, köztük az első, dinamikailag különösen izgalmas, retrográd keringésű szoros hármásról.

Szintén 2023-ban jelent meg egy, a munkacsoport két fiatal kutatója, Czavalinga Donát és Dr. Mitnyan Tibor által vezetett kutatási program eredménye, amelynek során kollégáink a Gaia ūrtávcső DR3 adatkibocsátását átfésülve kerestek (és találtak) kompakt hármás csillagrendszereket.

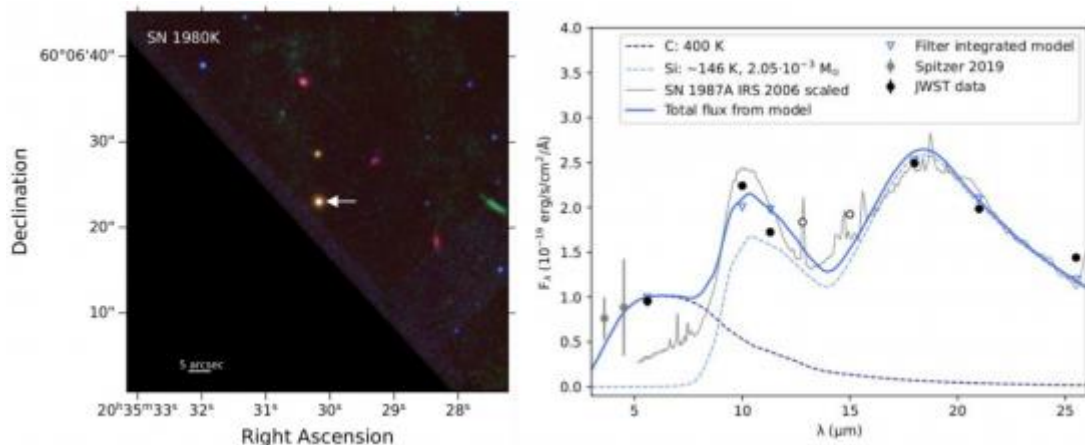


A vizsgált kilenc többszörös fedésű hármascsillag-rendszer TESS ūrtávcső által megfigyelt fényességváltozásainak extra, harmadiktest-fedést is tartalmazó részletei. (Fotó forrása és további információ: csillagaszat.hu)

A JAMES WEBB-ŰRTÁVCSÓVEL A SZUPERNOVÁK KÖRÜLI PORKÉPZŐDÉS NYOMÁBAN

A szupernóva-robbanások és az ezekhez köthető porképződés infravörös tartományban való vizsgálata hatalmas lendületet kapott a James Webb-űrtávcső (JWST) tudományos működésének 2022 júliusi indulásával. A szegedi asztrofizikusok szakértelmének komoly elismerése, hogy [Szegedről közvetlenül részt vehetnek több, ezzel az eszközzel megvalósított kutatásban](#). A porképződés témában eddig publikált eredmények a Dr. Szalai Tamás társvezetésével futó JWST GO 2666 számú programhoz kötődnek, amelynek keretében öt, hidrogénben gazdag vörös szuperóriás csillagként felrobbant objektumot (ún. II-P szupernóvát) vizsgáltak a JWST közép-infravörös képalkotó detektorának (MIRI) segítségével annak kiderítése céljából, hogy ezek az objektumok (az elméleti jóslatok, ill. néhány korábbi megfigyelési adatsor alapján) valóban jelentős forrásoknak számítanak-e a kozmikus porsemcsék keletkezése terén. Eddig publikált eredményeink (SN 2004et és 2017eaw, Shahbandeh et al. 2023), valamint a nemrég beérkezett további mérési adatok alátámasztani látszanak ezt a képet.

Az SN 2004et Webb-képein ráadásul szerencsés módon egy másik, régebbi csillagrobbanás (SN 1980K) nyomait is detektálták, ráadásul egy meglehetősen érdekes spektrális energiaeloszlású esetre sikerült bukkanniuk. Az objektum Webb-adatainak a 10 m-es Keck-távcső színeképével kiegészített, Zsíros Szanna doktorjelölt vezetésével készített elemzés a rangos MNRAS folyóiratban került elfogadásra.



Balra: Az SN 1980K a JWST MIRI detektorának felvételeiből összeállított, hamisszines képen. **Jobbra:** Az SN 1980K jelű szupernóva JWST MIRI-adatpontjaira legjobban illeszkedő pormodell az objektumról készült 2019-es Spitzer-mérésekkel és – összehasonlításként – az SN 1987A skálázott Spitzer IRS-spektrumával kiegészítve (Zsíros és mtsai, 2023).

DOKTORJELÖLT ASZTROFIZIKUSUNK A TUDOMÁNY NEMZETKÖZI SZÍNPADÁN

Zsíros Szanna az elmúlt hónapokban több nemzetközi konferencián is beszámolhatott az SN 1980K szupernóva vizsgálatából származó eredményekről. Ezek közül kiemelkedik a szeptember elején Baltimore-ban (Egyesült Államok) rendezett "The First Year of JWST Science Conference", ahol munkatársunk az online előadás mellett az űrtávcső szakmai irányítását ellátó Space Telescope Science Institute [felvezető reklámvideójában](#) is szerepelhetett.



(Forrás: A Space Telescope Science Institute Facebook-oldala)

Gravitációs kutatások

A Fizikai Intézetben belül a gravitáció korszerű elméleteivel és ezek asztrofizikai és kozmológiai alkalmazásaival kapcsolatos kutatásokat a Gergely Árpád László egyetemi tanár által vezetett csoport folytat. A csoport közelmúltbeli kutatásai változatos témákat érintettek, az elméleti és matematikai vonatkozásoktól, a kvantumgravitációs jelenségek vizsgálatán át, a gravitációs hullámok és forrásaik tanulmányozásán keresztül, a kvazárok által kibocsátott nyalábok rádiócsillagászati elemzéséig.

HENGERSZIMMETRIKUS TÉRIDŐK

A kiterjedt források által létrehozott téridők közül a legegyszerűbbek a gömbszimmetriával rendelkezők. A következő legegyszerűbb eset a hengersizmetria, amely alkalmas mind a kozmikus húrok, mind a galaxisok közötti, százmillió fényévnyi hosszúságú sötét anyagból álló kozmikus szálszerű képződmények modellezésére. Az Aktív Galaxismagok központjából kilövellő nagyenergiájú nyalábok két sikeres modellezése közül az egyik szintén hengersizmetriát tesz fel (a másik kúpszerű nyalábot). A kialakulóban lévő protocsillagok által kilövellő óriás gázsugarak szintén közelíthetők hengersizmetriával. A hengersizmetrikus téridők megértése megkönnyíti a bonyolultabb tengelyszimmetrikus téridők vizsgálatát is, ilyeneket hoz létre az összes forgó égitest.

