

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ

Земун

Прегревица 118

Предмет: Доношење одлуке о усвајању допуњених програма: 1.Програм научно-истраживачког рада Центра и 2.Програм развоја научноистраживачког подмлатка Центра за физику чврстог стања и нове материјале Института за физику а ради поновне акредитације Центра као Центра изузетних вредности у области нанонаука и нанотехнологија

Радна група Одбора за акредитацију научноистраживачких организација је 13. 06. 2018 године обишла Центар за физику чврстог стања и нове материјале Института за физику и том приликом усмено пренела недостатке поднетог материјала за акредитацију Центра за физику чврстог стања и нове материјале као Центра изузетних вредности у области нанонаука и нанотехнологија и то:

1. Списак објављених радова сарадника Центра треба да садржи радове само у периоду од 2014 до 2017 године. При томе, имена сарадника Центра у коауторским радовима треба да буду истакнута полумасним словима.
2. Треба допунити Програм научноистраживачког рада Центра и Програм развоја научноистраживачког подмлатка Центра и доставити га заједно са одлуком Научног већа ИФ-а о прихватању допуњених програма.
3. У обрасцу 3 - Центри изузетних вредности - попунити одговор бр. 32 Облик валоризације/тржишне комерцијализације у оквиру поглавља Научно-истраживачка сарадња оснивача са привредним и другим организацијама у последње четири године, а која се односи на ефикасност и ефикасност.

У прилозима који следе Научном већу Института за физику се достављају допуњени програми и то:

1. Програм научноистраживачког рада Центра
2. Програм развоја научноистраживачког подмлатка Центра

ради усвајања. Молимо вас да се разматрање наведених програма и њихово усвајање обави на првој наредној седници Већа

У Београду, 27.06.2018. године

Руководилац
Центра за физику чврстог стања и нове материјале
Института за физику Универзитета у Београду

Академик Зоран В. Поповић

ПРОГРАМ НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКОГ РАДА ЦЕНТРА

Програм научноистраживачког рада Центра за физику чврстог стања и нове материјале део је Дугорочног програма научноистраживачког рада Института за физику, који је усвојен од стране Научног већа Института за физику, а који се наслања на Стратегије научноистраживачког рада Републике Србије. Основна начела на којима се заснива овај програм су компетитивност и сарадња. Компетитивност се огледа у квалитету и атрактивности истраживања и броју и квалитету објављених научних радова. Кроз међународну сарадњу, с једне стране, показујемо атрактивност привлачења партнера за предложена истраживања, а с друге стране, одржавамо и даље повећавамо компетитивност истраживача Центра.

1. Научна продукција

У претходне четири године (2014, 2015, 2016 и 2017) истраживачи Центра су били аутори **158 радова у међународним часописима** (13 у М21а категорији, 87 у М21 категорији, 34 у М22 категорији и 24 у М23 категорији). Узимајући у обзир да Центар броји 47 сарадника заједно са докторндима, просечан број објављених радова годишње је 0,84 по истраживачу, што је за 50% више од просека научне заједнице у Србији. Треба истаћи да је од 158 радова највећи део (63%) М21 категорије (13 М21а+87 М21), што још више афирмише квалитет истраживања који је одвија у Центру.

2. Научни пројекти и колаборације

У текућем пројектном циклусу (од 2011. до данас) Центар за физику чврстог стања и нове материјале је носилац 2 пројекта основних истраживања и 2 пројекта интегрисаних и интердисциплинарних истраживања. Основни подаци о текућим научноистраживачким пројектима финансираним од стране МПНТР су дати у следећој табели.

Број пројекта	Назив пројекта	Руководилац пројекта	Број истраживача / месеци
171005	Физика уређених наноструктура и нових материјала у фотоници	др Радош Гајић, научни саветник, ИФ	16/140
171032	Физика наноструктурних оксидних материјала и јако корелираних система	др Зорана Дохчевић Митровић, научни саветник, ИФ	7/84
45003	Оптоелектронски нанодимензиони системи - пут ка примени	др Небојша Ромчевић, научни саветник, ИФ	14/160
45018	Наноструктурни мултифункционални материјали и нано композити	др Зоран В. Поповић, научни саветник, ИФ	10/120

Центар је такође изузетно ангажован на реализацији како домаћих тако и међународних пројеката и колаборација, и по овим активностима предводи научноистраживачки сектор Републике Србије.

У периоду од 2014. године до данас се научноистраживачка активност одвија на укупно 30 пројеката међународне сарадње. Од овог броја 1 пројекат је из Хоризонт 2020 програма, 24 пројеката су из оквира билатералне сарадње, а 5 пројеката спадају у мултилатералну сарадњу (COST акције). Списак меународних пројеката даје се у прилогу.

У наредном периоду нас чека нови циклус националних пројеката. Циљ нам је да у новом циклусу компетитивних пројеката наставимо успехе из претходног периода. Очекујемо да ће национални пројекти и даље покривати пун ангажман свих наших истраживача. Гарант тога је квалитет свеукупног научноистраживачког рада на У Центру. Очекујемо, такође, даље благо повећање процената истраживач месеци који се реализују на пројектима које координира Центар. По питању међународних пројеката и колаборација постоји простор за осетно проширење.

