

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za *matematiko in fiziko*



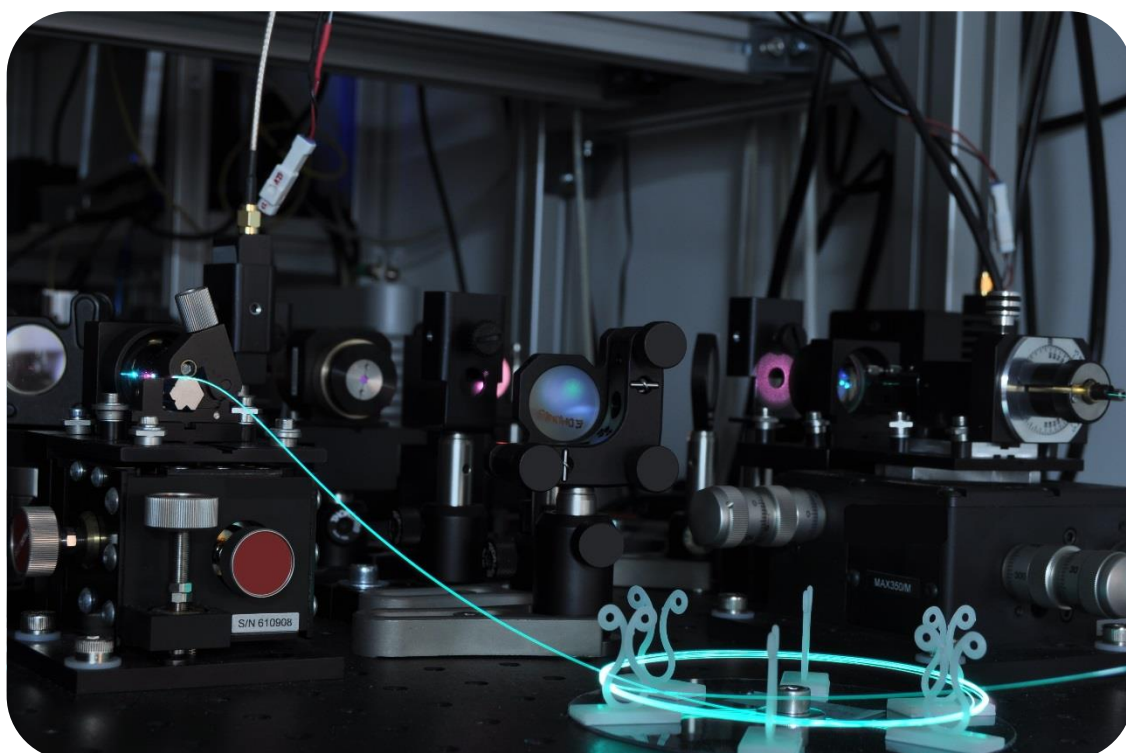
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za *strojništvo*



PLASMADIS LTD.

16. SLOVENSKO SREČANJE O UPORABI FIZIKE

Zbornik povzetkov predstavljenih na srečanju
v Gozdu Martuljku, 30.5.2019



Hotel Špik, Gozd Martuljek , 2019
Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani - Fakulteta za matematiko in fiziko,
Univerza v Ljubljani – Fakulteta za strojništvo

16. SLOVENSKO SREČANJE O UPORABI FIZIKE

Zbornik povzetkov predstavljenih na srečanju
v Gozdu Martuljku, 30.5.2019

Hotel Špik, Gozd Martuljek , 2019
Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani - Fakulteta za matematiko in fiziko,
Univerza v Ljubljani – Fakulteta za strojništvo

16. SLOVENSKO SREČANJE O UPORABI FIZIKE

Avtorji prispevkov:
(abecedni vrstni red)

Luka Černe
Aljaž Čufar
Nataša Grlj
Nikola Holeček
Vojko Jazbinšek
Bor Kos
Janez Kovač
Boris Majaron
Urban Marhl
Ana Marin
Griša Močnik
Uroš Orthaber
Anže Pungerčič
Maja Remškar
Luka Rogelj
Božidar Šarler
Peter Šušnjar
Nina Verdel

Urednik:

Anže Pungerčič
Denis Arčon
Miran Mozetič
Rok Petkovšek
Luka Snoj

Jezikovno pregledali:

Anže Pungerčič
Rok Petkovšek
Luka Snoj

Spletna stran dogodka:

<https://ssouf.fmf.uni-lj.si/>

Prva izdaja

Izdal:

Inštitut »Jožef Stefan«, Jamova cesta 39, 1000
Ljubljana Slovenija
Spletni naslov. www.ijs.si
E-pošta: info@ijs.si

Predgovor

Prvo slovensko srečanje o uporabi fizike smo organizirali že leta 1975 v Škofji Loki. Sedaj že skoraj 40 let po prvem je na vrsti 16. slovensko srečanje o uporabi fizike. Kot že sam naslov srečanja pove, imajo tovrstni dogodki v Sloveniji kar lepo tradicijo. Žal se je ta tradicija v zadnjih letih prekinila, saj je bilo zadnje srečanje novembra 2013. Ker pa smo bili organizatorji mnenja, da je potrebno poudariti pomen uporabne fizike v slovenskem prostoru, smo se odločili, da srečanje ponovno obudimo.

Srečanja, kot je to današnje, so za slovensko fiziko zelo pomembna, saj nam ponujajo edinstveno priložnost, da postavimo na ogled nekatere od številnih dosežkov pri uporabi fizikalnih dognanj. Pričakovali smo prispevke o uporabi fizike v industriji, pri razvoju novih metod, naprav ali materialov, pri določanju tehnoloških postopkov, v meroslovju in zagotavljanju kakovosti in se odločili predvsem poudariti medicinsko fiziko in biofiziko, lastnosti novih materialov, razvoj in uporabo kontrolnih in senzorskih sistemov, jedrsko in reaktorsko fiziko, okoljsko fiziko, optiko, akustiko in fotoniko. Prispevki, zbrani v zborniku, samo dokazujejo, da smo dobro uganili teme in da je želja in potreba po rednem srečevanju zelo prisotna. Prepričani smo, da bodo predstavljena predavanja odlična iztočnica za ustvarjanje novih povezav in poglobljanje že obstoječih ter da bodo vzbudili zanimanje tudi pri študentih fizike.

Za Fakulteto za matematiko in fiziko, kot enega od glavnih organizatorjev srečanja, je sodelovanje pri organizaciji srečanja prav tako pomembno. Naše diplomante zasledimo praktično na vseh področjih, ko s svojim znanjem, delom in neutrudno fizikalno zvedavostjo dosegajo odmevne rezultate. Uspešnost naše fakultete temelji na odličnih študentih, ki so predani svojem študiju, raziskovalno in pedagoško motiviranih sodelavcih in dobrih povezavah z okoljem. Zato smo se lotili organizacije srečanja tudi z mislijo na vas, študentke in študente fizike, ki vas zanimajo aplikacije in si želite spoznati delo fizika tudi s te plati. Veseli me, da ste se odzvali vabilu v tako velikem številu. Za vas je to odlična priložnost, da vzpostavite prve kontakte s kolegicami in kolegi fiziki, ki delajo na zelo zanimivih in raznolikih problemih.

Organizacijski odbor

Organizacija srečanja

Organizacijski odbor Gregor Primc
Anže Pungerčič
Jošt Stergar

Znanstveni odbor Denis Arčon
Miran Mozetič
Rok Petkovšek
Luka Snoj

Oblikovanje zbornika Anže Pungerčič

Organizatorji Institut "Jožef Stefan"

DMFA Slovenije

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Plasmadis d.o.o.