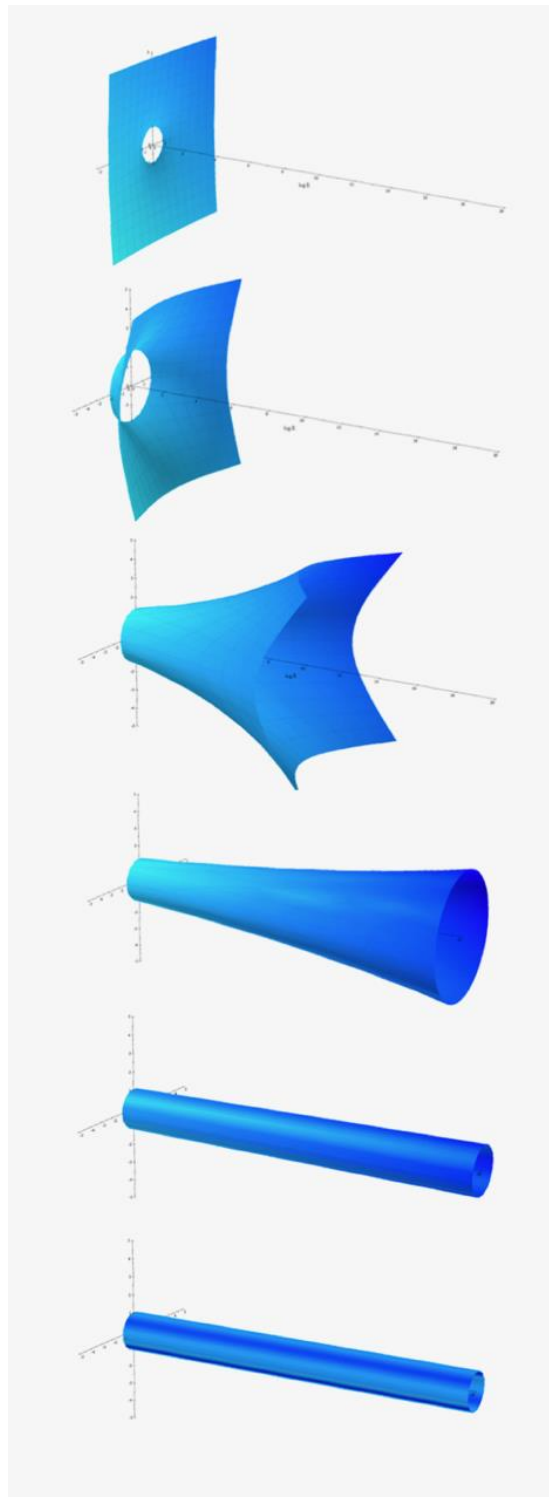
A hengersizmetrikus téridők matematikai és fizikai aspektusainak tárgyalását a vákuum esettel érdemes kezdeni. A gömbszimmetrikus vákuumtól eltérően, a hengersizmetrikus vákuumra nem vonatkozik unicitástétel. Az általános relativitáselmélet Einstein—Rosen típusú hengersizmetrikus vákuummegoldásai között találunk álló- és haladó hullámot, ezeket több, mint 100 éve fedezték fel. Később szoliton- és impulzív hullámmegoldásokat is azonosítottak az osztályon belül. A gravitáció ún. midiszuperteres kanonikus kvantálására szintén a hengersizmetrikus gravitációs hullámok szolgáltatták az első példát, Kuchař munkásságán keresztül. Az Einstein—Rosen hullámok sztatikus határesetre a hengersizmetrikus Levi—Civita téridő, mely szintén sztatikus.

A sokat vizsgált Levi—Civita téridő bizonyos aspektusaival kapcsolatban azonban nyitott kérdések álltak fenn. Így például, meglehetősen zavarba ejtő módon a benne szereplő, eredetileg tömegsűrűségként értelmezett paraméter négy különböző értékére is sík (azaz gravitációmentes) téridőt kapunk.

[Gergely Árpád László és PhD-hallgatója, Racskó Bence tisztázták a Levi—Civita téridő geometriai és fizikai aspektusait.](#) Bevezették a szimmetriatengelyt jellemző Komar-féle tömegsűrűséget, majd ezt használták új metrikus paraméterként, ezzel részben megtörve a korábbi paraméterben látszó négyszeres degenerációt. A sík határeset még mindig két esetben áll elő, a Komar-tömegsűrűség nulla és végtelen értékeinél. Megmutatták azt is, hogy kis értékeinél a Komar-tömegsűrűség a végtelen szál (húr) tömegsűrűségként értelmezhető.

Vizsgálták a szál által keltett newtoni gravitációt. Mind az várható volt, együtt növekedett a Komar-tömegsűrűséggel, illetve a száltól távol inverz (saját)távolság függést mutatott. Az einsteini gravitáció (a szomszédos geodetikusok közötti árapályerő) viszont a szál Komar-tömegsűrűségének növekedésével eleinte együtt növekedett, azonban elért egy maximumot és utána csökkenni kezdett. A Komar-tömegsűrűség végtelen értékénél pedig nullába tartott. Hogyan lehet nulla az einsteini értelemben vett gravitáció, miközben a newtoni nem az? A válasz abban rejlik, hogy a newtoni gravitáció az ekvivalencia-elv értelmében kompenzálható megfelelő gyorsulással, de csak lokálisan. Globálisan csak akkor, ha a newtoni gravitáció homogén. Belátták, hogy a Komar-tömegsűrűség növekedtével a newtoni gravitációs erővonalak egyre közelednek a párhuzamossághoz, így az einsteini gravitáció maximumát meghaladva a Komar-tömegsűrűség elsősorban gyorsulást okoz. Végtelen értékénél a Levi—Civita téridő Rindler-téridővé válik (sík téridő gyorsuló koordinátarendszerben).

Gravitációs kutatások



A hengersizmetrikus téridő tengelyére merőleges metszeteken (kék felületek) a geometria görbült (ezt három dimenzióba ágyazva szemlélteti az ábra). A szimetriatengelyt jellemző Komar-tömegsűrűség növelésével (fentről lefelé haladva az ábrán) eleinte együtt növekszik a görbület is, einsteini értelemben vett gravitációt (árapályerőt) generálva. További növelésével azonban a metszet hengyszerűvé torzul, eltűnik abelső görbülete, azaz az einsteini gravitáció is. [Racskó és Gergely \(2023\)](#)

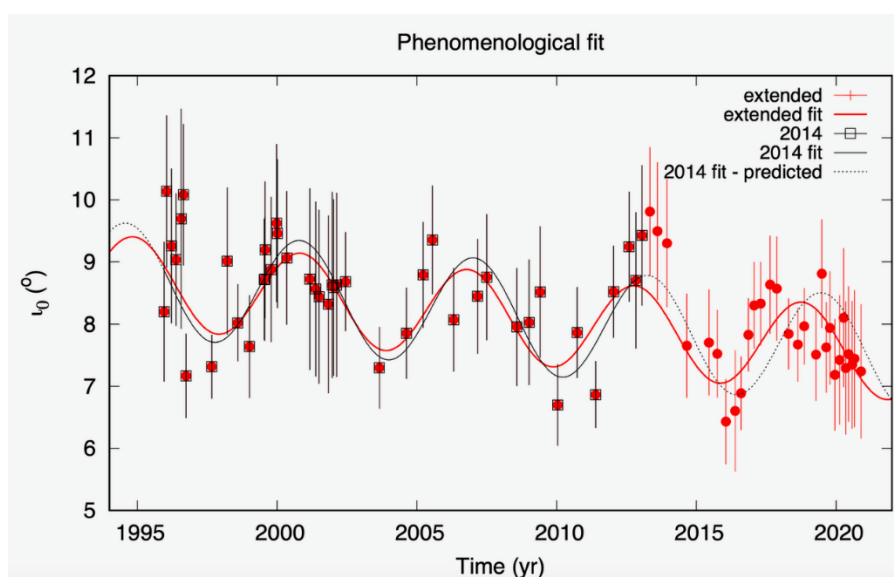
Gravitációs kutatások

A gravitáció által okozott téridő-görbületet szokás azzal szemléltetni, ahogy a gumilepedőre helyezett nehéz labda besüllyed a lepedőbe, tölcsérszerű görbületet okozva. A Levi—Civita téridő Komar-tömegsűrűségének hatását ugyanígy lehet elképzelni. Növekedtével a tölcsér egyre mélyül, végül hengerré válik. A hengerfelületen a háromszög szögeinek összege továbbra is 180 fok, így az nem görbült, eltűnik az Einsteini gravitáció, csupán a gyorsulásként is értelmezhető homogén newtoni gravitáció marad. Ezt a munkát Gergely Árpád László előadás formájában mutatta be 2023 szeptemberében a Corfu-i Summer Institute szervezésében rendezett Tensions in Cosmology Workshop-on.