ПРОГРАМИ ИСТРАЖИВАЊА ЦЕНТРА ЗА ФИЗИКУ ЧВРСТОГ СТАЊЕ И НОВЕ МАТЕРИЈАЛЕ

1. Лабораторија за чврсто стање

Руководилац: академик Зоран Поповић, научни саветник

Програм истраживања:

Истраживања из области физике чврстог стања и физике материјала, са нагласком на проучавања оптичких, транспортних и магнетних својстава широке групе материјала од полупроводника и суперпроводника до изолатора и магнетних материјала. Нагласак експерименталног рада је на проучавању вибрацијских својстава проучаваних материјала. Теоријска истраживања су везана за прорачуне фононске и магнонске дисперзије проучаваних материјала.

На проблематици проучавања **материјала са јаким електронским корелација** ангажовани су:

1. академик Зоран В. Поповић, научни саветник
2. др Ненад Лазаревић, виши научни сарадник
3. др Дуња Поповић, научни сарадник
4. Марко Опачић, истраживач сарадник
5. Ана Милосављевић, истраживач сарадник
6. Сања Ђурђић, студент

Основна једињења суперпроводника на бази гвожђа и купрата испољавају Нилово магнетно уређење. Неочекивано, FeSe испољава нематични фазни прелаз на око 89 К али не и магнетно уређење. Наши прелиминарни резултати добијени методом раманске спектроскопије указују на фрустрирано Нилово уређење и флукуације синских трака са критичним вектором блиским $(\pi, 0)$ а у супротности са петходном интерпретацијом орбиталних флукуација повезаних са Померанчуковом нестабилности. Како би разрешили ове контроверзе, биће извршена детаљна студија FeSe методама оптичке спектроскопије. Поред тога, биће извршена студија Fe(Se:S) са посебним акцентом на електрон-фонон интеракцију. Поред наведених материјала, ново-синтетисани припадници ове изазовне класе суперпроводника биће предмет наших истраживања

Недавно је показано да кристали $(A,R)MnBi_2$ ($A= Sr, Ca, Ba, R=Eu, Yb$) испољавају квази-2Д стања, слична графену и тополошким изолаторима. Екситације решетке, спина и наелектрисања су још увек неиспитане и биће предмет наших истраживања користећу Раманову спектроскопију као и скенирајућу-тунелирајућу спектроскопију. У оквиру наведених истраживања биће унапређене постојеће експерименталне поставке за раманско расејање и развијена поставка за електронско раманско расејање.

На пројектима везаним за **оптичка својства наноматеријала** учествују

1. академик Зоран В. Поповић, научни саветник
2. др Маја Шћепановић, научни саветник
3. др Александар Голубовић, научни саветник
4. др Мирјана Грујић-Бројчин, научни саветник
5. др Зорица Константиновић, виши научни сарадник
6. др Наташа Томић, истраживач сарадник

(1) Планира се наставак рада на синтези и карактеризацији нанопрахова различите морфологије (са наночестицама сферног, вретенастог, штапићастиг облика) и других наноструктура (наножица, нанотрака, нанотуба, наноцеви, танких филмова) у циљу испитивања, како њихових фундаменталних својстава, тако и могућности њихове примене. За синтезу ће углавном бити кориштене сол-гел и хидротермална метода, као и метода преципитације, док ће се за карактеризацију наноматеријала примењивати методе оптичке спектроскопије (Раманова, инфрацрвена и UV-Vis спектроскопија и спектроскопска елипсометрија), микроскопске технике (SEM, AFM, STM), дифракција X-зрака и анализа физисорпције азота. Анализа експериментално добијених резултата ће укључивати и њихово поређење са резултатима одговарајућих нумеричких симулација. Посебна пажња ће бити посвећена оптимизацији услова синтезе наноматеријала са становишта њихове примене у фотокаталитичкој деградацији органских загађивача (фармацеутских загађивача, боја, пестицида и хербицида) у води под дејством ултраљубичасте и/или видљиве светлости, као и симулираног сунчевог зрачења.

(2) Ферит бизмута је један од материјала који највише обећава приликом избора за уређаје на бази мултифероика у области спинтронике, фотонике, итд. $BiFeO_3$ танки слојеви са наноструктурама, који показују гигантску поларизацију на собној температури, отварају огромне могућности за формирање разних фероелектричних домена који директно утичу на њихове макроскопске особине. У наредном периоду испитаћемо утицај самоуређених наноструктура на површини танких слојева на фероелектричне и оптичке особине и повезаћемо кинетичке параметре приликом припреме $BiFeO_3$ са њиховом структуром и електронским особинама.

На пројектима везаним за **проучавање материјала културног наслеђа** учествују

1. др Маја Шћепановић, научни саветник
2. др Мирјана Грујић-Бројчин, научни саветник

Наставиће се проучавање материјала културног наслеђа (керамике, бојене површине, пигменти, мозаици, итд) применом метода оптичке спектроскопије како би се на бази претходно стечених знања у истраживању савермених материјала развиле интерне стратегије у спектроскопским испитивањима материјала од историјског значаја. Проучавање археолошких материјала различитог порекла усмерено је ка унапређивању

наших експерименталних техника и квалитетној интерпретацији експерименталних резултата.

На проблематици проучавања **биолошких материјала** ангажовани су:

1. академик Зоран В. Поповић, научни саветник
2. др Ненад Лазаревић, виши научни сарадник
3. Јасмина Лазаревић, истраживач сарадник

(1) Матичне ћелије су од кључног значаја у развоју регенеративне медицине. С обзиром на то да је ова област у експанзији, вршићемо анализу диференцијационог статуса примарних мезенхималних матичних ћелија из периодонталног лигамента методом раманске спектроскопије. Ћелије добијене од здравих, одраслих донора стимулисаћемо да диференцирају ка остеогеној, хондрогеној и адипогеној лози и поредити са контролним узорком – примарним матичним ћелијама. Извршиће се адекватна асигнација раманских спектра, директно поредити спектри две групе ћелија (матичних и опредељених), идентификовати и одредити разлике, а ради њиховог додатног истицања, применићемо и мултиваријантну статистичку анализу спектра, којом ћемо постићи раздвајање на основу заједничких особина и смањити димензионалност узорка.