SRIP Tovarne Prihodnosti

Sponzorji

The International Union for Vacuum Science, Tecnique and Applications



Društvo Jedrskih Strokovnjakov Slovenije



Program konference

PROGRAM 16. SLOVENSKEGA SREČANJA O UPORABI FIZIKE

Hotel Špik, Gozd Martuljek, 30.5.2019

UVOD

- 8:30 - 9:30 Zbor udeležencev
9:30 - 9:40 Uvodni govor - **Denis Arčon**, predstojnik FMF

PRVA SEKCIJA

- 9:40 - 10:10 Simulacija mikro curkov za dostavo vzorcev v femtosekundni kristalografiji - **Božidar Šarler**, *Fakulteta za strojništvo UL*
10:10 - 10:40 Optimizacija vibroakustičnih lastnosti gospodinjskih aparatov - **Nikola Holeček**, *Gorenje d.o.o.*
10:40 - 11:10 Nizko dimenzionalni kristali na osnovi molibdena in volframa za uporabo v tribologiji in elektroniki - **Maja Remškar**, *Odsek za fiziko trdne snovi, IJS*
11:10 - 11:40 DEMO - pot do fuzijske elektrarne - **Aljaž Čufar**, *Odsek za reaktorsko fiziko, IJS*
11:40 - 13:00 *Kosilo*

DRUGA SEKCIJA

- 13:00 - 13:30 Laserska pinceta - **Igor Poberaj**, *Aresis d.o.o.*
13:30 - 14:00 Merjenje absorpcije aerosolov - **Griša Močnik**, *Odsek za fiziko trdne snovi, IJS*
14:00 - 14:30 Kvantitativna karakterizacija človeške kože z optičnimi tehnikami - **Boris Majaron**, *Odsek za kompleksne snovi, IJS*
14:30 - 15:00 Svetlobna oprema v avtomobilski industriji - od karbidovke do multifunkcionalnega LED žarometa - **Nataša Grlj**, *Hella Saturnus d.o.o.*
15:00 - 15:15 *Odmor*

TRETJA SEKCIJA

- 15:15 - 15:45 Laserji v elektroniki - **Boštjan Podobnik**, *LPKF d.o.o.*
15:45 - 16:15 Fotona in medicinski laserji - **Matjaž Lukač**, *FOTONA d.o.o.*
16:15 - 16:45 Laserski posegi v oftalmologiji - **Uroš Orthaber**, *OPTOTEK d.o.o.*

POSTER SEKCIJA

- 18:00 - *Večerja*

Kazalo

1. Program konference.....	v
I. del: Vabljena predavanja.....	1
2. Optimizacija vibroakustičnih lastnosti gospodinjskih aparatov	2
<i>Nikola Holeček.....</i>	<i>2</i>
3. DEMO – pot do fuzijske elektrarne.....	3
<i>Aljaž Čufar.....</i>	<i>3</i>
4. Simulation of Micro-Jets for Sample Delivery in Femtosecond Crystallography ..	4
<i>Božidar Šarler.....</i>	<i>4</i>
5. Svetlobna oprema v avtomobilski industriji – od karbidovke do multifunkcionalnega LED žarometa.....	5
<i>Nataša Grlj</i>	<i>5</i>
6. Nizko dimenzionalni kristali na osnovi molibdena in volframa za uporabo v tribologiji in elektroniki.....	6
<i>Maja Remškar</i>	<i>6</i>
7. Merjenje absorpcije aerosolov.....	7
<i>Griša Močnik</i>	<i>7</i>
8. Kvantitativna karakterizacija človeške kože z optičnimi tehnikami	8
<i>Boris Majaron.....</i>	<i>8</i>
9. Laserski posegi v oftalmologiji	9
<i>Uroš Orthaber.....</i>	<i>9</i>
II. del: Kratke predstavitve	10
10. Določanje parametrov kože z metodo Monte Carlo in nevronskimi mrežami.....	11
<i>Ana Marin</i>	<i>11</i>
11. Uporaba hiperspektralnega slikanja na področju umetnostne zgodovine	12
<i>Luka Rogelj.....</i>	<i>12</i>
12. Validacija programov za izračun zgorelosti goriva v jedrskih reaktorjih	13
<i>Anže Pungerčič</i>	<i>13</i>
13. Novel atmospheric pressure plasma technology for advanced wound care products	14
<i>Janez Kovač</i>	<i>14</i>
14. Jedrska kvadrupolna resonanca kot metoda za zaznavo polimorfizma v farmacevtskih učinkovinah.....	15
<i>Vojko Jazbinšek.....</i>	<i>15</i>
15. Uporaba nove generacije merilnikov v magnetoencefalografiji	16
<i>Urban Marhl.....</i>	<i>16</i>
16. Aplikacija hibridnih metod za simulacijo transporta delcev na fuzijske in fuzijske probleme	17
<i>Bor Kos</i>	<i>17</i>
17. Frekvenčno podvojeni CPA hibridni laser z ultrakratkimi pulzi za visoko natančne obdelave v industriji	18
<i>Luka Černe.....</i>	<i>18</i>

18. Hybrid technique for characterization of human skin by combining machine learning and inverse Monte Carlo approach	19
<i>Nina Verdel</i>	19
19. Visoko občutljiva izvedba sistema FROG za karakterizacijo pikosekundnih laserskih pulzov.....	20
<i>Peter Šušnjar</i>	20

I. del:
Vabljena predavanja

Optimizacija vibroakustičnih lastnosti gospodinjskih aparatov

Nikola Holeček¹, Tomaž Bregar¹

¹Gorenje d.o.o.

E-mail naslov prvega avtorja: nikola.holecek@gorenje.com

Prekomeren hrup ima na zdravje posameznika negativen vpliv in posledično predstavlja izreden problem v današnji družbi. Svetovna zdravstvena organizacija ocenjuje, da obremenitev z okoljskim hrupom predstavlja drugo največje breme bolezni v Evropi, takoj za onesnaženostjo zraka. Gospodinjski aparati so del našega vsakdanjega bivalnega okolja, ki postaja čedalje manjše, saj je v zadnjih desetletjih prisotna pospešena urbanizacija. Ravno zato pa postajajo vibroakustične lastnosti aparatov izredno pomembne. Podatek o hrupnosti je podan že na sami energijski nalepki. Posledično so na trgu za kupce privlačnejši tihi in energijsko učinkoviti aparati. V zadnjem desetletju tudi raziskave in razvoj stremijo k izdelavi gospodinjskih aparatov z nizkimi emisijami hrupa.

Mehanizmi nastajanja hrupa pri gospodinjskih aparatih se razlikujejo pri različnih aparatih in so odvisni tudi od samega režima delovanja. Dandanes imajo aparati večje število elementarnih zvočnih virov, kot so ventilator, kompresor, inverter in še mnogo drugih. Identifikacija vira, ki največ prispeva k celotni ravni zvočnega valovanja in kolikšen natančno je ta delež, je izredno zahtevna naloga. V praksi uporabljamo različne metode identifikacije izvora zvoka (ang. Noise Source Identification), ki nam omogočajo hitro in precizno vizualizacijo zvočnih virov.

