

СРПСКА АКАДЕМИЈА НЕЛИНЕАРНИХ НАУКА

Осми колоквијум: Обележавање 70-ог рођендана проф. др Миливоја Белића, редовног члана САНН

Среда 17. фебруар 2021, почетак од 17 часова

Видео предавања преко Zoom-а

ПРОГРАМ

17.02.2021.

17:00-17:30 Ненад Швракић, **Миливој Белић: колега, сапутник и другар**

17:30-18:00 Александра Стринић, **Нелинеарне интеракције светлости и материје: приказ научних активности и доприноса проф. др Миливоја Белића**

18:00-18:30 Wieslaw Krolikowski, **From photorefractive effect to spatial solitons**

18:30-19:00 Слободан М. Вуковић, **Површински таласи на граници хиперболичких плазмонских метаматеријала**

19:00-19:30 Душан Јовановић, **Адијабатска кинетичка теорија интеракције ултрајаких фемтосекундних ласерских импулса са плазмом. Скалирање квазистационарних стања у ултрарелативистичком режиму: шиљци, врхунци и мехури**

19:30-20:00 Жељко Шљиванчанин, **Атоми прелазних метала адсорбовани на 2D материјалима као једноатомски катализатори**

(Предавања трају по 25 минута, а дискусије по 5 минута.)

Предавања ће се одржати преко Zoom платформе, линк и кратко упутство ћете добити касније.

А П С Т Р А К Т И

МИЛИВОЈ БЕЛИЋ: КОЛЕГА, САПУТНИК И ДРУГАР

Ненад Швракић

Ово је презентација личног сећања на време дуго пола века – заиста, недавно је прошло тачно 50 година од кад сам упознао Миливоја, на првој години студија физике у Београду. Та 1970. је била веома добра година за физичаре на ПМФ-у. Многи студенти уписани те године су изградили значајне каријере и научно се афирмисали у свету.

Да би то постигли, познато је да су физичари често приморани да живе номадски живот, селећи се од факултета до института, од континента до континента. Таква судбина и животна путања је задесила и мене и Миливоја (и многе друге колеге, наравно): по завршетку редовних студија, 1974., обојица смо отишли на постдипломске у САД, он на Источну обалу, ја на Мидвест. Након тога су наше трајекторије наставиле да се разилазе, али су се касније, током година, опет укрштале. Заједно смо се затекли, прво на Институту за физику у Београду неколико година, па у Немачкој у два наврата, па у USA на истом универзитету, па опет у Београду на пар година, и онда смо опет завршили на различитим местима у USA. Занимљиво је да, мада смо се бавили сличном генералном проблематиком у физици, нисмо имали заједнички научни рад. Тек са Миливојевим запослењем у Катару, где је солидније бацио сидро, имали смо прилику да радимо на заједничком пројекту и штампамо неколико заједничких радова.

У овом излагању покушаћу да се што верније присетим неколицине заједничких догађаја са овог полувековног путовања које ћу представити у до сада непознатом наративном облику званом “вињете са Белим”.

НЕЛИНЕАРНЕ ИНТЕРАКЦИЈЕ СВЕТЛОСТИ И МАТЕРИЈЕ: ПРИКАЗ НАУЧНИХ АКТИВНОСТИ И ДОПРИНОСА ПРОФ. ДР МИЛИВОЈА БЕЛИЋА

Александра Стринић

Истраживачки интерес проф. Белића фокусиран је од почетка на теоријску физику, посебно на нелинеарну оптику и динамику нелинеарних оптичких система. Његов рад у нелинеарној оптици је био усмерен на мешање таласа, фоторефрактивне ефекте и просторне солитоне. У области нелинеарне динамике, развио је теорију оптичких нестабилности и хаоса, трансверзних оптичких структура и динамике дефеката. У другим областима, као што су физика кондензоване материје, Миливој Белић је радио на фоторефрактивним материјалима и дефектима. У компјутерској физици, скоро четири деценије, имао је кључну улогу у развоју све софистициранијих нумеричких алгоритама за решавање система парцијалних диференцијалних једначина у простору и времену.