(2) Према тренутно доступним информацијама, до 2050. године предвиђено је да ће од Алцхајмерове болести оболети више од 100 милиона људи. С обзиром да је клиничко дијагностиковање болести засновано на медицинској историји пацијента и когнитивним симптомима који се јављају када је болест већ у поодмаклом стадијуму, као и на искључивању деменција другог порекла које имају сличну клиничку слику, јавила се потреба за брзом и правовременом, али и мање скупом методом која ће недвосмислено потврдити болест већ у раном стадијуму. Стога, планирана је примена раманске спектроскопије у анализи биолошких течности, пре свега крвне плазме и цереброспиналне течности, пацијената оболелих од Алцхајмерове болести, ради идентификације карактеристичних биолошких маркера (бета амилоида и тау протеина), поређење са узорцима добијеним од здравих индивидуа, као и са узорцима пацијената оболелих од других облика деменције.

У изради докторских теза и комисијама за одбрану ангажовани су

1. академик Зоран В. Поповић, научни саветник
2. др Маја Шћепановић, научни саветник
3. др Мирјана Грујић-Бројчин, научни саветник
4. др Ненад Лазаревић, виши научни сарадник
5. др Зорица Константиновић, виши научни сарадник

Истраживачи који су ангажовани на докторским студијама:

1. Марко Опачић*, докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.
2. Ана Милосављевић, докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду.
3. Јасмина Лазаревић, докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду

4. Сања Ђурђић, докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду уписаће у 2018. години.
* Докторску дисертацију одбранио у јуну 2018. године.

Од наставника ангажовани су на докторским студијама као професори и ментори:

1. Зоран В. Поповић (Електротехнички факултет, Физички факултет, Полицијска академија)
2. Ненад Лазаревић (Физички факултет, Полицијска академија)

2. Лабораторија за графен, друге 2Д материјале и уређене наноструктуре

Руководилац: др Радош Гајић, научни саветник

Програм истраживања:

Лабораторија се бави истраживањем 2Д материјала, њихових хетероструктура као и уређених наноструктура у фотоници, која укључује оптичке, електричне, термалне и механичке особине. Ово подразумева и пројектовање структура са погодним особинама за примене. Истраживање обухвата фабрикацију и карактеризацију, теоријско моделовање и предвиђање као и рад на конкретним применама.

На пројектима везаним за **Физика чврстог стања и 2д материјала** учествују:

1. др Радош Гајић, научни саветник
2. др Јелена Пешић, истраживач сарадник
3. Андријана Шулајић, студент

У наредном, периоду истраживање ће бити фокусирано на електронске и вибрационе особине 2Д и слојевитих материјала и на електрон-фонон интеракцију у нискодимензионим системима коришћењем метода заснованих на теорији функционала густине (ДФТ). Истраживање суперпроводности у 2Д материјалима и предвиђање нових суперпроводних материјала биће настављено. Такође, коришћењем ДФТ метода биће проучавана функционализација графена и других 2Д материјала. У наредном периоду ће се наставити истраживање утицаја истезања и напрезања на особине наноматеријала и носкодимензионих система.

На пројектима везаним за **Нано-оптика и плазмоника** учествују:

1. др Горан Исић, виши научни сарадник
2. др Урош Ралевић, научни сарадник
3. др Милка Јаковљевић, научни сарадник

ТЕОРИЈА: (1) испитивање површинских Тамових мода на полубесконачним металодиелектричним супер-решеткама и њиховог утицаја на спонтану емисију квантних емитера, (2) испитивање особина локализованих плазмона металних наночестица и кластера металних наночестица и пропагирајућих плазмона побуђених помоћу нано-засека у металним филмовима.

ЕКСПЕРИМЕНТ: (1) припрема СЕРС супстрата на бази филмова сребрних наночестица и њихова употреба у детекцији ниских концентрација анализата, као што су нитрати у морској води и родамин Г6, (2) испитивање нанометарски танких полиелектролитских слојева и нанометарски танких филмова кадмијум селенидних/сулфидних наноплочица на површини алуминијума, злата и силицијум

диоксида методом спектроскопске елипсометрије, (3) испитивање модификације спонтане емисије плазмон-Мие резонаторима.

На пројектима везаним за **Графен и други 2д и наноматеријали** учествују:

1. др Марко Спасеновић, научни сарадник
2. др Ђорђе Јовановић, научни сарадник
3. др Александар Матковић, научни сарадник
4. Тијана Томашевић-Илић, истраживач сарадник
5. Ивана Милошевић, истраживач сарадник

Развијаћемо микрофоне са мембранама од графена у два правца: макроскопски микрофони, са дијафрагмама пречника реда величине 2cm за потребе концертног и студијског снимања и микроскопски МЕМС микрофони (мембране пречника реда величине 2mm), за примене у преносивим уређајима. Фокус код макроскопских микрофона ће бити на испитивању механичких и акустичких својстава различитих материјала попут вишеслојног графена, графенског папира и традиционалних материјала за мембране. Због нанометарских димензија у попречном пресеку МЕМС микрофона фокус ће бити на новим методама фабрикације и трансфера графена. Оба типа микрофона ће се испитивати дигиталном холографијом и акустичким мерењима. Развијаћемо танке филмове на бази течно екслолираних 2Д материјала уређених методом Лангмир-Блоџет и испитивати њихову подобност за употребу у хемијским сензорима. Испитиваћемо оптичка и електрична својства таквих филмова и њихову зависност од интеракције са молекулама озона, нитритних група, атомима племенитих гасова итд.