Na energijski nalepki se hrupnost aparatov podaja kot A-vrednotena amplituda zvočne moči. Zvočna moč je dolga leta predstavljala glavni parameter pri postopku izboljšave kakovosti zvoka produktov. V zadnjih letih, ko postajajo kupci na trgu iz dneva v dan bolj zahtevni, se je izkazalo, da zniževanje same zvočne moči ni dovolj, ampak je potrebno optimirati tudi barvo samega zvoka. Saj vibroakustične lastnosti skupaj z vizualnim izgledom prispevajo k občutku dodane vrednosti ter s tem k zadovoljstvu končnega uporabnika. Človeško subjektivno interpretacijo hrupa pa lahko do neke mere popišemo s t.i. psihoakustičnimi parametri. Psihoakustični parametri nam omogočajo kvalitativno karakterizacijo občutka, ki ga povežemo z določenim profilom zvočnega valovanja. Najbolj pogosto uporabljeni parametri so glasnost, stopnja fluktuacije, hrapavost, ostrina ter tonalnost. V okviru predavanja bodo predstavljeni sodobni postopki izboljševanja vibroakustičnih lastnosti s poudarkom na eksperimentalnih metodah. Prikazana bo uporaba najnovejših metod za identifikacijo izvora zvoka (i.e. beamforming in SONAH) v praksi na realnih problemih. Na koncu pa bodo prikazani tudi primeri rešitev, kjer se je z uporabo sodobnih pristopov izboljšalo vibroakustične lastnosti nove generacije izdelkov.

DEMO – pot do fuzijske elektrarne

Aljaž Čufar¹

¹Odsek za reaktorsko fiziko, Institut "Jožef Stefan", Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: aljaz.cufar@ijs.si

Zlivanje jeder je eden od najperspektivnejših virov energije prihodnosti. Med pozitivne značilnosti zlivanja jeder kot vira energije sodijo velike količine lahko dostopnega goriva, inherentna varnost procesa, obratovanje z majhnim vplivom na okolje in pretežna neodvisnost od vremena, vendar so zaradi tehnoloških izzivov fuzijske elektrarne še vedno zgolj vir energije prihodnosti in ne sedanjosti.

V predstavitvi bodo opisane osnove zlivanja jeder, trenutno stanje na področju eksperimentalnih fuzijskih naprav in evropski program razvoja demonstracijske fuzijske elektrarne DEMO. Predstavljeni bodo nekateri izmed izzivov, s katerimi se srečujemo, morebitne rešitve za te izzive in načini, kako se z njimi soočamo. Poudarek bo na jedrskem vidiku, ki je eden od ključnih področij pri razvoju fuzije, saj ima pomemben vpliv tako na izbiro uporabljenih materialov in geometrijo komponent kot tudi na varnostne sisteme in strategije vzdrževalnih del. Poleg tega bodo predstavljene strategije za ščitenje pred nevtroni in žarki gama, zmanjševanje količine radioaktivnih odpadkov in nižanje hitrosti doz v delih reaktorja, dostopnih delavcem.

Simulation of Micro-Jets for Sample Delivery in Femtosecond Crystallography

Božidar Šarler¹, Rizwan Zahoor², Grega Belšak³, Saša Bajt⁴

¹*University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering & Institute of Metals and Technology, Ljubljana, Slovenia*

²*University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana, Slovenia*

³*Institute of Metals and Technology, Ljubljana, Slovenia*

⁴*Photon Science, DESY, Hamburg, Germany*

E-mail naslov prvega avtorja: bozidar.sarler@fs.uni-lj.si

The paper presents the development of experimentally verified computational fluid dynamics model of micron-sized liquid jets. The model is used for the design of different nozzle configurations that produce such jets. Stable, thin, long and fast liquid jet configurations are preferred. The jets are used for delivery of samples in X-ray beams (European XFEL) in serial femtosecond crystallography. A mixture model of the multiphase system is solved on supercomputer by using the finite volume method with volume of fluid treatment of the phase-boundaries. The results of the model are compared with the experimental results in terms of the jet stability, thickness, length and velocity for different nozzle designs, fluids and operating conditions. A reasonably good agreement between the simulations and the experimental results is found. The study provides a basis for predictive computational fluid dynamics design of new nozzles and their optimization. Several examples of different nozzle design simulations are shown.

Svetlobna oprema v avtomobilski industriji – od karbidovke do multifunkcionalnega LED žarometa

Nataša Grlj¹, Alenka Bajec Strle¹, Katja Mihorko¹, Marko Belšak¹, Andrej Wagner¹

¹ Hella Saturnus Slovenija d.o.o., Letališka c. 17, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: natasa.grlj@hella.com

Svetlobna oprema na avtomobilih in drugih cestnih vozilih je v osnovi namenjena osvetljevanju vozne površine ter sporočanju udeležencem v prometu, kaj se z vozilom dogaja in kakšen namen ima voznik. Ker ima varnostno funkcijo, je ključno da zadosti vsem zakonskim predpisom, kar v praksi pomeni, da se pri konstruiranju takih izdelkov moramo držati osnovnih zahtev in svetlobo usmeriti v točno določene smeri. Po drugi strani pa vozila že dolgo niso le prevozno sredstvo, ampak tudi statusni simbol, ki se velikokrat prodaja na podlagi vtisa, ki ga ustvari. Tudi proizvajalci avtomobilov nižjega cenovnega razreda si prizadevajo za enoten izgled modelov in prepoznavnost znamke, eno najmočnejših orodij pri doseganju prepoznavnosti pa je t.i. »svetlobni podpis«, ki ga ustvari videz in postavitve svetlobne opreme na vozilu. Kar pomeni, da moramo inženirji paziti, da sledi razvoj izdelkov vsem (ali večini) stilističnim zahtevam avtomobilskih proizvajalcev. Tretje dejstvo avtomobilske industrije je množičnost izdelkov, zahteva po robustnosti in seveda čim nižja cena, ki jo vgradna komponenta dosega. To je velikokrat glavni kriterij za izbiro tehnologije in materialov, s katerimi poskušamo zadostiti vsem trem vidikom.

V prispevku bom predstavila panogo industrije svetlobne avtomobilske opreme in njene zakonitosti. Osredotočila se bom na vlogo fizike v njej – četudi je področje avtomobilske industrije klasično strojniško, zadnje čase vedno večjo veljavo pridobivajo druge vede, kot je elektronika, optika in fizika na splošno, ter celo računalništvo in programiranje. S kompleksnostjo razvoja in poostrojitvijo zahtev, je potrebno iskati specifične rešitve v okviru obstoječih tehnoloških postopkov, oz. nove poceni načine, kako svetlobo preusmeriti tam, kjer jo v nekem trenutku želimo imeti. Predstavili bomo nekaj primerov inovativnih izdelkov, ki poudarjajo individualnost med lastniki avtomobilov ter zagotavljajo večjo varnost udeležencev v prometu. Podrobneje pa bomo pogledali nekaj trenutno aktualnih izzivov: problem majhnih reflektorjev, vpliv površinske hrapavosti na prehod svetlobe in posodobitev merilno-analiznih postopkov v dobi LED žarometov in svetilk v množični proizvodnji

Nizko dimenzionalni kristali na osnovi molibdena in volframa za uporabo v tribologiji in elektroniki

Maja Remškar¹, Luka Pirker¹, Saqib Muhammad¹, Srečko Paskvale¹, Miha Čekada¹, M. Rodríguez Ripoll², Tatiana V. Shubina³, Sara Fathipour⁴, Alan Seabaugh⁴

¹ Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

² AC2T research GmbH, Wiener Neustadt, Avstrija

³ Ioffe Institute, St Petersburg, Rusija

⁴ University of Notre Dame, Department of Electrical Engineering, ZDA

E-mail naslov prvega avtorja: maja.remskar@ijs.si

Nizko dimenzionalne kristale odlikuje anizotropna struktura in pri majhnih dimenzijah tudi kvantna omejenost. Ploščice molibdenovega disulfida (MoS₂) s šibkimi van der Waalsovimi vezmi med molekulskimi plastmi uporabljajo za zniževanje trenja že desetletja. Za učinkovito mazanje morajo biti šibko vezane plasti MoS₂ vzporedne s smerjo drsenja. Poravnano plast se vzpostavi v procesu utekanja, ko se ploščice tudi razslojujejo, kar pa povzroča relativno visoko trenje in okvare električnih naprav. Nanocevke MoS₂ se za razliko od ploščic spontano postavijo v vzporedno orientacijo, odlikuje pa jih tudi delna razslojenost, zato je utekanje energijsko ugodnejše. Predstavila bom sintezo različnih vrst nanocevk MoS₂ ter rezultate testiranja razslojenih nanocevk za zmanjšanje trenja na jeklenih kontaktih in na trdih prevlekah v sinergiji z običajnimi dodatki komercialnih maziv.