KVAZÁROK NAGYENERGIÁS NYALÁBJAINAK RÁDIÓCSILLAGÁSZATI ELEMZÉSE

Bochum-i, Bonn-i és budapesti rádiócsillagászokkal együttműködésben Gergely Árpád László [az S5 1928+738 nevű kvazár nagyenergiás nyalábján 25 év alatt végzett megfigyeléseket elemezte](#). Az 1995 és 2020 közötti megfigyelések a Very Long Baseline Array (VLBA) rádióteleszkóp-rendszer segítségével készültek. A nyalábokban energetikus lokalizált komponenseket lehet megfigyelni, ezek időben elmozdulnak. Ezt a mozgást egy periodikus és egy lineáris járulék összegére lehetett bontani. A megfigyelés arra utal, hogy a nyaláb alapjánál lévő fekete lyuk kettős rendszer egyik tagja. A periodikus komponens a kettős rendszer kepleri keringésének eredménye. A lineáris rész pedig az ún. spin-pálya precesszió által generált képzeletbeli kúpon való kis elmozdulásból származik (0,04 fok évente). Ezzel kétséget kizáróan kimutatták a nyaláb tövénél található fekete lyuk spinjének jelenlétét. Világszinten első ízben sikerült egy fekete lyuk spinjének kimutatása a fekete lyuk nyalábjának rádiócsillagászati módszerekkel történt elemzéséből.

Az adatelemző munka oroszánrészét a szegedi gravitációs csoport korábbi munkatársa, jelenleg Bochum-ban Humboldt-ösztöndíjas Kun Emma végezte. A lineáris növekmény spin-pálya kölcsönhatással való magyarázata Gergely Árpád László felvetése alapján történt. Az elemzés egyik fontos folyamánya szerint a kettős rendszer gravitációs hullámokat bocsát ki, ezek frekvenciája 10^{-8} Hz nagyságrendű, így elvben kimutatható a már működő pulzárjelek hálózatát elemző rendszerekkel.



A nyaláb irányának időfüggése az évek során egy szinuszos és egy monoton csökkenő trend szuperpozíciójára bontható. Utóbbi a nyaláb forrásául szolgáló fekete lyuk spinjére utal. [Kun et al \(2023\)](#)

Gravitációs kutatások

GRAVITÁCIÓS HULLÁMOK KERESÉSE

Gergely Árpád László a LIGO Tudományos Kollaboráció szerzői jogú tagja, több lelkes hallgatója pedig szintén szerepet vállal az adatelemző munkában. A LIGO Tudományos Kollaboráció, a Virgo és KAGRA kollaborációkkal társulva eddig 90 esetben mutatott ki gravitációs hullámot. Az összes esetben összeolvadó fekete lyukak vagy neutroncsillagok voltak a gravitációs hullámok forrásai. Az eddigi detektálásokat a harmadik LIGO-Virgo-KAGRA gravitációshullám-tranziens katalógus (GWTC-3) tartalmazza.

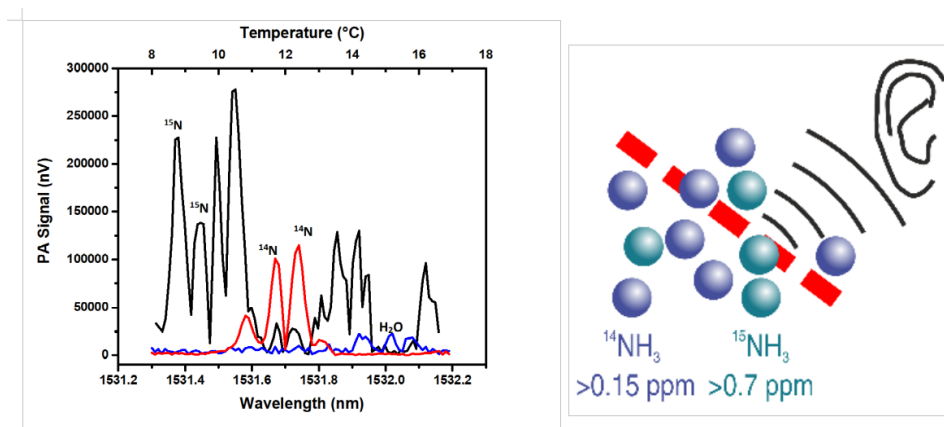
A LIGO Tudományos Kollaboráció elmúlt évben publikált munkái közül egy kozmológiai vonatkozásokkal is rendelkező munkáról teszünk említést. [A GWTC-3 katalógus 47 darab gravitációs hullámának elemzéséből a kollaboráció megbecsülte a kozmikus tágulás jelenlegi ütemét meghatározó \$H_0\$ paramétert.](#) A gravitációs hullámok megfigyelése lehetővé teszi a forrás ún. luminozitás-távolságának meghatározását. A H_0 becsléséhez szükséges másik adat, a vöröseltolódás egyrészt a gazdagalaxis azonosítása segítségével, másrészt az ún. vöröseltolódott tömegek módszerével történik. A galaxiskatalógus készítésében Dálya Gergely vezetésével az ELTE kutatóinak volt nagy szerepe. A második módszer pedig azt teszi fel, hogy a fekete lyukak tömegeloszlása nem változik számottevően a vöröseltolódással. Az elemzés a korábbi, hasonló elven működő becsléseknél megbízhatóbban adja meg a Hubble-paraméter értékét.

Ez azonban sajnos nem oldja fel a jelenkori kozmológia egyik legnagyobb problémáját, a H_0 értékének kétféle meghatározásából származó feszültséget. A közeli struktúrák (a késő univerzum) vizsgálata több módszerrel is 68 m/s/Mpc körüli értéket ad, míg a távoli struktúrákon (korai univerzumon, lényegében az anyagról igen régen lecsatolódott kozmikus mikrohullámú háttérsugárzáson) végzett megfigyelések rendre 73 km/s/Mpc körüli értékhez vezetnek, úgy, hogy a hibatarományok nem fednek át. A gravitációs hullámok megfigyelésén alapuló módszer, amely szintén (kozmológiai értelemben) közeli struktúrákat elemez, nem meglepő módon szintén a 68 km/s/Mpc értéket adta, azonban ennek a módszernek még jelentős (-8 km/s/Mpc, +6 km/s/Mpc) intervallumba eső hibája van, így mindkét típusú megfigyeléssel konzisztens.