На пројектима везаним за **графен, соларне ћелије** учествује:

1. др Ђорђе Јовановић, научни сарадник

(1) Соларне ћелије на бази Шоткијевог споја течно екслолираног графена и кристалног силицијума са посебним фокусом на њихов рад у ``indoor`` условима. Колаборација са Институтом за мултидисциплинарна истраживања у Београду и ТЕИ Crete из Грчке.

(2) Соларне ћелије на бази Шоткијевог споја CVD графена и кристалног силицијума. Колаборација са Политехничким Факултетом из Мадрида у Шпанији.

(3) Перовскитне соларне ћелије на бази оловних халида и течно екслолираног графена и MoS₂. Колаборација са ТЕИ Crete из Грчке.

На пројектима везаним за **2д материјали - ДФТ** учествују:

1. др Игор Попов, виши научни сарадник
2. др Татјана Агатоновић-Јовин, научни сарадник

Структурне, електронске, магнетне, транспортне и суперпроводне особине 2Д материјала, укључујући графен, фосфорен, халкогениде прелазних метала и друге 2Д материјале ће бити у фокусу нашег истраживања. Поред основних атомских структура тих материјала изучаваћемо и њихове наноструктуре као што су нанорибони и нанотубе. Теорија густине функционала ће бити основни теоријски метод који ћемо користити за струјтурне оптимизације и одређивање електронских и магнетних особина уз примену како локалних функционала тако и хибридних функционала по потреби. За електронски транспорт користимо теорију функционала густине допуњену Гриновим функцијама. Поред теорије функционала густине, примењиваћемо и теорију јаке везе на бази теорије функционала густине. Молекуларна

динамика, метод натегнуте еластичне траке и метод димера ће бити употребљени у изучавању стабилности и динамике система од интереса. У цињу остваривања наведеног плана упослићемо, међу осталом, софтвер за квантне *ab initio* калкулације, укључујући Siesta, Quantum Espresso, DFTB+, Smeagol, GPAW, итд. Поред наведеног, користићемо и програмске пакете које сами развијамо.

На пројектима везаним за **Karakterizacija heterostruktura organskih tankih filmova i 2D materijala i njihova primena u biomedicini** учествују:

1. др Радмила Панајотовић, виши научни сарадник
2. Јасна Вујин, истраживач сарадник

У наредном периоду ће бити вршена физичко-хемијска карактеризација хетероструктура састављених од танких органских филмова (фосфолипиди) и 2Д-материјала као базе органских био-хемијских сензора. Ово је уједно и тема докторске тезе Јасне Вујин, под менторством Др Радмиле Панајотовић. Циљ овог истраживања је успостављање поузданог протокола за израду високо-квалитетних, специфичних, робусних и јевтиних биохемијских сензора на бази транзистора чија су основа графен и остали 2Д-материјали. Такође ће бити испитивано дејство колимисаног, моноенергијског млаза електрона на ове танке филмове и могућности модификације њихових електричних особина електронским топом. Биће настављена сарадња са колегама са Стоматолошког факултета, на теми испитивања утицаја и могућности побољшане диференцијације матичних ћелија из зубне пулпе у неуронске ћелије. У сарадњи са Медицинским факултетом у Сегедину, Мађарска, наставићемо експерименте на мерењу фото-волтаичних карактеристика протеинских реактивних центара депонованих на графенским супстратима састављеним од танких филмова графена формираног после течне експозиције и депонованог на SiO₂ подлогу. У нашим експериментима користићемо методу Атомске микроскопије силе, Инфра-црвену и Раман спектроскопију, спектроскопију Рендгенским зрацима (XPS), и електронску микроскопију, као и електронску спин резонанцу (EPR), мерење струјно-напонске карактеристике и остале уобичајене технике физике површина.

На пројектима везаним за **Истраживање наноматеријала и ћелија коришћењем скенирајуће микроскопије на бази атомских сила** учествују:

1. др Борислав Васић, научни сарадник

Метод скенирајуће микроскопије на бази атомских сила ће бити коришћене за проучавање дводимензионалних материјала, металних оксида, као и ћелија и биолошких мембрана.

У оквиру истраживања дводимензионалних материјала биће проучаване електричне особине полупроводничких нанокристала на бази CdSe нанопластица, ефекат контролисане отпорности графен-оксида и полупроводничких кристала на бази CdSe нанопластица применом локалног напона и притиска (engl. resistive switching), као и нови метод за диелектричну карактеризацију дводимензионалних материјала применом електричне микроскопије.

Фокус истраживања металних оксида биће на проучавању ефекта контролисане отпорности металних оксида применом локалног напона и притиска (engl. resistive switching). Овај ефекат ће бити проучаван у танким филмовима, наночестицама, као и оксидним структурама добијеним литографским техникама.

У оквиру истраживања ћелија и биолошких мембрана биће проучаване морфолошке промене канцерогених ћелија, као и утицај зрачења и третмана наночестицама на морфологију ових ћелија. Амиотрофична латерална склероза ће бити проучавана кроз праћење морфолошких промена на површини ћелијске мембране астроцита пацова. Биће развијане и нове методе за диелектричну карактеризацију ћелијске мембране.