Nanocevke MoS₂ kristalizirajo v zlogu, ki je odvisen od velikosti nanocevk. Heksagonalni zlog je značilen za cevke z manjšim premerom, medtem ko večje cevke kristalizirajo v romboedričnem zlogu. Zelo majhna gostota napak v romboedričnem zlogu omogoča nastanek t.i. šepetajočih načinov emisije svetlobe (angl. »whispering gallery modes»). Znotraj stene nanocevke pride do ujetja svetlobe in do optične resonance. To povzroči fotoluminiscenco vidno v Ramanskih spektrih. Tovrstne nanocevke so uporabne za polarizacijsko občutljive komponente v nanofotoniki.

V drugem sklopu predavanja bom opisala poljsko emisijo elektronov (t.i. hladno emisijo), pri kateri močno električno polje zmanjša potencialno pregrado, ki jo določa izstopno delo in omogoči elektronom, da zapustijo material. Žičke volframovih oksidov so zanimiv vir elektronov, saj imajo semi-kovinsko prevodnost in niso tako občutljive na oksidacijo, kot so standardni kovinski emitorji. Lastnosti poljske emisije elektronov smo izmerili v ultra visokem vakuumu (UHV) pri mikroskopski razdalji med emitorjem in kolektorjem elektronov znotraj STM in v namensko narejeni UHV komori pri milimetrski razdalji med emitorjem in kolektorjem. Nanožičke WO₃-x so obetaven vir elektronov za uporabo v elektronskih mikroskopih in rentgenskih napravah.

Zahvala: Avtorji se zahvaljujemo za financiranje EU projektu SIMDALEE2 in Agenciji za raziskovalno dejavnost RS.

Merjenje absorpcije aerosolov

Griša Močnik¹

¹ *Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija*

E-mail naslov prvega avtorja: grisa.mocnik@ijs.si

Absorpcija aerosolov in koncentracije črnega ogljika sta se dolgo časa merila s filtrskimi absorpcijskimi fotometri. Ti kopičijo vzorec na filtrskem traku in merijo prepustnost traku za svetlobo različnih valovnih dolžin. Lovljenje delcev na trak močno poveča občutljivost meritve in filtrski absorpcijski fotometri lahko merijo koncentracije aerosoliziranega črnega ogljika čez 5 velikostnih razredov. Meritev je nelinearna in predstavil bom inštrument, ki smo ga razvili za meritev te nelinearnosti skupaj s koncentracijami črnega ogljika. Meritev je negotova, ker določanje ojačanja absorpcije zahteva referenčno meritev, ki je še ni, zato se ta parameter določa s primerjavo različnih filtrskih fotometrov.

Kot potencialno referenčno meritev lahko uporabimo fototermični interferometer. Na vzorec zraka, ki ga črpamo skozi inštrument, posvetimo z močnim laserjem. Absorbirajoči aerosoli segrejejo zrak okoli sebe, to pa povzroči spremembo gostote in spremembo lomnega količnika zraka. Spremembo lomnega količnika lahko izmerimo z interferometrom.

Pokazal bom prvo primerjavo obeh vrst inštrumentov, izmerjeno v Ljubljani, in razložil, zakaj je ta meritev sledljiva in se jo da preprosto kalibrirati.

Kvantitativna karakterizacija človeške kože z optičnimi tehnikami

Boris Majaron^{1,2}, Nina Verdel¹, Ana Marin², Matija Milanič^{1,2}

¹Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Slovenija

²Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

E-mail naslov prvega avtorja: boris.majaron@ijs.si

V naši skupini smo nedavno razvili inovativno metodo za neinvazivno določanje strukture in sestave človeške kože in vivo [1,2]. Pristop združuje uporabo dveh optičnih tehnik, difuzno refleksijsko spektroskopijo (DRS) v vidnem delu spektra in sunkovno fototermalno radiometrijo (PPTR).

Pri DRS zajamemo in spektralno analiziramo svetlobo, ki po večkratnem sipanju v tkivu izhaja iz njegove površine. Tehnika omogoča prepoznavanje različnih absorberjev in se pogosto uporablja za neinvazivno analizo različnih tkiv. Vendar pa določitev količine posameznih absorberjev zahteva poznavanje njihove globinske porazdelitve, kar v primeru kože zahteva meritev debeline njenih značilnih slojev z neodvisno mersko tehniko.

Tehnika SFTR temelji na meritvi tranzientne spremembe infra-rdečega sevanja s površine vzorca po obsevanju s kratkim svetlobnim sunkom. Uporablja se za meritve toplotnih lastnosti snovi, omogoča pa tudi določitev temperaturnih profilov induciranih z obsevanjem nehomogenih vzorcev [3]. Vendar tudi ta pristop ne omogoča enolične določitve vsebnosti večjega števila fizioloških pomembnih absorberjev v človeški koži (npr. melanin,oksi- in deoksihemoglobin)[4].

Z združitvijo obeh tehnik presežemo njune omejitve in omogočimo hkratno določitev večjega števila fiziološko relevantnih parametrov (npr. vsebnost krvi in njena nasičenost s kisikom) ter strukturnih lastnosti izbranega mesta. To dosežemo s prilagajanjem napovedi numeričnega modela sodelovanja svetlobe s kožo izmerjenim PPTR signalom in DRS spektrom v iterativnem procesu visokodimenzionalne optimizacije (inverzni Monte Carlo, IMC). Če pri tem uporabimo optični model kože s štirimi homogenimi plastmi (povrhnjico, papilarno in retikularno usnjico ter podkožje), dobimo dobro ujemanje modelskih napovedi z merskimi podatki, medtem ko je število prostih parametrov (14) še obvladljivo. V postopku prilagodimo tudi lastnosti optičnega sipanja, zato je občutljiv na individualne razlike v kolagenski strukturi usnjice.

V poskusih na prostovoljcih se dobljene lastnosti kože dobro ujemajo s podatki iz literature in kažejo predvidene trende v kontroliranih testih, npr. pri obstrukciji periferne krvnega obtoka s tlačno manšeto in akutnem ter sezonskem osončenju. Debelino epidermisa smo preverili tudi s primerjavo z več-fotonsko mikroskopijo [2]. Pristop trenutno uporabljamo pri študijah hemodinamike v potpludbah [5] in laserskega pomlajanja kože [6], kar predstavlja dodatne teste njegove primernosti. Pomembno omejitev pri tem predstavlja izredna računska intenzivnost postopka IMC, zaradi česar preverjamo možnost uporabe umetne inteligence [7].