Gázok és aeroszolok fotoakusztikus elvű detektálása

AMMÓNIAMÉRÉS FIZIKUS MÓDRA

Az Amerikai Kémikusok Egyesülete (ACS) rangos folyóiratában, az *Analytical Chemistry* című lapban jelent meg nemrég [a 14-es és 15-ös ammónia stabil izotópok gázfázisú, szelektív, gyors és automatizált mérésére kidolgozott fotoakusztikus módszer leírása](#). A Fotoakusztikai Kutatócsoport munkatársai dolgozták ki elsőként az ammóniaizotópok mérésére szolgáló közeli infravörös tartományban működő rendszert. A módszer hasznos eszköz lehet a nyomjelzéses és forrásazonosítási eljárások alkalmazása során, elsősorban ott, ahol a hagyományos műszerek hátrányban vannak, pl. a magas költség, a bonyolult mintavétel, vagy a hosszadalmas eljárás miatt. A kutatócsoport munkatársai folyamatosan törekednek a fotoakusztikus mérési módszerek fejlesztésére és minél szélesebb területen való alkalmazására. Az újonnan kifejlesztett műszerük kiválóan használható az ammónia elektrokatalitikus szintézisének kutatása során. A nagy energiaigényű Haber-Bosch eljárást kiváltó technológia kidolgozása még kutatási fázisban van, többek között az SZTE Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszéken is foglalkoznak ezzel a problémával. Ebben a kezdeti kutatási stádiumban az ammónia hozama még csekély, és a termelődött anyagot a kimutatás során hagyományos módszerekkel nem lehet elkülöníteni a környezeti szennyezésektől (emberi lélegzet, labor-levegő stb.). Ha jelzett nitrogénből indulunk ki, ez a probléma kiküszöbölhető. Az eljárás egyébként a környezet-megfigyelés számos területen alkalmazható, az ammóniaszennyezés forrásának azonosításától kezdve a talaj biológiai-kémiai folyamatainak tanulmányozásáig.



Ammónia izotópok fotoakusztikus detektálása

FOTOAKUSZTIKUS MÉRŐMŰSZERREL VIZSGÁLJÁK A MEZŐGAZDASÁGI KÖRNYEZETSZENNYEZÉST

A Fizikai Intézet Fotoakusztikai Kutatócsoportja által használt és fejlesztett módszereket már régóta alkalmazzák levegő- és földgázszennyezettség kimutatására - mostantól a műtrágyahasználat által okozott környezeti nitrogénterhelés is vizsgálhatóvá válik. A kapcsolódó projektet Dr. Horváth László [ismertette](#). Elmondta, hogy a kutatási téma választását az indokolja, hogy az egyik legveszélyesebb környezetszennyező anyag az ammónia, ami sokféle káros környezeti hatással rendelkezik, például csökkenti a biodiverzitást, káros az emberi egészségre, a talajok állapotára, elősegíti az eutrofizációt, stb.

Évente 200 millió tonna inert nitrogént szintetizálnak ammóniává, amiből azután műtrágyát gyártanak, melynek legalább a fele veszteségként, szennyezésként a környezetbe kerül, a talajvízbe, az állóvizekbe, a levegőbe, mindenféle földi közegbe. A másik fele is, ami műtrágyaként hasznosul, előbb-utóbb a környezetbe jut, részt vesz a nitrogénciklusban. Annak érdekében, hogy ezt a folyamatot mérsékeljük, illetve megállítsuk, a felhasználási technikákon kellene javítani, illetve tudni kell, hogy a különböző művelési technikák mellett mennyi műtrágya szabadul fel a légkörbe és mennyi tűnik el az egyéb közegekben. A Fotoakusztikai Kutatócsoport munkatársai fotoakusztikus módszerekkel kísérlik meg olyan koncentrációtartományban mérni az ammóniát, ami már jellemző a környezeti viszonyokra. Ha kifejlesztették a módszert, műtrágyázott szántóföldi területen mérik majd a talaj-növényzet-légkör rendszer közti ammónia-fluxust, azaz az ammónia áramot, tehát tulajdonképpen azt, hogy mennyi ammónia áramlik a légkörből a felszín felé vagy fordított esetben mennyi jön onnan ki.

A nitrogénszennyezés mérésére kifejlesztett, [további műszerekről és módszerekről](#) a kutatócsoport munkatársa, Dr. Gulyásné Szabó Anna nyilatkozott az M1 csatorna *Kék bolygó* című környezet- és klímavédelmi műsorának a [2023. november 6-i adásában](#).

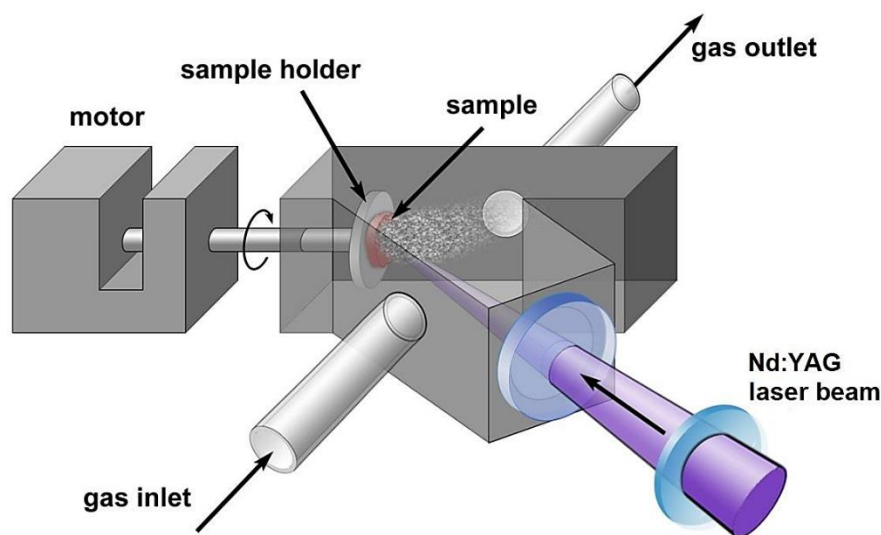


Fotoakusztikus mérés szarvasmarha-telepen. (Fotó: Fotoakusztikus Kutatócsoport)

Gázok és aeroszolok fotoakusztikus elvű detektálása

KOROM NANORÉSZECSKÉK GENERÁLÁSA LÉZERREL AZ SZTE FIZIKAI INTÉZETÉBEN

A dízelüzemű járművekből és a fűtési rendszerekből a légkörbe kerülő koromszennyezés alapos vizsgálatához szükséges, úttörő jellegű laboratóriumi fejlesztések is zajlanak az SZTE Fizikai Intézetében. A Lézeres Aeroszol Kutatások Laboratóriumának munkatársai Dr. Ajtai Tibor vezetésével új eljárást fejlesztettek ki a légköri korom aeroszolok kontrollált, laboratóriumi körülmények közötti előállítására. [Legújabb elemzésükben](#) bemutatták az eljárás legfontosabb tulajdonságait a koromgenerálásra legelterjedtebben alkalmazott további két módszerrel összehasonlítva. Eddigi munkájuk során igazolták, hogy az általuk fejlesztett, a monolitikus grafit lemez lézeres gerjesztésén alapuló generálási eljárással előállított korom nanorészecskék a frissen emittált dízel korom aeroszolok fizikai sajátosságait nagy pontossággal modellezik. Igazolták továbbá, hogy az eljárás újszerű lehetőséget teremt a háztartási szén és biomassa tüzelőanyagok kontrollált, laboratóriumi körülmények között történő modellezésére.