Истраживачи ангажовани у изради докторских теза (укупно 4 истраживача):

1. др Радош Гајић, ментор Александру Матковићу (2015 на ФФ), Милки Јаковљевић (2015 на ЕТФ), Јелени Пешић (2017 на ФФ) и Андријани Шулајић (мастер 2017 на ЕТФ)
2. др Марко Спасеновић, ангажован у изради докторске тезе Тијане Томашевић-Илић на ФФХ као други ментор; учествовао у комисији за мастер радове Милана Вићентијевића (2016) и Миленка Мусића (2015) на ЕТФ-у.
3. др Радмила Панајотовић, ангажована у изради докторске тезе Јасне Вујин на ФФХ као други ментор.
 - др Горан Исић, ментор Урошу Ралевићу (2017 на ЕТФ); учествовао у комисији за одбрану доктората Милке Јаковиљевић (2015 на ЕТФ)

3. Лабораторију за физику нано-композитних структура и биовибрациону спектроскопију

Руководилац: др Зорана Дохчевић-Митровић, научни саветник

Програм истраживања:

Методом Раман спектроскопије на повишеним температурама изнад Нелове температуре као и на сниженим температурама до 80 К проучаваће се спин-фонон интеракција у наноправима ViFeO_3 допираних Ho , Pr и Tb на структурном фазном прелазу из ромбодарске у орторомбичну структуру. У овим материјалима ће се проучавати и аномално понашање фононских и двофононских раман модова на температурама где је могућа појава спинске реоријентације као и потенцијални магнето-електрични ефекат. Планира се синтеза ViFeO_3 танких филмова допираних 4f елементима на проводним и непроводним субстратима методом спинских превлака као и карактеризација структурних, оптичких и електричних особина добијених филмова. Наставиће се са проучавањем троугаоних молекуларних магнета и планира се проширење модела који би укључивао и процесе спински независног изотропног расејања и декохеренције носилаца.

У оквиру области спектроскопије биоматеријала планира се рад на изучавању интеракције оксидних наночестица са ћелијама канцера методом Раманове спектроскопије. Компаративна мултиваријантна анализа вибрационих спектра контролних ћелија и ћелија третираних оксидним наночестицама церијум диоксида ће се користити за проучавање промена унутар ћелија насталих интеракцијом са честицама.

Друга тема која ће се обрађивати у оквиру исте области је примена површински подстакнуте Раманове спектроскопије за идентификацију и одређивање релативне концентрације биомаркера за акутна стања дијабетеса типа 2 у узорцима крвне плазме и серума.

На пројектима везаним за **физику нанокompозитних и мултифероичних материјала, експериментални и теоријски рад** учествују:

1. др Зорана Дохчевић-Митровић, научни саветник
2. др Соња Ашкрабић, научни сарадник
3. др Новица Пауновић, научни сарадник
4. др Димитрије Степаненко, виши научни сарадник
5. др Марко Радовић, научни сарадник
6. Бојан Стојадиновић, истраживач сарадник

На пројектима везаним за **развој Раман спектроскопије и примена у анализи биовибрационих спектра** учествују:

1. др Зорана Дохчевић-Митровић, научни саветник
2. др Соња Ашкрабић, научни сарадник
3. Мирјана Милетић, истраживач приправник

На пројектима везаним за **електричну манипулацију спинова у наноструктурама** учествује:

1. др Димитрије Степаненко, виши научни сарадник

У периоду 2014-2017 и надаље, 2 истраживача су ангажована као ментори:

1. др Зорана Дохчевић-Митровић
2. др Соња Ашкрабић

4. Лабораторија за истраживања у области електронских материјала

Руководилац: др Небојша Ромчевић, научни саветник

Програм истраживања:

Бавићемо се синтезом, детаљном карактеризацијом и моделовањем структурних, вибрационих, оптичких и галваноманетних особина нано-објеката, како изолованих тако и распоређених у различите матрице, у широком опсегу температуре, побуда и јачине магнетног и електричног поља. Користићемо стандардне експерименталне методе прилагођене истраживањима у области нанонауке. Конкретно бавићемо се електронским материјалима различитих димензија у форми нано-објеката: наноструктурним праховима, наноповршинама, наночестицама распоређеним по наноповршинама, наночестицама и нанокристалима распоређених по површини или запремини танког или дебелог филма и нано-објектима распоређених по запремини балк кристала или делимично аморфизованог балк кристала. У истраживању ћемо користити оба приступа, тј. и bottom-up и top-down.

Упоредићемо особине новосинтетисаних материјала са одговарајућим карактеристикама код балк материјалима, танких и дебелих филмовима, у циљу моделовања и приближавања практичној примени.

Модификоваћемо наше материјале накнадним озрачивањем ласером, укључујући и фемтосекундни ласер, са циљем формирања нано-објеката који дају квалитативно нове, контролабилне, функционалне особине основном материјалу. У случају ласером модификованих нанопрахова циљ је да добијемо, окарактеришемо и моделујемо особине на овај начин добијених core-shell структуре сличних наночестица.

На пројектима везаним за **физику полупроводника, нанонауке и нанотехнологије, експериментални рад** учествују:

1. др Небојша Ромчевић, научни саветник
2. др Маја Ромчевић, научни саветник
3. др Јелена Трајић, виши научни сарадник
4. др Бранка Хаџић, научни сарадник
5. др Милица Петровић, научни сарадник
6. др Мартина Гилић, научни сарадник
7. Јелена Митрић, истраживач приправник (тренутно запослеа на РАФу)

На пројектима везаним за **физику полупроводника, нанонауке и нанотехнологије, теоријски рад** учествују:

1. др Радмила Костић, научни саветник
2. др Душанка Стојановић, научни саветник

На пројектима везаним за **физику полупроводника, примењену физику, експериментални рад**:

1. др Јасна Ристић-Ђуровић, научни саветник
2. др Зорица Лазаревић, виши научни сарадник
3. др Предраг Коларж, виши научни сарадник
4. др Анђелија Илић, научни сарадник
5. др Саша Ћирковић, научни сарадник.