[1] N. Verdel, A. Marin, M. Milanič, B. Majaron, Biomed. Opt. Express 10, 944 (2019)

[2] N. Verdel, G. Lentsch, M. Balu, B.J. Tromberg, B. Majaron, Appl. Opt. 57, D117 (2018)

[3] M. Milanič, I. Serša, B. Majaron, Phys. Med. Biol. 54, 2829 (2009)

[4] L. Vidovič, M. Milanič, B. Majaron, J. Biomed. Opt. 20, 017001 (2015)

[5] A. Marin, M. Milanič, N. Verdel, L. Vidovič, B. Majaron, Proc. SPIE 10467, 104670N (2018)

[6] N. Verdel, A. Marin, M. Lukač, B. Majaron, Lasers Surg. Med. 50, S5 (2018)

[7] N. Verdel, J. Tanevski, S. Džeroski, B. Majaron, Proc. SPIE 10851, 1085107 (2019)

Laserski posegi v oftalmologiji

Uroš Orthaber^{1,2}, Andrej Vrečko¹

¹ Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

² Optotek d.o.o., Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: uros.orthaber@fs.uni-lj.si

Laser je pomembno in nepogrešljivo orodje v sodobni medicini. Še posebej pogosto ga srečamo v oftalmologiji, kjer se uporablja za zdravljenje različnih bolezenskih stanj, uporablja pa se tudi v diagnostične namene. Med najpomembnejše tipe interakcije med lasersko svetlobo in snovjo, ki jih srečamo v oftalmologiji spadajo fotodisrupcija, fotoablacija in fotokoagulacija. Pri fotodisrupciji izkoriščamo mehanske učinke lasersko povzročene optičnega preboja, kar nam omogoča rezanje tkiva. Pri fotoablaciji gre za odparevanje vrhnjih plasti tkiva, kar je uporabno predvsem pri operaciji korekcije vida. Fotokoagulacija je termični tip interakcije in se uporablja predvsem za zdravljenje bolezenskih stanj na mrežnici. Poseben poudarek bo namenjen predstavitvi laserskega posega kapsulotomije, pri katerem z apliciranjem nanosekundnih laserskih sunkov na tkivo ustvarimo odprtino na pomotnjeni zadnji lečni ovojnici, s čimer se pacientu s takšnim bolezenskim stanjem izboljša vid. Pri tem tipu interakcije igra ključno vlogo kavitacijski mehurček, ki nastane kot stranski produkt optičnega preboja. Dinamika kavitacijskega mehurčka ob lečni obojnici rezultira v njenem raztrganju. Več zaporednih laserskih sunkov popolnoma očisti osrednje področje pomotnjene lečne obojnice.

II. del:

Kratke predstavitve

Določanje parametrov kože z metodo Monte Carlo in nevronskimi mrežami

Ana Marin¹, Teo Menojlovič², Matija Milanič^{1,3}, Ivan Štajduhar², Robert Jeraj¹

¹Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Slovenija

²Tehnična fakulteta, Univerza v Rijeki, Hrvaška

³Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: ana.marin@fmf.uni-lj.si

Raziskave z optičnimi metodami so zaradi svoje neinvazivnosti in relativno nizke cene priljubljene v medicinski diagnostiki. Iz difuzno odbojnega spektra kože, ki ga pridobimo z integracijsko kroglo ali hiperspektralnim slikanjem, lahko izluščimo informacije o njeni sestavi – npr. količino melanina in krvi, oksigenacijo, koncentracije drugih kromoforov kot so bilirubin in podobno. Poznavanje teh parametrov nam lahko pomaga pri spremljanju razvoja modric, vnetij, znamenj ali ostalih kožnih sprememb. Običajno je iskanje parametrov zamudno, saj poteka z natančno, a počasno metodo inverznega Monte Carla (MC). Pri večplastni MC metodi simuliramo transport fotonских paketov skozi poenostavljen model tkiva, ki upošteva absorpcijske ter sipalne lastnosti posameznih plasti. Število potrebnih fotonских paketov ter iteracij postopka nam čas za pridobitev ene uspešne kombinacije parametrov dvigne na nekaj deset minut. To je veliko prepočasi za obdelavo hiperspektralnih slik ali za spremljanje tkivnih parametrov v realnem času.

Pohitritev postopka lahko najdemo v strojnem učenju, natančneje v uporabi klasične nevronske mreže ANN s tremi skritimi sloji in ReLU aktivacijsko funkcijo. Ko pripravimo model kože (določimo število plasti, kromofore ter debeline), lahko pripravimo set simuliranih podatkov, na katerih bomo trenirali mrežo. V našem primeru smo pustili, da se v modelu kože spreminjajo količina melanina v epidermisu, količina krvi in njena oksigenacija v papilarnem ter retikularnem dermisu in amplituda sipanja v dermisu. Mrežo smo potem testirali na manjšem setu realnih spektrov pridobljenih z integracijsko sfero in fitanih spektrov dobljenih z MC. Za 39 testiranih primerov je bila napaka za koncentracijo melanina (0.96 ± 0.08) %, za koncentracijo krvi (1.89 ± 0.15) % (papilarna) in (0.71 ± 0.25) (retikularna), oksigenacijo (14 ± 11) % (papilarna) in (63 ± 27) % (retikularna) ter za amplitudo sipalnega koeficienta (37.1 ± 5.7) cm⁻¹. Izmerjena hitrost ocene parametrov za 50 000 primerov z ANN je 26.4 s. S tako hitrostjo bi celotno hiperspektralno sliko lahko obdelali v nekaj minutah, kar bi povečalo uporabnost teh metod v klinični praksi.

Uporaba hiperspektralnega slikanja na področju umetnostne zgodovine

Luka Rogelj¹, Emilio Catelli², Giorgia Sciutto², Matija Milanič^{1,3}, Silvia Prati², Robert Jeraj^{1,3}

¹Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Slovenija

²Department of Chemistry "Giacomo Ciamician", University of Bologna, Italija

³Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: luka.rogelj@fmf.uni-lj.si

Hiperspektralno slikanje (HS) se v zadnjih letih uveljavlja kot ena izmed hitrih, neinvazivnih in uporabnih vrst slikanja. Njena uporaba sega vse od forenzike, kmetijstva, nadzora kvalitete hrane, medicine in tudi na področje umetnostne zgodovine. HS pri slikanju zajame 3D slikovno kocko z dvema prostorskima in eno spektralno koordinato. S kemometriko lahko iz hiperspektralne slike izluščimo pomembne informacije o porazdelitvi spektralnih in prostorskih lastnosti pigmentov v vzorcu. Hiperspektralni sistem tipa »push-broom« smo razvili v naši skupini. Od ostalih se razlikuje po inovativni LED osvetlitvi, ki pripomore k manjšemu segrevanju vzorca in s tem manjši verjetnosti poškodovanja le tega. V odbojnem načinu smo slikali različno obarvane vzorce volne, značilne za srednjeveške tapiserije, in opazovali, če jih lahko med sabo ločimo glede na spektre barvil. V namen razločevanja smo uporabili različne kemometrične in klasifikacijske tehnike, npr. PCA (»principal component analysis«), SAM (»spectral angle mapper«), k-means clustering. Študija je pokazala, da je na podlagi HS mogoče zelo natančno razlikovati med različno obarvanimi vlakni.

V prihodnje bi lahko prav tako opazovali vpliv staranja vzorcev volne z UV osvetljevanjem na spekter. S primernim razumevanjem staranja materialov, bi lahko v prihodnosti napovedali starost vzorca, ga uvrstili v ustrezno okolje in zgodovinski čas, izluščili podatke o časi nastanka, med drugim pa bi lahko ugotovili njegovo originalno sestavo. Te informacije so ključnega pomena na področju umetnostne zgodovine za določitev razumevanje razvoja izdelave tapiserij.