Каснија истраживања су везана за копропагирајуће и контрапропагирајуће локализоване таласе у фотоничним решеткама и таласоводима, Андерсонову локализацију светлости у неуређеним оптичким решеткама, теоријско третирање Бозе-Ајнштајнове кондензације у хладним атомским гасовима, као и аналитичко решавање различитих еволутивних парцијалних диференцијалних једначина у различитим областима физике и математике. Такође је изучавао динамику пропагирајућих солитона и самоорганизованих зрака у јако нелокалним медијима, какви су нематични течни кристали. Изучавао је солитонску пропацију у нелинеарним диелектричним срединама у случају спиралних таласовода, за ниске и високе фреквенције таласовода. Представио је генерални варијациони приступ за аналитичко рачунање параметара солитона, који укључује различите врсте нелинеарности.

Последњих година проф. Белић је анализирао пропацију ласерске светлости и контролу у атомским парама и диелектричним срединама. Изучавао је интеракцију Ејријевих зрака и нелинеарних убрзаних зрака, као и индукованих солитона у Кер и засићеним нелинеарним срединама. Проф. Белић је проширио границе нелинеарне фотонике на друга истраживачка подручја, попут линеарне и нелинеарне Фуријеове оптике, пропације тзв. светлосних метака, као и пропације светлости у микроталасним и THz метаматеријалима. Посебно су интересантна истраживања Талботових светлосних ћелија, те пропације у фракционим Шредингеровим и таласним једначинама.

Проф. Белић је покренуо иновативан и енергичан међународно конкурентни истраживачки програм у новом пољу емулације појава у квантној механици и релативистичкој физици који нису доступни директној експерименталној верификацији, аналогним лакше доступним појавама у оптичким системима. Отворио је другачији начин проучавања фотона на нано скали, показујући нове могућности за оптички индуковани магнетизам у диелектрицима високог индекса и стварајући нове парадигме за ефикасну манипулацију и контролу светлости на подталасним дужинама.

Сав овај посао проф. Белић обављао је у блиској сарадњи са многобројним својим сарадницима, како у Србији тако и широм света.

FROM PHOTOREFRACTIVE EFFECT TO SPATIAL SOLITONS

Wieslaw Krolikowski

I have been working in the field of nonlinear optics since 1985. In 1987, being a PhD student I had a pleasure and honor to be invited by Milivoj Belic to Max Planck Institute for Quantum Optics in Garching, Germany, to collaborate on various aspects of photorefractive nonlinear optics. Three months of intense work resulted in three joint journal papers which, subsequently, constituted big chunk of my PhD thesis.

My stay in Garching and collaboration with Milivoj made a tremendous impact on my personal and professional life, ultimately leading to my move from Australia to Doha in 2014. In this talk I will discuss briefly our joint contributions to the field of nonlinear optics.

References:

1. W Krolikowski, *Multi-grating phase conjugation in photorefractive media*, Optics Commun. **60**, 319 (1986).
2. W Krolikowski, MR Belić, *Multigrating phase conjugation: exact results*, Opt. Lett. **13**, 149 (1988)
3. W Krolikowski, MR Belić, A Bledowski, *Phase transfer in optical phase conjugation*, Phys. Rev. A **37**, 2224 (1988).
4. MR Belić, W Królikowski, *Multigrating optical phase conjugation: numerical results*, J. Opt. Soc. Am. B **6**, 901 (1989).
5. W Królikowski, MR Belić, M Cronin-Golomb, A Błędowski, *Chaos in photorefractive four-wave mixing with a single grating and a single interaction region*, J. Opt. Soc. Am. B **7**, 1204 (1990).
6. MR Belić, D Timotijević, W Krolikowski, M. Cronin-Golomb, *Multigrating phase conjugation: chaotic results* J. Opt. Soc. Am. B **8** (8), 1723 (1991).
7. A Stepken, MR Belić, F Kaiser, W Krolikowski, B Luther-Davies, *Three dimensional trajectories of interacting incoherent photorefractive solitons*, Phys. Rev. Lett. **82**, 540 (1999).
8. C Denz, W Krolikowski, J Petter, C Weilmann, T Tschudi, MR Belić, F Kaiser, *Dynamics of formation and interaction of photorefractive screening solitons*, Phys. Rev. E **60**, 6222 (1999).
9. A Stepken, F Kaiser, MR Belić, W Krolikowski *Interaction of incoherent two-dimensional photorefractive solitons*, Phys. Rev. E **58** (4), R4112 (1998).
10. GF Calvo, F Agullo-Lopez, M Carrascosa, MR Belić, W Krolikowski, *Locality vs. nonlocality of $(2+1)$ -dimensional light-induced space-charge field in photorefractive crystals*, Europhys. Lett. **60** (6), 847 (2002).
11. YV Izdebskaya, VG Shvedov, AS Desyatnikov, WZ Krolikowski, M Belić, ... *Counterpropagating nematicons in bias-free liquid crystals*, Opt. Express **18** (4), 3258 (2010).
12. V Skarka, N Aleksić, W Krolikowski, D Christodoulides, B Aleksić, M Belić, *Linear modulational stability analysis of Ginzburg–Landau dissipative vortices*, Opt. Quantum Electron. **48** (4), 240 (2016).
13. V. Skarka, N. B. Aleksic, W. Krolikowski, D.N. Christodoulides, S. Rakotoarimalala, B. N. Aleksic, M. Belic, *Self-structuring of stable dissipative breathing vortex solitons in colloidal nanosuspensions*, Opt. Express, **25** (9), 10090 (2017).

ПОВРШИНСКИ ТАЛАСИ НА ГРАНИЦИ ХИПЕРБОЛИЧКИХ ПЛАЗМОНСКИХ МЕТАМАТЕРИЈАЛА

Слободан М. Вуковић

Пошто је овај колоквијум посвећен 70 – том рођендану нашег Миливоја Р. Белића, на почетку ћу се кратко осврнути на наш први заједнички рад, који је објављен још пре 37 година у часопису *Computer Physics Communications*. Рад је посвећен налажењу ефикасног алгорита за нумеричко решавање спрегнутих нелинеарних једначина Захарова у 2+1 димензији.

Главни део излагања биће посвећен оптичким особинама вештачких материјала, који представљају периодичне слојевите структуре металних наномембрана раздвојених диелектричним слојевима. Електромагнетни површински таласи постоје на границама метала и диелектрика (**surface plasmon polaritons**) и њихово проучавање чини данас посебну грану науке која се назива „плазмоника“. У том смислу, од посебног интереса су **плазмонски метамаријали** који представљају периодичне метал-диелектрик наноструктуре где су површинске моде са различитих граница међусобно спрегнуте. Ако се напр. таква метал-диелектрик супер-решетка (са периодом реда 10 nm) на неком месту прекине настају нове површинске моде. **Хиперболички материјали** представљају екстремно анизотропне материјалне средине чије се дијагоналне компоненте тензора пермитивности разликују по знаку. Због тога се такав материјал понаша као метал за једну, а као диелектрик за другу поларизацију светлости. Такве особине доводе до хиперболичког типа дисперзије у к-простору, где су изофреквентне контуре хиперболичне површине I-ог или II -ог типа, без ограничења на интензитет таласног вектора.