Број – имена истраживача ангажованих у израдама докторских теза – менторски рад или учествовање у комисијама за одбрану теза

од 2013-2017. Четири истраживача:

Небојша Ромчевић
Зорица Лазаревић
Предраг Коларж
Јелена Трајић

Од 2018-2021. За сада 3 истраживача

Небојша Ромчевић
Зорица Лазаревић
Анђелија Илић

Број истраживача који је на последипломским студијама за које су ангажовани сарадници центра

Само је Јелена Митрић на докторским студијама Факултета за физичку хемију.

Ангажовани на докторским студијама као професори:

Небојша Ромчевић, ЕТФ, РАФ
Душанка Стојановић, РАФ
Јелена Трајић, РАФ

Ангажовани као ментори:

Зорица Лазаревић
Анђелија Илић

ПРОГРАМ РАЗВОЈА НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКОГ ПОДМЛАТКА ЦЕНТРА

Програм развоја научноистраживачког подмлатка Центра за физику чврстог стања и нове материјале је део Дугорочног програма научноистраживачког рада Института за физику, који је усвојило Научно веће Института за физику. Поред преданог рада на развоју младих кадрова Центар активно ради и на организовању студентске праксе, која носи потенцијал да значајно повећа доток младих истраживача, посебно из других области (што је неопходно за јачање интердисциплинарне компоненте нашег истраживачког рада) и из других земаља (користећи програме мобилности које нуде међународни истраживачки и комерцијални пројекти, међународне научне колаборације и билатерални истраживачки пројекти).

У претходним периодима Центар је отпочео и процес повратка најбољих младих стручњака из дијаспоре. До сада су два истраживача из иностранства наставила свој рад у Центру, а овај број ће се сигурно увећати након почетка новог циклуса научних пројекта.

У табели која следи је дат списак истраживача Центра који су докторирали на Институту за физику у периоду од 2014. до 2017. године.

Име и презиме	Година доктората	Факултет, универзитет	Ментор
Мартина Гилић	2014.	Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду	Небојша Ромчевић
Соња Ашкрабић	2014.	Физички факултет, Универзитет у Београду	Зорана Дохчевић Митровић
Милка Јаковљевић (Мирић)	2015.	Електротехнички факултет, Универзитет у Београду	Горан Исић
Александар Матковић	2015.	Физички факултет, Универзитет у Београду	Радош Гајић
Марко Радовић	2015.	Физички факултет, Универзитет у Београду	Зорана Дохчевић Митровић
Урош Ралевић	2017.	Електротехнички факултет, Универзитет у Београду	Горан Исић
Јелена Пешић	2017.	Физички факултет, Универзитет у Београду	Радош Гајић
Наташа Томић	2017.	Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду	Зорана Дохчевић Митровић

У тексту који следи дају се детаљни подаци за наведене и будуће докторанде.

Др Мартина Гилић, докторирала 2014. године на Факултету за физичку хемију Универзитета у Београду, област рада: оптичке особине одабраних нанодимензионих система. Ментори дисертације: др Небојша Ромчевић, Институт за физику у Београду и др Јелена Радић-Перић, Факултет за физичку хемију. Публикације од 2010. године до данас:

M21a - 3

M21 - 7

M22 - 13

M23 - 5

Наслов докторске тезе: „Optičke osobine nanodimenzionih sistema formiranih u plastično deformisanom bakru, tankim filmovima CdS i heterostrukturama CdTe/ZnTe“

Др Соња Ашкрабић, докторирала 2014. на Физичком Факултету, област рада: оптичке и електронске особине оксидних CeO_2 и TiO_2 наноматеријала, докторске студије уписала 2007. Ментор докторске дисертације др Зорана Дохчевић-Митровић, Институт за физику Београд. Публикације од 2010. до данас:

M21a - 2

M21 - 5

M22 - 2

У наредном периоду др Соња Ашкрабић ће се бавити применом Раман спектроскопије у биомедицини, а руководиће и израдом докторске дисертације Мирјане Милетић.

Др Милка Јаковљевић (рођена Мирић), докторирала 2015. год. на Електротехничком Факултету у Београду, област рада: елипсометрија плазмонских наноструктура и танких филмова, докторске студије уписала 2009. год. Ментор докторске дисертације др Радош Гајић, Институт за физику Београд. Публикације од 2010. до данас:

M21 - 8

M22 - 2

M23 - 5

M14 - 1

Др Александар Матковић, докторирао је 2015. на Физичком факултету Универзитета у Београду, област рада: оптичке особине графена. Докторске студије уписао 2010. године. Ментор докторске дисертације: Др Радош Гајић

Наслов докторске дисертације: „Испитивање оптичких особина графена помоћу спектроскопске елипсометрије“. Публикације од 2010. до данас:

M21 - 10

M22 - 2

Др Марко Радовић, докторирао 2015. на Физичком Факултету, област рада: оптичке особине дефектних структура CeO_2 наноматеријала, докторске студије уписао 2009. Ментор докторске дисертације др Зорана Дохчевић-Митровић, Институт за физику Београд. Публикације од 2010. до данас:

M21 - 13

M22 - 1

M23 - 1

Др Марко Радовић ће наставити да се бави испитивањима оптичких и сензорских својстава оксидних наноматеријала на бази SnO_2 , ZnO , TiO_2 .