Validacija programov za izračun zgorelosti goriva v jedrskih reaktorjih

Anže Pungercič¹, Luka Snoj¹

¹Odsek za reaktorsko fiziko, Institut "Jožef Stefan", Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: anze.pungercic@ijs.si

V jedrskih reaktorjih poteka verižna reakcija cepitev težkih jeder kot sta ^{235}U in ^{239}Pu . Med cepitvijo, ki se jo inducira s termični nevtroni, nastajajo razcepni produkti, ki lahko nadaljnjo razpadajo (β -, γ) ali pa absorbirajo nevtrone. Med verižno reakcijo nastaja torej veliko število različnih izotopov (~ 1400), ki lahko na stanje reaktorja vplivajo kratkoročno (\sim ure) in dolgoročno (\sim meseci). Na kratkoročne spremembe (nastajanje absorberja nevtronov ^{135}Xe) morajo biti operaterji reaktorja ves čas pozorni, saj vpliva na porazdelitev gostote moči v reaktorju, medtem ko se moramo pa za dolgoročne spremembe pripraviti že na začetku gorivnega cikla pri načrtovanju reaktorske sredice. Poskrbeti je potrebno, da bo reaktor z načrtovano sredico obratoval čim dlje v primeru raziskovalnih reaktorjev in 12-18 mesecev za energetske reaktorje. Načrtovana sredica je v večini primerov sestavljena iz starih, že zgorelih, in novih gorivnih elementov. Ker so meritve zgorelosti starih gorivnih elementov praktično težko izvedljive moramo za določitev uporabljati reaktorske preračune.

Določitev zgorelosti jedrskega goriva je časovno odvisni problem, kjer bi morali v teoriji rešiti sklopljen sistem časovno-odvisne transportne in Batemanove enačbe, kjer slednja opisuje spreminjanje števila posameznih izotopov ob prisotnosti nevtronov. Ker sistem ni analitično rešljiv se poslužimo numeričnim metodam, kjer najprej z determinističnimi ali Monte Carlo metodami določimo porazdelitev nevtronskega fluksa. Nato za tako-imenovan zgorevalni korak določimo novo izotopsko sestavo, ki jo nato uporabimo v transportu nevtronov, kjer se celoten proces ponovi. Omenjeni izračuni so računsko zelo zahtevni, saj potrebujejo veliko delovnega spomina in računске moči.

Če želimo omenjene metodologije in programe uporabljati za izračun zgorelosti v jedrskih elektrarnah jih moramo najprej preveriti na referenčnih eksperimentih. Takšnih eksperimentov v svetu ni veliko. V ta namen smo uporabili slovenski raziskovalni reaktor TRIGA, kjer smo analizirali njegovo obratovanje od začetka 1966 do dandanes 2017. S tem smo pridobili potrebne podatke, da lahko izračunamo zgorelost goriva in primerjamo rezultate z meritvami. Za validacijo bi bile najbolj primerne meritve izotopske sestave goriva z gama spektroskopijo. Ker trenutno še niso na voljo smo uporabili tedenske meritve presežne reaktivnosti in jih primerjali z determinističnimi in Monte Carlo izračuni. Ugotovili smo, da se izračuni dobro ujemajo z meritvami in s tem pokazali, da je zgodovina raziskovalnega reaktorja TRIGA primerna za validacijo programov za izračun zgorelosti jedrskega goriva, ki se nato aplicirajo na jedrske elektrarne. S tem lahko omogočimo uporabo in testiranje novih, hitrejših programov, ki bodo izboljšali načrtovanje reaktorske sredice in s tem poskrbeli za varnejšo in cenejšo obratovanje jedrskih elektrarn.

Novel atmospheric pressure plasma technology for advanced wound care products

Janez Kovač¹, Gregor Jakša¹, Andrej Zabret², Marjetka Klaj Kunčič², Bert Verheyde³, Dirk Vangeneugden³

¹*Institut "Jožef Stefan", Slovenija*

²*Tosama d.o.o., Domžale, Slovenija*

³*Flemish Institute for Technological Research (VITO), Mol, Belgium*

E-mail naslov prvega avtorja: janez.kovac@ijs.si

Surface modifications by atmospheric pressure plasma (APP) technology for advanced wound care products has been developed in the frame of European project IP4Plasma: "Industrial innovations based on EU intellectual property assets in the field of atmospheric pressure plasma technology". IP4Plasma project aims to improve the properties of wound dressings by improving the wound draining behavior like hydrophobic surface with hydrophilic core for optimal adsorption and confinement of exudates and add antibacterial properties to the surface of materials instead of the bulk by plasma deposition of non-silver-containing chemistries.

The APP plasma reactor has been constructed which enables the combination of an atmospheric plasma and the injection of chemicals. It has been designed for industrial production lines, and allows for easy cleaning and maintenance. APP reactor was used for activation of nonwoven substrates by pre-treatment with nitrogen gas and for thin layer deposition of antibacterial coatings. Different parameters of surface plasma treatment were studied. Surface composition and chemical structure of treated materials were analysed by surface sensitive techniques such as X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Time of flight secondary ion mass spectrometry (ToF-SIMS). Plasma treated materials were tested for application oriented properties to evaluate surface wettability and antibacterial properties. Surface analyses of the APP treated materials showed an increase of O/C surface ratio and change of C 1s spectra showing successful bonding of deposited coatings. These results were accompanied by change of surface energy of treated substrates and improvements of antibacterial properties.

Acknowledgment

The research was funded from the EU Programme FP7 under the grant agreement NMP3-SE-2013-604048 within the project with acronym "IP4Plasma", <http://ip4plasma.eu/en/home>

Jedrska kvadrupolna resonanca kot metoda za zaznavo polimorfizma v farmacevtskih učinkovinah

Vojko Jazbinšek¹, Janez Pirnat¹, Zvonko Trontelj¹, Zoran Lavrič², Stane Srčič²

¹Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Ljubljana, Slovenija

²Fakulteta za farmacijo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: vojko.jazbinsek@imfm.si

Polimorfizem je pojav, ko ima lahko določena trdna snov več kot eno kristalno strukturo. Polimorfizem je pomembna lastnost na področju farmacije, tako pri razvoju novih aktivnih farmacevtskih sestavin (AFS) kot tudi v že uveljavljenih farmacevtskih izdelkih. Zlati standard za določitev in potrditev polimorfizma v farmacevtskih produktih je Rentgenska spektroskopska analiza (RSA), saj je najprimernejša z vidika same definicije polimorfizma. Vendar pa običajno zahteva posebno pripravo vzorca in je tako manj primerna za preverjanje morebitnega pojava polimorfizma med samo proizvodnjo zdravil.

Med raziskavami nekaterih AFS v različnih farmacevtskih izdelkih ter pri odkrivanju nekaterih ponarejenih zdravil v zadnjih desetih letih smo opazili, da lahko z jedrsko kvadrupolno resonanco dušika (JKR ¹⁴N) zanesljivo in nedestruktivno določimo prisotnost različnih polimorfni oblik [1-4]. V tej raziskavi smo podrobneje raziskali antibakterijsko zdravilo sulfanilamid, ki vsebuje dva neekvivalentna atoma dušika in kristalizira v treh polimorfni oblikah α , β , γ , ki so vse stabilne pri sobni temperaturi. Ugotovili smo, da lahko z JKR ¹⁴N učinkovito določimo polimorfno obliko, kar ima potencialno uporabo v farmaciji tako pri spremljavi proizvodnje kot pri nadzoru skladiščenja. S študijem temperaturne odvisnosti smo ugotovili, da pri segrevanju polimorf α v temperaturnem območju med 330 in 350 K preide v polimorf β , ki pri temperaturah višjih od 400 K v celoti preide v polimorf γ . NQR meritve nam tako omogočajo spremljavo dinamike tega procesa. V temperaturnem območju od 200 do 330 K kažejo karakteristične črte vseh polimorfov linearno odvisnost frekvence od temperature. Pri tem izstopa polimorf γ , ki ima pri sobni temperaturi karakteristično črto s frekvenco 2541 kHz linearni temperaturni koeficient -1.17 kHz/K, kar omogoča natančno merjenje temperature, saj lahko frekvenco črte izmerimo na vsaj 0.1 kHz natančno.