Lézeres koromgenerátor sematikus rajza

A FOTOAKUSZTIKÁT NÉPSZERŰSÍTETTÉK AZ ICTP TÉLI ISKOLÁJÁN TRIESZTBEN



PhD hallgatónk előadás közben. (Fotó: Fotoakusztikus Kutatócsoport)

A Fotoakusztikus Kutatócsoport meghívást kapott az International Centre for Theoretical Physics (ICTP) "Winter College on Optics: Terahertz Optics and Photonics" című rendezvényére, melyet Triesztben tartottak február 6. és 17. között. A kutatócsoporttól Prof. Dr. Bozóki Zoltán kutatócsoportvezető, Dr. Abdul Rahman posztdoktor, Gombi Csilla, frissen végzett fizikus és Fekete János PhD-hallgató vett részt a szakmai programon, akik [a tapasztalataikról meséltek](#). Elmondták, hogy emellett, hogy előadást tartottak gyakorlati foglalkozásokat is vezettek, amelyen bemutatták a kutatócsoport által fejlesztett, fotoakusztikus elven működő aeroszol- és vízgőzmérő rendszereket. Mindannyian fontosnak tartották kiemelni, hogy a rendezvény remek lehetőséget jelentett a más országokban dolgozó kutatókkal való kapcsolatok kialakítására, illetve a meglévő ismeretségek ápolására.

Lézeres anyagmegmunkálás és additív gyártás

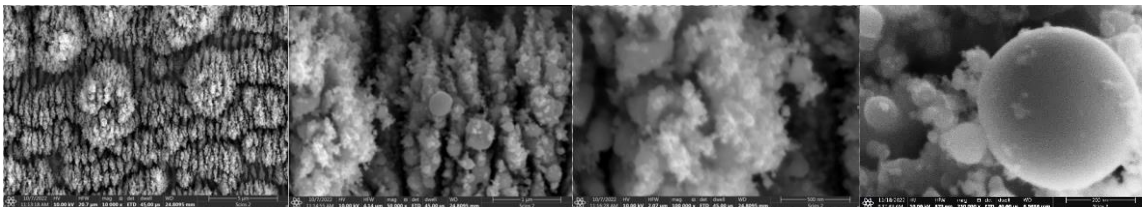
FEKETÍTETT FÉMFELÜLETEK KIALAKÍTÁSA LÉZERES BESUGÁRZÁSSAL

A fémfelületek lézeres megmunkálása évtizedek óta jól ismert és egyre népszerűbb technika különböző alkalmazásokban, beleértve a felületmódosítást és az anyageltávolítást. A lézeres megmunkálás egyik legfontosabb eredménye a megvilágított fémfelület optikai tulajdonságainak megváltozása, a felületi reflexió drasztikus csökkenése, amelyet speciális nanostruktúra kialakításával valósítanak meg. A Fény-anyag Kölcsönhatási Kutatócsoport és az ELI-ALPS lézeres kutatóintézet munkatársai által folytatott kutatás célja az volt, hogy olyan feketített felületeket állítsanak elő rézlapokon, amelyek alkalmasak lehetnek nagyintenzitású lézerek nyalábjának blokkolására annak érdekében, hogy minimalizálják a fényvisszaverődést és szóródást a nem kívánt irányokba a környező berendezések, illetve a kezelő/kutató személyzet sérülésének elkerülése érdekében. Ennek megfelelően a kutatók rézmintákat sugároztak be különböző kísérleti paraméterek alkalmazásával. Kimutatták, hogy a megvilágított területek reflexióképessége 5 % alá csökkent és szuperhidrofóbbá vált a kezelés hatására.



Folyadékcsepp egy lézeres besugárzással feketített rézfelületen

Pasztázó elektronmikroszkópos képeken látható, hogy ezért a felületen kialakuló mikrométeres és nanométeres mintázat, nanorészecskék megfelelő kombinációja a felelős.



Réz felszínén kialakuló mikro- és nanostruktúra lézeres besugárzás után

Megvizsgálták a módosított felszíni réteg ellenállóképességét hő-, kémiai és mechanikai hatásokkal szemben. Az eredmények igazolták, hogy a feketített felület alkalmas lehet lézernyaláb-blokkolási feladatokra.

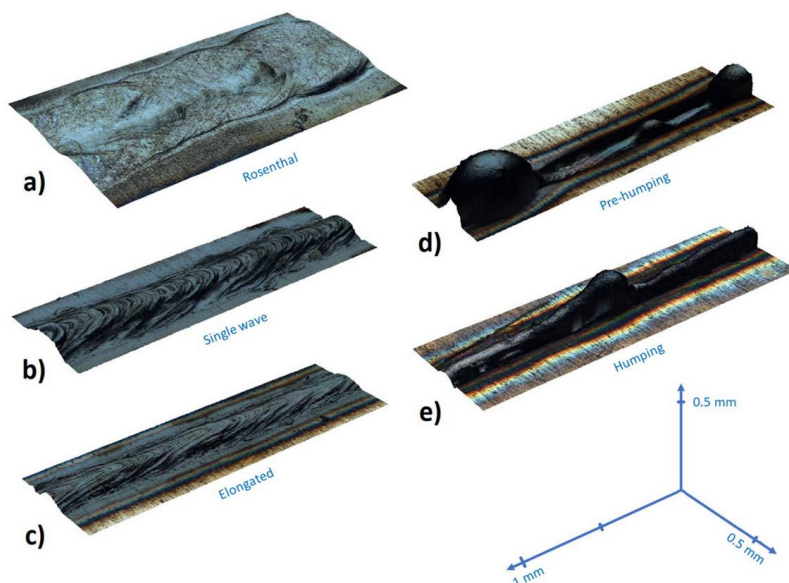
Lézeres anyagmegmunkálás és additív gyártás

A LÉZER MINT SZERSZÁM

ANYAGMEGMUNKÁLÁS NAGY ÁTLAGTELJESÍTMÉNYŰ SZÁLLÉZEREKSEL

Napjaink modern gyártástechnológiájának immár elengedhetetlen részét képezik a nagyteljesítményű lézerek, amelyeket a hagyományos szerszámokat kiváltva alkalmaznak vágásra, hegesztésre, fúrásra, vagy jelölésre, hogy csak a legelterjedtebbeket említsük. Mindamellett, hogy praktikusan az első lézer megalkotása óta foglalkoztatja a mérnököket és kutatókat a lézerek anyagmegmunkálási célú alkalmazása, a közelmúltban tapasztalható igazi áttörés az ún. szállézereknek köszönhető. E lézertípusban a lézerműködés tisztán – speciális – optikai szálakban jön létre, ami rendkívül kompakt kialakítást és megbízható működést tesz lehetővé akár ipari körülmények között és több tíz kW átlagteljesítmény esetén is.