Др Урош Ралевић уписао је докторске студије 2010. године на Електротехничком Факултету, Универзитета у Београду, на модулу Наноелектроника и фотоника. Докторску дисертацију под називом „Наноскопија и примене дводимензионалних и квази дводимензионалних система“, урађену под менторством др Горана Исића, вишег научног сарадника Института за физику, одбранио је четвртог септембра 2017. године на Електротехничком Факултету, Универзитета у Београду, на модулу Наноелектроника и фотоника. Публикације од 2010. до данас:

M21a - 2

M21 - 8

M22 - 3

M23 - 3

Др Јелена Пешић, докторирала 2017. године на Физичком Факултет, Универзитет у Београду, област рада: Испитивање електрон-фононе интеракције и суперпроводности у графену и сличним материјалима коришћењем метода на бази теорије функционала густине. Ментор докторске дисертације: др Радош Гајић, Институт за физику Београд, Универзитет у Београду. Наслов докторске дисертације: „Investigation of superconductivity in graphene and related materials using ab-initio methods“. Публикације од 2010. до данас:

M21a - 2

M21 - 3

M22 - 4

Др Наташа Томић, докторирала је 2017. године на факултету за физичку хемију, област рада: синтеза, карактеризација и примена наноматеријала (нанопрахова) на бази TiO_2 и CeO_2 , докторске студије уписала је 2011. године. Ментор докторске дисертације др Зорана Дохчевић-Митровић, Институт за физику Београд. Наслов докторске дисертације: “Адсорпциона и фотокаталитичка својства наноматеријала на бази церијум(IV)-оксида и титан(IV)-оксида“. Публикације од 2011. до данас:

M21a - 1

M21 - 7

M23 - 1

Студенти докторски студија:

Марко Опачић*, докторске студије уписао је 2012. године на Електротехничком факултету, модул Наноелектроника и фотоника. Област рада: Раманова спектроскопија суперпроводника на бази гвожђа и сродних једињења. Ментори докторске дисертације: др Ненад Лазаревић и академик Зоран В. Поповић, Институт за физику Београд. одбрана Наслов докторске дисертације: „Раздвајање фаза у суперпроводницима на бази гвожђа коришћењем Раманове спектроскопије“. Публикације од 2012. до данас:

M21 - 6

M23 - 1

* Дисертацију је одбранио јуна 2018

Бојан Стојадиновић (истраживач сарадник), докторске студије уписао 2012. на Физичком Факултету, област рада: синтеза и испитивање структурних, електричних и диелектричних особина мултифероичних $BiFeO_3$ наноструктура, моделовање диелектричних особина. Ментор докторске дисертације др Зорана Дохчевић-Митровић, Институт за физику Београд. Наслов докторске дисертације: „Утицај 4f допаната на мултифероичне особине $BiFeO_3$ наноструктура“. Публикације од 2012. до данас:

M21a - 3

M21 - 9

Научна активност: Бојан Стојадиновић се бави испитивањем структурних, морфолошких, оптичких, фероелектроничких и диелектричних особина бизмут феритних ($BiFeO_3$) нанопрахова допираних 4f елементима. Такође се бави и испитивањем локалних електричних особина $BiFeO_3$ танких филмова. Овладао је хемијским синтезама (хидротермална и сол-гел метода) за добијање нанопрахова као и сол-гел методом танких превлака за добијање танких филмова $BiFeO_3$. Што се тиче

експерименталних метода, упознат је са радом и принципима скенирајуће тунелске микроскопије и спектроскопије (STM/STS), микроскопије на бази атомских сила (AFM), као и микроскопије на бази пиезоелектричног ефекта (PFM). Од оптичких метода, користи и ради на уређајима за спектроскопску елипсометрију и Раман спектроскопију. Овладао је теоријским моделима (*Cole-Cole*, *UDR*,) за опис релаксационих процеса и ефеката струје цурења и поларизације просторног наелектрисања у ViFeO_3 наноструктурама. Досадашњим радом на испитивању локалних електричних особина зрнастог танког филма ViFeO_3 Бојан Стојадиновић је стекао бољи увид у механизме проводности и хистерезисне ефекте унутар фероелектричних зрна и на граници зрна. Теза Бојана Стојадиновића је финализована и предата Физичком факултету Универзитета у Београду за седницу већа која ће се одржати 27.06.2018 и на којој би требало да се одреди комисија за оцену и одбрану тезе. На јесен се очекује одбрана.

Ана Милосављевић, докторске студије уписала 2015. на Физичком факултету, смер Физика кондензоване материје и статистичка физика. Област рада: Раманова спектроскопија суперпроводника на бази гвожђа и Диракових материјала. Ментор докторске дисертације: др Ненад Лазаревић, Институт за физику Београд.

Публикације од 2015. до данас:

M21 - 2

Научна активност: Последњих година, суперпроводници на бази гвожђа су једна од највише проучаваних тема у оквиру физике чврстог стања. Посебно место заузимају чланови 11 кесе као што су FeSe и FeS. Кроз испитивање динамике решетке методама оптичке спектроскопије, добићемо информације могућим интеракцијама (електрон-фонон и спин-фонон) као и еволуцији фаза код Fe(Se:S).