Metoda je uporabna pri vseh trdnih vzorcih, ki vsebujejo dušik. Prednost te metode v primerjavi z RSA je v tem, da pri JKR spektroskopiji ne potrebujemo posebne priprave vzorcev. Trdni vzorci v svoji začetni obliki (prašek, granulati, tablete ipd.) se lahko uporabijo celo v originalni embalaži, če le-ta ni v celoti kovinska.

[1] Z. Lavrič, J. Pirnat, J. Lužnik, U. Puc, Z. Trontelj, S. Srčič, ¹⁴N Nuclear Quadrupole Resonance Study of Piroxicam: Confirmation of New Polymorphic Form V, J.Pharm. Sci. 104: 1909-1919 (2015)

[2] J. Lužnik, J. Pirnat, V. Jazbinšek, Z. Lavrič, V. Žagar, S. Srčič, J. Seliger, Z. Trontelj, ¹⁴N Nuclear Quadrupole Resonance Study of Polymorphism in Famotidine, J. Pharm. Sci. 103: 2704-2709 (2014)

[3] Z. Lavrič, J. Pirnat, J. Lužnik, J. Seliger, V. Žagar, Z. Trontelj, S. Srčič, Application of ¹⁴N NQR to the study of piroxicam polymorphism, J.Pharm. Sci. 99: 4857-4865 (2010)

[4] J. Pirnat, J. Lužnik, V. Jazbinšek, V. Žagar, J. Seliger, T. M. Klapoetke, Z. Trontelj, ¹⁴N NQR in the tetrazole family, Chem. Phys. 364: 98-104 (2009)

Uporaba nove generacije merilnikov v magnetoencefalografiji

Urban Marhl^{1,2}, A. Jodko-Wladzinska^{3,4}, R. Brühl⁴, T. H. Sander⁴, V.
Jazbinšek¹

¹Oddelek za fiziko, Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Ljubljana, Slovenija

²Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija

³Warsaw University of Technology, Varšava, Poljska

⁴Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin, Nemčija

E-mail naslov prvega avtorja: urban.marhl@imfm.si

Magnetoencefalografija (MEG) je neinvazivna tehnika v nevroznanosti, s katero določimo aktivnost znotraj korteksa na podlagi merjenja magnetnega polja v bližini glave. Ta metoda ima kar nekaj prednosti in slabosti od ostalih metod, ki neinvazivno merijo možgansko aktivnost (elektroencefalografija - EEG, funkcionalno slikanje z magnetno resonanco – fMRI, pozitronska emisijska tomografija - PET). Ima zelo dobro časovno natančnost in hkrati dobro lokalizira področje povečane aktivnosti znotraj korteksa. Med poglavitne slabosti standardnega MEG sistema sodi uporaba tekočega helija za hlajenje superprevodnih SQUID magnetometrov. Sensorji morajo zato biti znotraj termično izolirane posode, zaradi česar so posledično bolj oddaljeni od površine glave, hkrati pa to tudi onemogoča, da bi pacient med meritvijo premikal glavo. V zadnjem desetletju so se na trgu pojavili komercialni optični magnetometri na pare alkalnih kovin (OPM), ki imajo podobno občutljivost kot standardni SQUID magnetometri, ne potrebujejo hlajenja in jih lahko podobno kot elektrode pri EEG postavimo direktno na površino glave. Zaradi teh lastnosti so se ti začeli uporabljati tudi za namene v MEG. V tem delu primerjamo metodi merjenja signalov s standardnim SQUID sistemom in s sistemom, ki za merilnike uporablja OPM magnetometre. Da dobro lokaliziramo povečano aktivnost znotraj možganov je ključno, kako rešimo inverzni problem, pri katerem iz izmerjenih signalov določimo njihov izvor. V delu zato podrobneje opišemo tudi metode, ki so ključne za reševanje tega problema. Za učinkovito lokalizacijo izvorov potrebujemo tudi geometrijske podatke, ki jih dobimo s predhodnim slikanjem z magnetno resonanco in obdelavo teh podatkov. Z OPM in SQUID sistemoma smo napravili prve testne meritve odziva možganov pri zvočni stimulaciji. Analize meritev kažejo, da se rezultati, ki jih dobimo z OPM in SQUID sistemoma, dobro ujemajo.

Aplikacija hibridnih metod za simulacijo transporta delcev na fisijske in fuzijske probleme

Bor Kos^{1,2}, Aljaž Čufar¹, Domen Kotnik^{1,2}, Ivo Kodeli¹, Luka Snoj¹

¹Odsek za reaktorsko fiziko, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

²Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: bor.kos@ijs.si

Ob raznih fisijskih reakcijah (^{235}U , ^{239}Pu , ^{233}U , ^{241}Pu itd.) v jedrskih reaktorjih in fuzijskih reakcijah (Devterij-Devterij, Devterij-Tritij, Devterij-Helij itd.) v fuzijskih reaktorjih nastajajo nevtroni in fotoni oz. žarki gama, ki jih želimo transportirati po raznih geometrijah in s tem določevati dozna polja, nevtronske flukse in spektre, jedrsko gretje etc. Transport nevtronov in žarkov gama, ob določenih predpostavkah, popisuje Boltzmanova transportna enačba. Ker je analitično reševanje Boltzmanove transportne enačbe mogoče le za poenostavljene primere idealnih geometrij, se reševanja običajno lotimo z determinističnimi in stohastičnimi metodami.

S pomočjo determinističnih metod numerično rešujemo Boltzmanovo transportno enačbo. V eni izmed najbolj razširjenih numeričnih metod, metodi diskretnih ordinat (S_n), se zvezne spremenljivke (prostor, energija in kot) diskretizirajo. Metoda S_n je relativno hitra a računalniško spominsko intenzivna metoda. Rezultati S_n metod so globalni a njihova natančnost je podvržena poenostavitvam uvedenimi z diskretizacijo zveznih spremenljiv. Stohastične oziroma Monte Carlo metode s pomočjo naključnega vzorčenja velikega števila življenjskih ciklov delca (nevtrona, žarka gama, elektrona etc.) ocenjujejo povprečne vrednosti zelenih veličin. V nasprotju z determinističnimi metodami, pri stohastičnem pristopu ne obravnavamo direktno transportne enačbe in načeloma ne vnašamo negotovosti v simulacijo. Stohastične metode so procesorsko intenzivne metode ker se k pravi vrednosti približujejo s korensko odvisnostjo od števila simuliranih življenjskih ciklov delcev.

Pri problemih kjer je med izvorom in detektorjem material z visoko atenuacijo tako imenovane *analogne* stohastične simulacije v praktičnem računskem času ne dosežejo statistično relevantnih rezultatov. Z združevanjem dobrih lastnosti determinističnih in Monte Carlo metod preko principa redukcije variance nove *hibridne metode* pospešijo konvergenco analognih stohastičnih simulacij. Stohastične in deterministične metode lahko kombiniramo tako, da s pomočjo determinističnih metod izračunamo pomembnost posameznega delca s pomočjo adjungiranega fluksa, ki ga fizikalno interpretiramo kot prostorsko in energijsko odvisno funkcijo pomembnosti za odziv detektorja. Pomembnosti delcev v drugem koraku uporabimo za pospeševanje konvergence stohastičnega preračuna. Takšne kombinacije determinističnih in stohastičnih preračunov se poslužuje hibridna koda ADVANTG [1]. Na Odseku za Reaktorsko fiziko Instituta "Jožef Stefan" je bila koda ADVANTG sprva validirana in evalvirana na več referenčnih eksperimentih in nato aplicirana na več kompleksnih fuzijskih in fisijskih problemih.