A NaMiLab csoport *Nagyteljesítményű lézeres anyagmegmunkáló laboratóriumában* több kW-osztályú szállézerrel folytatnak alkalmazott kutatásokat és ipar-orientált fejlesztéseket a lézeres anyagmegmunkálás olyan területein, mint például a hegesztés, forrasztás, vágás, vagy fúrás. [Legfrissebb tanulmányukban](#) az elektromobilitás különböző területein alkalmazott akkumulátorcsomagok, az ún. akkupakkok celláinak lézeres hegesztéséhez kapcsolódó eredményeiket mutatták be. Figyelembe véve, hogy ezen alkalmazás esetén a létrejövő kötések mechanikai szilárdsága mellett a minél jobb elektromos vezetőképesség biztosítása is kiemelt jelentőséggel bír, elengedhetetlen a lézerral kialakított hegesztési varratok megfelelő ismerete. Munkájuk során öt különböző varratmorfológiát különböztettek meg, amelyek az alkalmazott lézer-teljesítmény vs. hegesztési sebesség paraméterterben jól lokalizált területeken keletkeznek. Megmutatták, hogy mindegyik morfológiai varrat típus eltérő mechanikai és elektromos tulajdonságokkal jellemezhető, amelyek nem csak nagyságban, de az értékek változékonyságában (szórásában) is eltérnek egymástól. Kijelölték az akkumulátor-hegesztés esetén optimális morfológiát (ez az ún. single wave varrat), ami a legalacsonyabb elektromos ellenállással és legmagasabb mechanikai szilárdsággal és ezen értékek legkisebb szórásával rendelkezik. Eredményeik praktikus jelentőségét növeli, hogy a varrat típusok markánsan eltérő domborzati megjelenése lehetőséget biztosít a kialakított kötések tulajdonságainak gyors és egyszerű megbecslésére (pl. egy a gyártósoron végzett kamerás ellenőrzéssel), pusztán a varratok morfológiája alapján.



A lézerhegesztett lemezpárokon feltárt öt varratmorfológia optikai 3D mikroszkóppal készített képe. Az akkuhegesztés szempontjából optimális elektromos és mechanikai viselkedést mutató single wave varrat a b) képen látható.

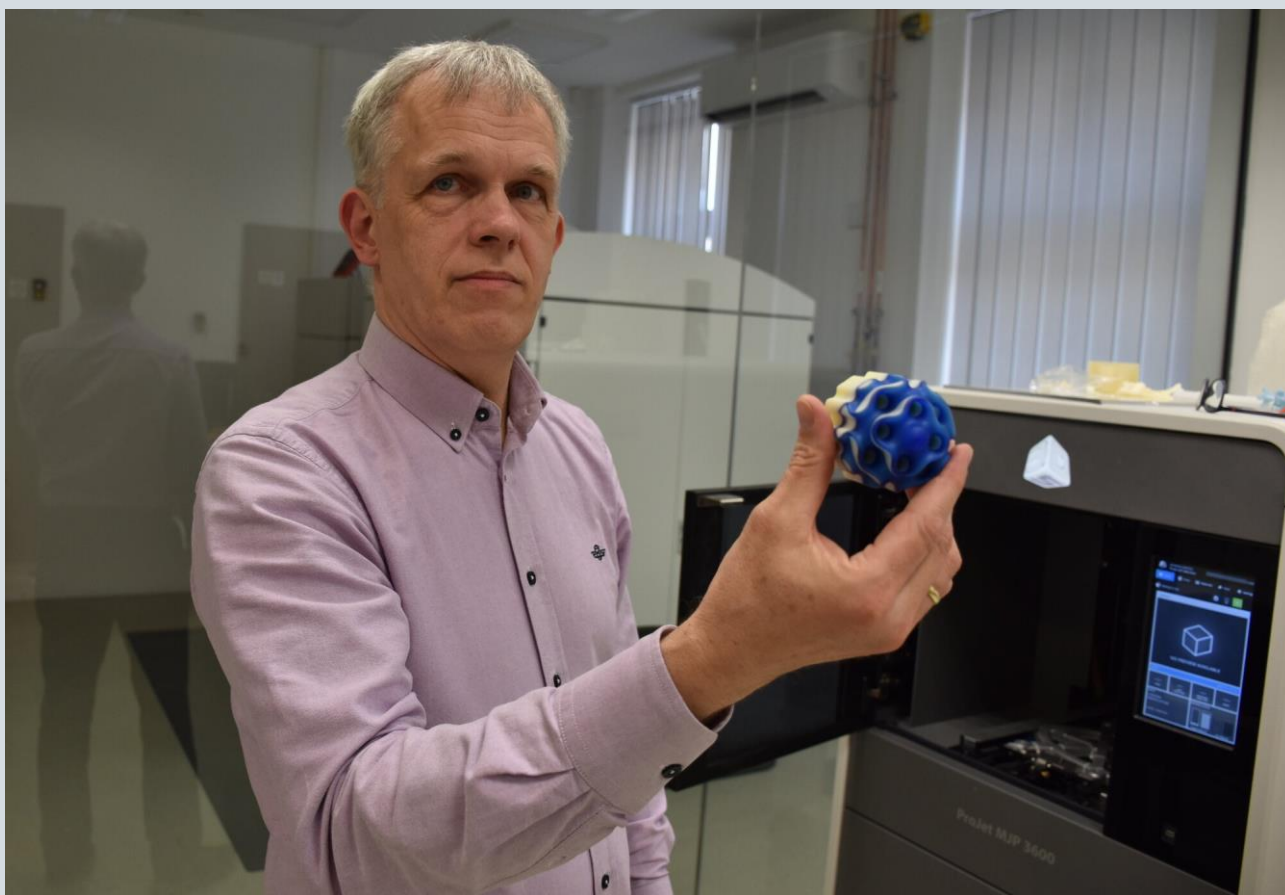
ADDITÍV FORRADALOM: 3D NYOMTATÁS A TUDOMÁNY ÉS A GYÓGYÍTÁS SZOLGÁLATÁBAN

Dr. Geretovszky Zsolt, az SZTE Fizikai Intézet Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékének egyetemi docense, az SZTE IKIKK 3D Központ szakmai vezetője 2023. március 1-jén tartott [előadást](#) az SZTE Szabadegyetemen az additív gyártásról, vagy ismertebb nevén a 3D nyomtatásról. Előadásában bemutatta, hogy *milyen folyamatokon alapul az additív gyártás 7 technológiája, ezt követően pedig saját és nemzetközi példákon keresztül világított rá, hogy az additív gyártás unikalitása hogyan teszi lehetővé tudományos, illetve egészségügyi kihívások megoldását.*

”

Jóllehet ma már szinte mindenki találkozhatott a 3D nyomtatással, a technológia fejlesztése több mint 4 évtizedes múltra tekint vissza. Alapötlete - testek additív úton történő létrehozása - szemtelenül egyszerű, mégis forradalmian újszerű és a klasszikus gyártástechnológiák számára elképzelhetetlen testek és viselkedések kialakítását teszi lehetővé. A technológiai megoldások fejlesztése révén ma már nem az az elsődleges kérdés, hogy létre tudunk-e hozni egy testet additív úton, hanem sokkal inkább az, hogy a technológia nyújtotta előnyöket milyen célok érdekében akarjuk és érdemes latba vetni. A tudomány és orvoslás pedig mindenképpen olyan területek, ahol mindig van igény az újszerű megoldásokra.