АДИЈАБАТСКА КИНЕТИЧКА ТЕОРИЈА ИНТЕРАКЦИЈЕ УЛТРАЈАКИХ ФЕМТОСЕКУНДНИХ ЛАСЕРСКИХ ИМПУЛСА СА ПЛАЗМОМ. СКАЛИРАЊЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНИХ СТАЊА У УЛТРАРЕЛАТИВИСТИЧКОМ РЕЖИМУ: ШИЉЦИ, ВРХУНЦИ И МЕХУРИ

Душан Јовановић

Миљивој Белић је истраживао нелинеарне појаве у интеракцији ласерског зрачења у широком опсегу интензитета и са различитим материјалима. У случају екстремно великих снага ласерског импулса реда од неколико стотина теравата, достижних постојећим ласерима, па до неколико десетина петавата (petaWatt), које ће бити реализоване у следећој генерацији ласера мета је увек у стању плазме а брзине електрона у ласерском пољу су релативистичке. У таквом режиму пондеромоторни ефекти производе значајну неравнотежу између електрона и јона и екстремно велика електрична поља у правцу простирања ласерског импулса.

У овом раду је аналитички и нумерички проучавана интеракција ултракратког ($\sim fs = 10^{-15}s$) снажног (≥ 10 petaWatt) ласерског импулса облика палачинке са прозачном плазмом, у режиму рада у коме су брзине кретања електрона у пољу ласера ултрарелативистичке. Са овако снажним ласерима следеће генерације биће могућа изградња компактних убрзача (акцелератора) електрона до енергија од више гига електрон волти (GeV) и компактних извора кохерентних гама зрака, односно ласера са фреквенцијом реда терагерца (THz).

Адијабатску еволуцију квазистационарне функције расподеле електрона разрешили смо пратећи појединачне електроне дуж њихових нелинеарних путања у фазном простору. Процењено је се да се под условима типичним за ласерско-плазмене убрзаче са енергијама од више GeV, квазистационарна расподела честица успоставља већ када импулс продре у плазму око 1 mm , што је само $5 - 10\%$ укупне дужине интеракције. Утврђено је да је „пуњење снопа електрона“ најважнији честични ефекат, који није могао бити анализиран ранијим хидродинамичким моделима. Он потиче од електрона који су се одбили од максимума ефективног потенцијала, а чији један део може постати заробљен у суседном, временски зависном минимуму потенцијала. Учешће одбијених електрона у динамици плазме је знатно умањено због релативистичког повећања масе. Њихова густина је експоненцијално мала када је електронска температура нерелативистичка, али може постати упоредива са густином непертурбоване плазме ако температура електрона износи само неколико процената енергије мировања електрона $m_{0,e}c^2$. Нумерички прорачуни у присуству пуњењења снопа и у режиму јаког интензитета, заснован на апроксимацији троструке временске скале, откривају стварање мехура у густини електрона, заједно са појачавањем и ломљењем нелинеарног Лангмировог репа које се дешава истовремено са стварањем оштрог скока функције расподеле и врхунца (максимума) густине електрона, на месту где је наступило ломљење таласа.

АТОМИ ПРЕЛАЗНИХ МЕТАЛА АДСОРБОВАНИ НА 2D МАТЕРИЈАЛИМА КАО ЈЕДНОАТОМСКИ КАТАЛИЗАТОРИ

Жељко Шљиванчанин

Традиционални хетерогени катализатори се састоје од ситних металних честица распршених по подесно изабраној, најчешће оксидној, подлози и тек мали број драгоцјених атома прелазних метала са површине металних честица непосредно учествују у релевантним каталитичким процесима. Последњих година се интензивно покушава са реализацијом идеје да се величина поменитих металних честица смањи до једног атома и тиме обједине предности хомогених и хетерогених катализатора. Примјеном теорије функционала густине (DFT) смо истраживали структурну стабилност, електронске и каталитичке особине атома прелазних метала адсорбованих на структурним дефектима у графену и хексагналном нитриду бора. Користећи као модел адсорпцију атома водоника и њихову синтезу у молекул, међу разматраним атомима смо пронашли неколико могућих кандидата, способних да ове процесе веома ефикасно катализују [1].

References:

1. D. N. Sredojević, M. R. Belić, Ž. Šljivančanin, “Hydrogen evolution reaction over single-atom catalysts based on metal adatoms at defected graphene and h-BN”, J. Phys. Chem. C **124**,16860 (2020).