[1] S.W. Mosher et.al., "ADVANTG—An automated variance reduction parameter generator", ORNL/TM-2013/416 Rev. 1, ORNL, 2015.

Frekvenčno podvojeni CPA hibridni laser z ultrakratkimi pulzi za visoko natančne obdelave v industriji

Luka Černe¹, Jaka Petelin¹, Vid Agrež¹, Marko Šajn¹, Rok Petkovšek¹

¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: luka.cerne@fs.uni-lj.si

Predstavljen je hibridni laserski sistem, ki je sestavljen iz vlakenske pred-ojačevalne stopnje in dodatne trdninske ojačevalne stopnje. Laserski sistem temelji na principu ojačenja časovno razširjenih laserskih pulzov (CPA), kar omogoča generacijo ultrakratkih pulzov visokih energij. Zasnovan je v konfiguraciji oscilator-ojačevalnik (MOPA), pri čemer pulze iz vlakenskega oscilatorja ojačamo v enkratnem prehodu skozi vlakenski in trdninski ojačevalnik. Ultrakratke pulze iz vlakenskega oscilatorja pred ojačenjem časovno razširimo, s čemer zmanjšamo vpliv nelinearnih optičnih pojavov v vlakenskem ojačevalniku. Dodatno ojačenje nato dosežemo v trdninskem ojačevalniku, kjer je zaradi večjega premera snopa v ojačevalnem mediju vpliv nelinearnih optičnih pojavov zanemarljiv. Izhodne pulze nato časovno skrčimo z uporabo uklonske mrežice, s čimer dosežemo ultrakratke bliske z visokimi vršnimi močmi. Ultrakratke bliske lahko nato frekvenčno podvojimo, pri čemer iz 1030 nm dobimo lasersko svetlobo z valovno dolžino 515 nm. Frekvenčno podvajanje omogoči delovanje v t. i. načinu pulz na zahtevo. Delovanje v načinu pulz na zahtevo in ultrakratki bliski visokih energij so zelo zanimivi v množici industrijskih aplikacij. Z omenjenim sistemom, smo dosegli laserske pulze s časom trajanja 450 fs in energijo 220 μ J pri valovni dolžini 1030 nm. Pri podvajanju pa smo dosegli 80 % izkoristek pretvorbe iz 1030 nm v 515 nm.

Hybrid technique for characterization of human skin by combining machine learning and inverse Monte Carlo approach

Nina Verdel¹, Jovan Tanevski¹, Sašo Džeroski², Boris Majaron^{1,3}

¹"Jožef Stefan" Institute, Department of Complex Matter, Ljubljana, Slovenia

²"Jožef Stefan" Institute, Department of Knowledge Technologies, Ljubljana, Slovenia

³ Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana, Slovenia

E-mail naslov prvega avtorja: nina.verdel@ijs.si

We have recently introduced a methodology for noninvasive assessment of structure and composition of human skin, based on combined pulsed photothermal radiometry (PPTR) and diffuse reflectance spectroscopy (DRS)[1,2]. PPTR involves measurement of transient dynamics in mid-infrared (IR) emission from sample surface after exposure to a short light pulse. In addition to assessment of optical properties of homogenous samples, light-induced temperature depth profiles can also be determined from such radiometric signals [1, 2].

DRS in visible and near-IR part of the spectrum is a popular experimental technique in biomedical optics. However, quantitative assessment of the chromophore contents in multi-layered organs, such as human skin, requires prior knowledge about their depth distribution (i.e., thicknesses of its characteristic layers at the investigated site).

Combining PPTR and DRS overcomes their individual weaknesses. Such an approach allows assessment of the contents of specific chromophores (melanin, oxy-, and deoxyhemoglobin), thicknesses of the epidermis and dermis, as well as their scattering properties. We achieve this by objective fitting of measured PPTR signals and DRS with corresponding predictions from a numerical model of light-tissue interaction (i.e., inverse MC approach, IMC). In the present analysis we apply a four-layer optical model of skin, accounting for the epidermis, papillary and reticular dermis, and subcutis [3, 4].

However, the involved iterative multi-dimensional optimization using the MC forward model is computationally very expensive, and can take more than 1 hour for a single run on a personal computer with a high performance graphics card (NVIDIA GTX 1080). In addition, each optimization task must be repeated several times to control the inevitable numerical noise and facilitate escape from local minima. Therefore, we recently introduced a predictive model (PM)⁷ based on machine learning technology. The PM predicts all parameter values in 0.3 sec. The values predicted by the PM are very similar to the IMC result for all model parameters, but there are some concerns about accuracy as presented earlier⁷, therefore in this paper we present HM, which combines a PM and IMC approach. The HM technique utilizes the IMC approach with the initial values obtained from PM. The approach provides results with lower residual norms and reduced variance as compared to the IMC at significantly shorter computation times.

[1] Milanič, M., Serša, I., Majaron, B., "A spectrally composite reconstruction approach for improved resolution of pulsed photothermal temperature profiling in water-based samples," *Phys. Med. Biol.* 54(9), 2829–2844 (2009).

[2] Milner, T. E., Goodman, D. M., Tanenbaum, B. S., Nels

[3] Verdel, N., Lentsch, G., Balu, M., Tromberg, B. J., Majaron, B., "Noninvasive assessment of skin structure by combined photothermal radiometry and optical spectroscopy: coregistration with multiphoton microscopy," *Appl. Opt.* 57(18), D117–D122 (2018).

[4] Verdel, N., Marin, A., Milanič, M., Majaron, B., "Physiological and structural characterization of human skin in vivo using combined photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy" *BOEx*, 10(2), (2019).

Visoko občutljiva izvedba sistema FROG za karakterizacijo pikosekundnih laserskih pulzov

Peter Šušnjar¹, Rok Petkovšek¹

¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

E-mail naslov prvega avtorja: peter.susnjar@fs.uni-lj.si

Spektralno razločena avtokorelacija (angl. FROG) je ena izmed najpogosteje uporabljenih metod za celostno karakterizacijo ultrakratkih laserskih pulzov. Omogoča namreč določitev tako ovojnice pulza, kot tudi sam časovni potek faze elektromagnetnega valovanja tekom pulza. Signal intenzitete avtokorelacije pulza ustvarimo z nelinearno interakcijo pulza in njegove časovno zakasnjene replike, običajno kot frekvenčno podvajanje v nelinearnem kristalu. Signal (frekvenčno podvojeno svetlobo) nato spektralno razločimo pri vsakem časovnem zamiku, tako da dobimo eksperimentalni približek spektrograma imenovan FROG sled. S pomočjo iterativnega algoritma nato rekonstruiramo obliko pulza, tako da minimaliziramo razliko med eksperimentalno sledjo in sledjo, ki bi jo v idealnem primeru ustvaril rekonstruiran pulz. Tu predstavljena različica sistema FROG je optimizirana za karakterizacijo šibkih pikosekundnih pulzov pri centralni valovni dolžini 1030 nm. Da bi povečali učinkovitost frekvenčnega podvajanja smo uporabili kolinearno geometrijo, močno fokusiranje in visoko nelinearni kristal PPLN. Za vhodno režo spektrometra služi kar grlo žarka v kristalu, saj na ta način zberemo vso frekvenčno podvojeno svetlobo. Resolucija spektrometra je ocenjena na 30 pm. Končna demonstrirana občutljivost našega sistema FROG, definirana kot produkt vršne (2.6 mW) in povprečne moči (750 nW), pri kateri lahko zaznani signal še vedno uspešno rekonstruiramo, znaša $2 \times 10^{-3} \text{ (mW)}^2$.