”

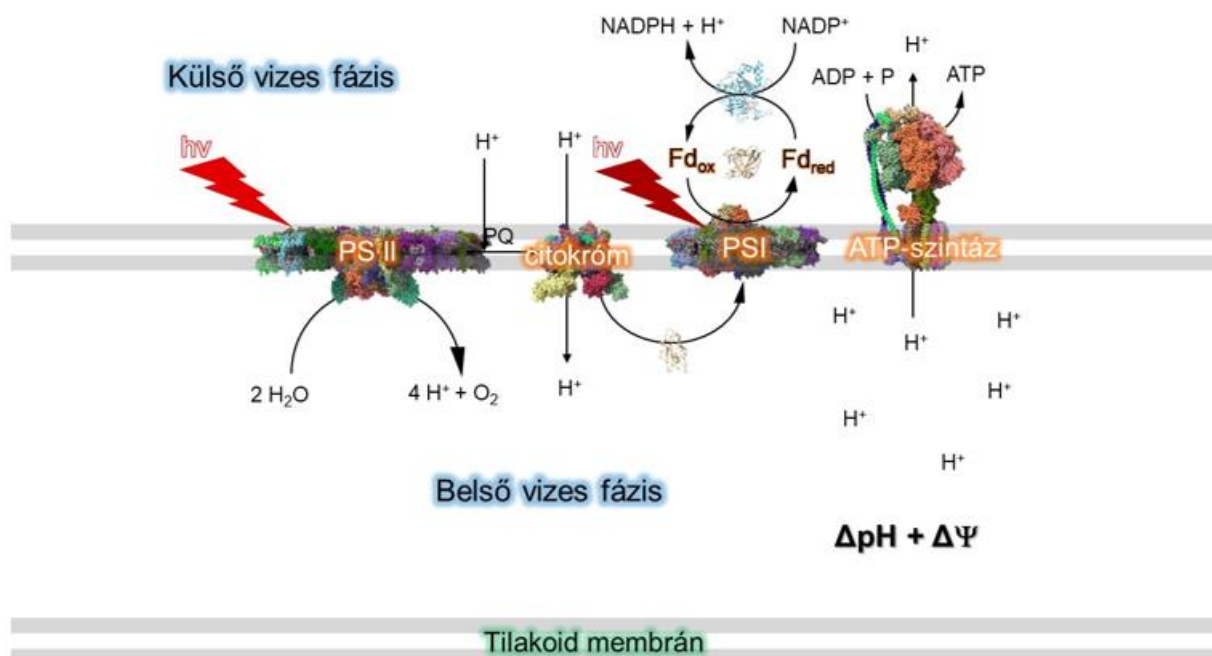


Dr. Geretovszky Zsolt. (Fotó: Kamarai Futár)

A FOTOSZINTÉZIS FIZIKÁJA: ROYAL SOCIETY PUBLIKÁCIÓ LETT AZ SZBK–SZTE–ELI ALPS KÖZÖS KUTATÁS EREDMÉNYE

A fotoszintézis második fotokémiai rendszerét méltán tekintik az élet motorjának. Ez a magasan szervezett fehérjekomplex (PSII) – a vízbontás révén – elektronokat szolgáltat a CO₂ cukrokká alakításához, és így tápanyaggal látja el lényegében a bioszféra egészét, miközben megteremtette és fenntartja bolygónk oxigéndús atmoszféráját. Az SZBK, az SZTE és az ELI-ALPS kutatói, nemzetközi partnerekkel együttműködve a földi élet számára alapvető jelentőségű folyamatokon végzett közös kutatási eredményeikről [számoltak be](#) a Royal Society (UK) *Open Biology* folyóiratában. A kutatások a PSII szerkezetében és működésében olyan tulajdonságokat tártak föl, amelyek a bakteriális őseikben is megtalálhatóak, és amelyek a fényenergia átalakítás ultragyors lépéseiben meghatározó szerepet játszanak: nagyon erős és gyorsan változó elektromos terek képződnek, amelyeket soktényezős dielektromos relaxációs folyamatok kísérnek. Eközben a reakciócentrumok szerkezeti „memóriájuk” révén képesek a változó környezeti körülményekhez igazítani a működésüket.

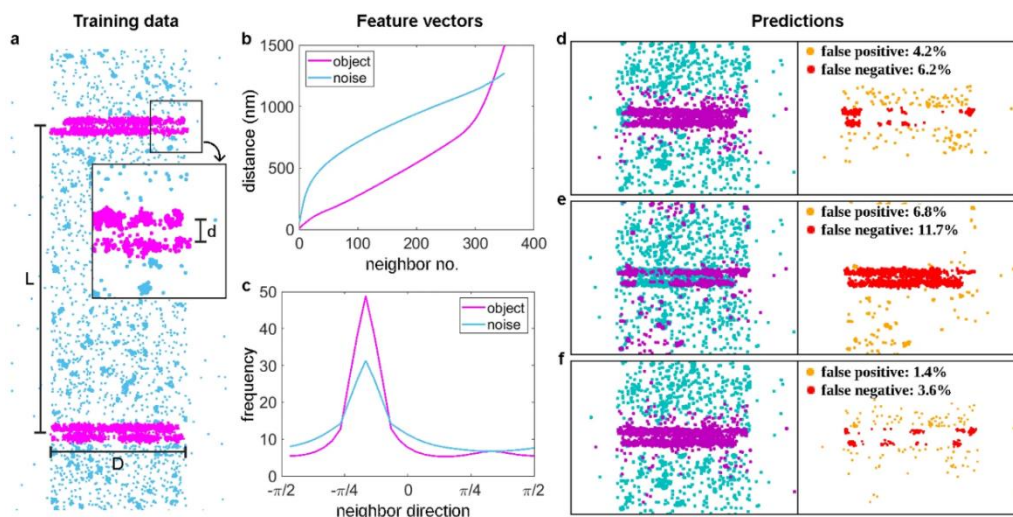
A pontos fizikai mechanizmusok föltárását és az eredmények esetleges biotechnológiai kiaknázásának lehetőségét az SZTE-SZBK-ELI ALPS közös kutatások tervezett folytatása teheti lehetővé. Ennek során a modern biológia széles fegyvertárát kombinálva az ELI-ALPS világszínvonalú berendezéseinek, köztük az SZBK és az ELI-ALPS közösen létrehozott Femtobiológiai Munkaállomásának használatával, valamint a töltésszétválasztás folyamatait modulálni képes nagyenergiájú THz-es lézerimpulzusok alkalmazásával új távlatok nyílhatnak a fotoszintetikus reakciócentrumokban lejátszódó dinamikus folyamatok megértése előtt.



A fotoszintézis fényreakciójában résztvevő és ahhoz közvetlenül kapcsolódó fehérjekomplexek sematikus elhelyezkedése a zöld színtest ún. tilakoid membránjában az ahhoz kapcsolódó folyamatokkal. Nyilak jelölik a töltések (az elektron és a protonok) útját, a víz elbontásának, a NADPH és ATP szintézisének helyét a folyamathoz kapcsolódóan. Az ábra egyben a PSII igen komplex szerveződését is érzékelteti.