Сања Ђурђић, мастер студије завршила 2017. на Физичком факултету, смер Теријска и експериментална физика. На основним студијама просек је био 9.58/10.00, а на мастер студијама 10.00/10.00. Назви мастер тезе: „Компаративна студија поларизоване оптичке емисије из InGaN наножица“. Докторске студије уписаће на Физичком факултету у Београду, смер Физика кондензоване материје и статистичка физика на јесен 2018. године, под менторством др Ненада Лазаревића, Институт за физику Београд.

Научна активност: Због могућности примене, слојевити 2Д материјали привлаче посебну пажњу научне заједнице. Испитивањем динамике решетке ново синтетисаних материјала, као што су SeI_3 , анализираћемо интеракције фонона са осталих елементарним ексцитацијама (са посебним акцентом на електро-фонон интеракцији).

Андријана Шулајић, докторске студије уписала 2017. године на Физичком факултету у Београду, смер Физика кондензоване материје и статистичка физика. област рада: физика чврстог стања и 2д материјала. Ментори: др Јелена Пешић и др Радош Гајић, Институт за физику Београд.

Научна активност: Нумеричка истраживања електронске и вибрационе особине 2д и слојевитих материјала и истраживање електрон-фононске интеракције у њима. Коришћењем метода заснованих на ДФТу, посебно пертурбационе теорије функционала густине примењене на базис Ванијеових функција(density-functional

perturbation theory & maximally localized Wannier function), биће изучавано електрон-фононско купловање у ниско-димензионим материјалима.

Јасна Вујин, докторске студије уписала 2014. године на Факултету за физичку хемију, Универзитета у Београду. Област рада: биофизика. Ментор: др Радмила Панајотовић, Институт за физику Београд. Публикације од 2014. до данас:

M21 - 1

Научна активност: Физичко-хемијска карактеризација хетероструктура састављених од танких органских филмова (фосфолипиди) и 2Д-материјала као базе органских био-хемијских сензора. Такође ће бити испитивано дејство колимисаног, моноенергијског млаза електрона на ове танке филмове и могућности модификације њихових електричних особина електронским топом.

Тијана Томашевић-Илић, докторске студије уписала 2015. године на Факултету за физичку хемију, Универзитета у Београду. Област рада графен и други 2д наноматеријали.

Ментори: Иванка Холцлајтнер-Антуновић, Факултету за физичку хемију и Марко Спасеновић, Институт за физику Београд. Публикације од 2015. до данас:

M21a - 1

M22 - 1

M23 - 1

Научна активност: Испитивања ефекта УВ-озон третмана на танке филмове графена добијене течном ексфолијацијом и Лангмир-Блоџет депозицијом уз помоћ Раман и ФТИР спектроскопије и мерења електричног транспорта. Моделовање везивања озона уз помоћ аб-иницио (ДФТ) метода. Усавршавање квалитета филмова молибден-дисулфида и транспортна мерења, тојест показивање транзисторске карактеристике. Хемијска пасивизација металних фолија танким слојевима хексаборнитрида. Писање дисертације на тему интеракције 2Д материјала добијених течном ексфолијацијом и кисеоника.

Јасмина Лазаревић, докторске студије уписала 2013. године на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, смер Биохемијско инжењерство и биотехнологија. Област рада: Анализа биолошких узорака применом оптичке спектроскопије. Ментор: Бранко Бугарски, Технолошко-металуршки факултет. Публикације од 2014. до данас:

M22 - 1

План научна активност: Вршићемо анализу диференцијационог статуса примарних мезенхималних матичних ћелија из периодонталног лигамента методом раманске спектроскопије. Ћелије добијене од здравих, одраслих донора стимулисаћемо да диференцирају ка остеогеној, хондрогеној и адипогеној лози и поредити са контролним узорком – примарним матичним ћелијама. Извршиће се адекватна асигнација раманских спектра, директно поредити спектри две групе ћелија (матичних и опредељених), идентификовати и одредити разлике, а ради њиховог додатног истраживања, применићемо и мултиваријантну статистичку анализу спектра, којом ћемо постићи раздвајање на основу заједничких особина и смањити димензионалност узорка.

Мирјана Милетић, докторске студије уписала 2015. године на Биолошком факултету, Универзитета у Београду. Област рада: примена Раманове спектроскопије у биомедицини Ментор: Др Соња Ашкрабић, научни сарадник

Научна активност: У оквиру своје докторске дисертације студент Мирјана Милетић се бави праћењем и анализом промена на канцерозним ћелијама еукариота (HeLa и меланом А375) након интеракције са оксидним наночестицама, методом раманске спектроскопије. Досадашња истраживања су показала да оксидне наночестице церијум диоксида и титанијум диоксида могу довести до елиминације ћелија канцера што представља мотивацију за праћење промена у ћелијама насталих након интеракције истих са наночестицама. Мирјана Милетић ће се бавити синтезом и структурном карактеризацијом наночестица на бази церијум и титанијум оксида, а раманском спектроскопијом ће пратити биохемијски састав и процесе у ћелији преко промена вибрационих спектра који одговарају вибрацијама биомолекула унутар ћелије пре и после третмана са наночестицама. Мирјана Милетић ће се бавити и мултиваријантном статистичком анализом (анализа главних компонената, алгоритми кластеровања и изградња класификационих модела) одговарајућих интервала вибрационих спектра карактеристичних за специфичне биомолекуле, а радиће и на класификацији промена насталих у групама биомолекула након третмана наночестицама. Паралелно, методом проточне цитометрије ће анализирати корелације третмана наночестицама и фаза ћелијског циклуса у коме се ћелије налазе у одређеним интервалима након третмана.