GÉPI TANULÁS ALKALMAZÁSA A SZUPERREZOLÚCIÓS MIKROSKÓPIÁBAN

Az SZTE Fizikai Intézet AdOptIm kutatócsoportjának munkatársai az SZBK kutatóival együtt vizsgálják a vázizmot felépítő szarkomerek molekuláris szintű felépítését az Intézetben megépített és működtetett ún. dSTORM szuperrezolúciós (azaz superfelbontású) optikai mikroszkóp segítségével. A dSTORM ideális eszköz ennek a biológiai rendszernek a vizsgálatára, mert a fluoreszcens módon jelölt fehérjemolekulák pozícióját <10 nm-es pontossággal képes meghatározni. Az elmúlt években közel negyven különböző fehérjefélének határozták meg a relatív pozícióját az izomrost alapegységének számító szarkomerben. A mérés és a kiértékelés is hosszadalmas munka volt, minden egyes felvételen manuálisan kellett az érdekes tartományokat kijelölni. Ezt a lépést [váltották most ki egy gépi tanuláson alapuló algoritmussal](#), így az egész kiértékelési folyamat automatikusan folyik, jóval gyorsabban, mint korábban. A tanuló algoritmus betanításhoz a saját fejlesztésű TestSTORM programot használták, amivel tetszőleges számú képet tudtak generálni. Mivel ekkor jól ismert a minta, tesztelni tudták az alkalmazott kódot. Összevetve a gépi tanulás és a korábbi manuális kiértékelés eredményeit azt találták, hogy a gépi tanulással tipikusan megbízhatóbb eredményt kaptak. A kutatócsoport tovább kívánja folytatni a tanuló algoritmusok alkalmazását a szuperrezolúciós mikroszkópiában, elsősorban az adatok kvantitatív kiértékelésére.



Az algoritmus betanítása és tesztelése

Áttekintő tanulmányok a fizika változatos területeiről

RANGOS ÁTFOGÓ TANULMÁNY AZ ELMÉLETI FIZIKAI TANSZÉK PROFESSZORÁTÓL

Fehér László, az Elméleti Fizikai Tanszék professzora több mint 50 oldalas, [a matematikai fizika területére eső publikációban](#) elemzi klasszikus mechanikai egzaktul megoldható rendszerek egy széles osztályának struktúráját. Ezek a rendszerek egy dimenzióban mozgó, belső szabadsági fokokkal is bíró kölcsönható pontrészcskéket írnak le. A megoldhatóságuk alapját érdekes szimmetriáik teszik lehetővé, melyeket a tanulmány matematikailag precíz módon elemez.

KVANTUMGRAVITÁCIÓ

A természet leírását jelenleg négy kölcsönhatás segítségével végezzük. Az elektromágneses és a két magerő (erős és gyenge) egyaránt kvantumozott természetű, azonban csak sík téridőn, vagyis gravitáció hiányában érvényesek. Ezzel szemben a gravitáció görbült téridőt jelent, azonban az ismert módszerekkel nem kvantálható. A természet egységes leírására való törekvés jegyében egy kvantumgravitációs elméletre lenne szükség. A gravitáció kvantálására irányuló törekvésekkel szemben, vagy azt kiegészítően Roger Penrose Nobel-díjas fizikus szerint a kvantumozott világ gravitálására lenne szükség.

Bármilyen is legyen ez a végső elmélet, ezt kellene alkalmazni az olyan jelenségek leírására, ahol mind a kvantumozott jelleg, mind a gravitáció erős. Tipikusan ilyen a jelenlegi megfigyeléseink számára elérhetetlen Planck-tartomány. Azonban vannak olyan elemzések is, melyek szerint nem csupán ilyen egzotikus tartományokban lesz megfigyelhető következménye a gravitáció és a kvantumozott leírás együttesének, például az egyébként igen kis hatások nagy távolságokon vagy hosszú idő alatt történő összegződésének következtében.

A kvantumgravitációs jelenségek modellezésére több elméletet is kidolgoztak, azonban érvényességükről csak a megfigyelések figyelembevételével dönthetünk. Ennek a kérdéskörnek a vizsgálatára alakult meg a Quantum Gravity in the Multimessenger Approach COST kollaboráció, mely a kvantumgravitáció elméletének és fenomenológiájának elemzése mellett a gamma-kitörések, nagyenergiás neutrínók és más kozmikus részecskék, valamint a gravitációs hullámok megfigyelésén keresztül is vizsgálja a kvantumgravitáció hatásait.

A kollaboráció hároméves működése folyamán felgyűlt tudásanyagot egy [monográfiában](#) összegezte. Ennek Gergely Árpád László társszerzője, illetve a feketelyuk-kettősöket és más kompakt objektumokat ismertető fejezet koordinátora volt. Ez a munka a rangos Progress in Nuclear and Particle Physics folyóiratban [jelent meg](#).

FUNDAMENTÁLIS FIZIKA A LISA DETEKTORRAL

A LISA egy három űrszondából álló rendszer lesz, mely a földi gravitációshullám-detektorokhoz hasonlóan (LIGO, Virgo, KAGRA) lézer-interferometrikus módszerrel kívánja a gravitációs hullámokat kimutatni. A három űrszonda egymástól igen nagy távolságra, földkövető pályán kering majd a Nap körül. A rendszer a 2030-as években kezd majd adatokat szolgáltatni. Nagy méretéből és nagy pályasugarából kifolyólag más típusú forrásokból érkező gravitációs hullámok megfigyelésére lesz alkalmas, mint a földi detektorok.

Áttekintő tanulmányok a fizika változatos területeiről

A LISA Kollaboráció a mérések elemzését és azok értelmezését készíti elő. Több munkacsoportra oszlik, ezek között van a Fundamentális fizika a LISA-val munkacsoport is, melynek legutóbbi konferenciáját 2023 augusztusában szervezték Koppenhágában, a Niels Bohr Intézetben. Gergely Árpád László tagja a munkacsoportnak és részt vett a konferencián, ahol hasznos szakmai kapcsolatokat épített ki. A munkacsoport egy részletes tanulmányt állított össze arra vonatkozóan, hogy miként lehet majd a LISA megfigyeléseivel az alapvető fizikai elméleteinket ellenőrizni. Ilyenek az általános relativitáselmélet, mint gravitációelmélet újabb megerősítése; annak megerősítése, hogy a forgó fekete lyukak Kerr-típusú fekete lyukak; a sötét anyag és sötét energia modellek tesztelése; és egy sereg egyéb technikai kérdés tisztázása. A tanulmány az igen rangos (40,4 impakt faktorú) *Living Reviews in Relativity* folyóiratban [jelent meg](#).

ÚRTÁVCSÖVEK A SZUPERNOVA-KUTATÁS SZOLGÁLATÁBAN

Vinkó József és Szalai Tamás intézeti asztrofizikus kollégáink, valamint az általuk vezetett NKFIH/OTKA kutatási pályázatokban szintén közreműködő Könyves-Tóth Réka (CSFK Csillagászati Intézet) [meghívott áttekintő cikket](#) írtak az űrtávcsövek szupernóva-kutatásban betöltött szerepéről a nyílt elérésű *Universe* folyóiratba. A szupernóváknak nevezett heves csillagrobbanások az utóbbi időben különösen nagy figyelmet kaptak mind a kutatóközösség, mind a nagyközönség körében. Az űrteleszkópok megjelenésével e rendkívüli események tanulmányozása sebességet váltott, és a modern asztrofizika egyik vezető területévé vált. A szegedi kutatók az elmúlt években számos távcsőidő-pályázat – Hubble, Chandra, Spitzer, ill. legutóbb a James Webb – elkészítésében működtek közre, amelyek közül több nyertes pályázat is született. Emellett komoly tapasztalatokkal rendelkeznek az űrtávcsöves adatfeldolgozás terén, ezeket pedig speciális kurzusok során az érdeklődő hallgatókkal is megosztják.

Az SZTE Fizikai Intézet elérhetőségei

E-mail: fizika.intezet@szte.hu

Telefon: +36-62-544-120

Székhely: 6720 Szeged, Dóm tér 9.

Honlap: www.physx.u-szeged.hu

Instagram: @fizika.szte

Facebook: @fizika.szte

YouTube: SZTE TTIK Fizikai Intézet